



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

CONSTRUCCIÓN DE NAVE INDUSTRIAL CON GRÚA PUENTE PARA LA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE VENTANAS INGEVEN S.A.

DOCUMENTO 3: ANEXO DE CÁLCULOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE DELIA
APELLIDOS PRADA RICO
DNI 45890632C

FDO.:

FECHA: 7-09-2017

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE JUAN ESTEBAN
APELLIDOS LARAUDOGOITIA ALZAGA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 7-09-2017

ÍNDICE

3. ANEXO DE CÁLCULOS	3
3.1. CÁLCULOS ESTRUCTURALES	3
3.1.1. Introducción	3
3.1.1.1. Descripción de la estructura de la nave.....	3
3.1.1.2. Estudio de la cubierta de la nave.....	3
3.1.1.2.1. Peso propio	5
3.1.1.2.2. Sobrecarga de uso	5
3.1.1.2.3. Sobrecarga de nieve.....	7
3.1.1.2.4. Sobrecarga de viento.....	10
3.1.1.3. Estudio de la fachada de la nave.....	25
3.1.1.3.1. Peso propio	25
3.1.1.3.2. Sobrecarga de viento.....	26
3.1.1.4. Estudio de la cubierta del adosado.....	36
3.1.1.4.1. Peso propio	38
3.1.1.4.2. Sobrecarga de uso	38
3.1.1.4.3. Sobrecarga de nieve.....	41
3.1.1.4.4. Sobrecarga de viento.....	44
3.1.1.5. Estudio de la fachada del adosado.....	54
3.1.1.5.1. Peso propio	54
3.1.1.5.2. Sobrecarga de viento.....	55
3.2. REDIMENSIONAMIENTO MEDIANTE EL PROGRAMA DE CÁLCULO CYPE 2017.....	62
3.2.1. Generador de pórticos	62
3.2.1.1. Resultado final del generador de pórticos	81
3.2.2. Puente grúa	82
3.2.2.1. Clasificación del puente grúa.....	84
3.2.2.2. Condiciones de utilización	85
3.2.2.3. Estado de carga.....	86
3.2.2.4. Grupo.....	86
3.2.2.5. Coeficiente de mayoración mecánico	86
3.2.2.6. Fuerzas verticales.....	87
3.2.2.7. Fuerzas longitudinales.....	89
3.2.2.8. Fuerzas transversales	93
3.2.2.9. Situaciones posibles debidas al puente grúa.....	96
3.2.2.10. Cálculo de la viga carril	98
3.2.3. Cálculo de la nave con el NUEVO METAL 3D.....	115

3.2.3.1. Parámetros que se deben introducir a mano.....	116
3.2.3.2. Resultados del cálculo realizado por CYPE 3D.....	127
3.2.3.3. Comprobaciones ELU resumido.....	301
3.2.3.4. Cálculo de uniones.....	307
3.2.3.4.1.Nave principal.....	307
3.2.3.4.2.Adosado.....	393
3.2.3.5. Elementos para arriostrar.....	453
3.2.3.6. Placas de anclaje.....	459
3.2.3.7. Cimentación zapatas.....	480
3.2.3.8. Cimentación vigas de atado.....	506
3.3. INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS.....	537
3.3.1. Red de recogida de aguas residuales.....	537
3.3.2. Red de recogida de pluviales.....	539
3.4. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA.....	543

3. ANEXO DE CÁLCULOS

3.1. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

3.1.1. Introducción

3.1.1.1. Descripción de la estructura de la nave

Nave industrial compuesta por 9 pórticos transversales, de 20m de luz y 8.76m de alto a cumbrera (de los cuales 1m irá totalmente enterrado para así poder tener las zapatas a 1m de profundidad), distanciados 5m entre sí.

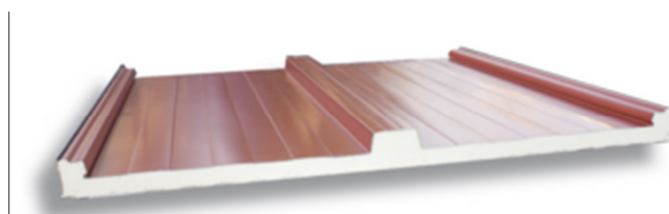
Las dimensiones de la nave son 40m de largo, 20m de ancho y 8.76m de alto, con un total de 800m² construidos. Además tendrá un adosado destinado a vestuarios de dimensiones 10m de largo, 5m de ancho y 4m de alto (de los cuales 1m irá enterrado por la misma razón que en la nave principal).

La nave va provista de una grúa puente que abarca toda la nave para el fácil manejo de los perfiles de PVC.

3.1.1.2. Estudio de la cubierta de la nave

Se ha seleccionado un Panel Sándwich de Cubierta autoportante con núcleo aislante de espuma de poliuretano con una densidad de 40kg/m³ de 30mm de espesor y fijaciones ocultas de la página web [www. Panelaragon.com](http://www.Panelaragon.com).

El Panel Sandwich está formado por dos chapas de acero galvanizado y prelacado con un perfilado de tres grecas y conformado en su cara interior que le confiere una resistencia mecánica que hace que el panel sándwich sea autoportante entre correas aún estando a una distancia considerable que con otros productos no se puede conseguir. La unión se realiza mediante la fijación con distintos tipos de tornillos a la estructura realizada, sellando la junta mediante la colocación del remate tapajuntas desde cumbrera hasta canalón, evitando así cualquier tipo de filtración ante los elementos atmosféricos. El Panel Sandwich tiene en su interior un núcleo aislante de poliuretano inyectado con una densidad de 40Kg/m³ y un espesor de variable, proporcionando el aislamiento térmico que queremos conseguir. Es la solución ideal para la realización de cubiertas tanto industriales como residenciales de forma sencilla reduciendo de esta forma la carga estructural, el tiempo de instalación y el coste económico de la misma.



En cubierta habrá una distancia entre apoyos de 1,60 m.

Con el dato de la distancia entre apoyos, entramos en el catálogo que nos proporciona el fabricante y obtenemos la resistencia del panel.

Espesor del Panel (mm)	ESQUEMA ESTÁTICO - TRES APOYOS - O MÁS - Distancia entre apoyo en cm												
	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	-	-
40	-	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	-
50	-	-	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	-	-	-	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	-	-	-	-	423	386	358	330	313	289	272	213	157

Sobrecargas admisibles, uniformemente distribuidas en kg/m² (Ratio de conversión 1kg/m² = 0,00981 KN/m²).
Las tablas se han desarrollado para paneles con soportes de acero, de 0,5 mm, nominal imponiendo la limitación de deformación: Flecha f=1/200 l.
Coeficiente de seguridad: 2.5

Detalle de la unión.



Teniendo en cuenta que nuestra distancia entre correas es 1,60m, debemos interpolar en la tabla para obtener la resistencia.

Con un espesor del panel de 30mm e interpolando entre 150 y 175cm obtenemos lo siguiente:

Resistencia del panel: 387Kg/m² => 3,87kN/m²

Peso panel: 9,30 Kg/m²

Espesor del panel (mm)	Transmitancia Térmica (U)	Transmitancia Térmica (U)	Peso del panel Acero/Acero (Kg/m ²) Espesor nominal chapa 0.5 mm
	Kcal/m ² h°C	Watt/m ² °C	
30	0.56	0.65	9.30
40	0.43	0.50	9.70
50	0.35	0.41	10.10
60	0.29	0.34	10.50
80	0.22	0.26	11.30
100	0.18	0.21	12.10
120	0.15	0.17	12.80

El coeficiente de transmisión térmica (K) se ha calculado considerando el espesor del núcleo aislante y teniendo en cuenta la resistencia superficial.

Con los datos obtenidos, se procede a calcular las diferentes acciones en la cubierta de la nave.

3.1.1.2.1. Peso propio

El peso propio de la cubierta es de 9,30 kg/m².

Para facilitar los cálculos, pasaremos todo a kN/m².

$$9,30 \text{Kg/m}^2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 10^{-3} = 0,091 \text{kN/m}^2$$

En previsión de los cálculos que se realizarán más adelante, se va a descomponer el peso propio en su componente horizontal y paralela.

$$G_x = 0,091 \text{kN/m}^2 \times \text{sen } 10^\circ = 0,0158 \text{kN/m}^2$$

$$G_y = 0,091 \text{kN/m}^2 \times \text{cos } 10^\circ = 0,0896 \text{ kN/m}^2$$

3.1.1.2.2. Sobrecarga de uso

Para hallar la sobrecarga de uso se consultará el Código Técnico de la Edificación, en concreto el DB-SE-AE el punto 3.1 que hace referencia a la sobrecarga de uso.

Accedemos a la Tabla 3.1 en la que vienen los valores característicos de la sobrecarga de uso:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

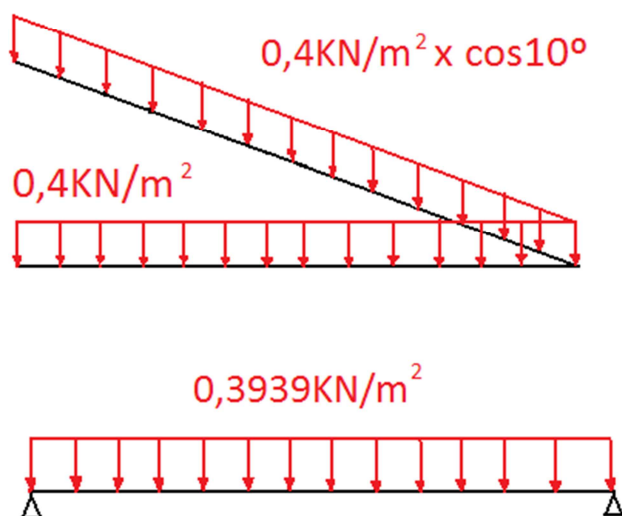
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes 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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4),(6)}	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁵⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

- (1) 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/m² para el cálculo de elementos secundarios, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de 2,0 kN/m² para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos, y de 1,0 kN/m² para el de elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.
- (2) En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.
- (3) Para cubiertas con un inclinación entre 20° y 40°, el valor de q_s se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.
- (4) El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.
- (5) Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².
- (6) Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m² y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.
- (7) Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Como se puede observar en la tabla, el dato de la sobrecarga de uso la proporcionan en carga uniforme (0,4kN/m²) y en carga puntual (1kN). Se deberá estudiar cual es la más desfavorable.

1. Carga uniforme de 0,4kN/m²:

Se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta, por lo que se deberá multiplicar por la pendiente de la cubierta:



$$q_u = 0,4 \text{ kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,3939 \text{ kN/m}^2$$

Ahora se descompone la q_u en su componente perpendicular y paralela:

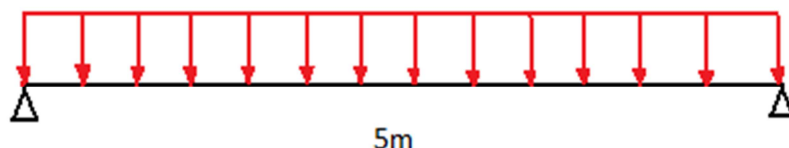
$$q_{uy} = 0,3939 \text{ kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,3879 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ux} = 0,3939 \text{ kN/m}^2 \times \sin 10^\circ = 0,0684 \text{ kN/m}^2$$

Lo siguiente que hay que hacer es comprobar cuál de las cargas es más desfavorables, si la puntual o la distribuida:

DISTRIBUIDA:

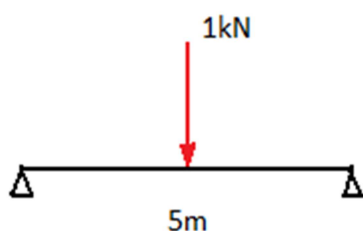
$$q_1 = 0,3939 \text{ kN/m}^2 \times 1,659 \text{ m} = 0,653 \text{ kN/m}$$



$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{0,653 \times 5^2}{8} = 2 \text{ kN.m}$$

PUNTUAL:

$$q_2 = 1 \text{ kN}$$



$$M = \frac{q \times L}{4} = \frac{1 \times 5}{4} = 1,25 \text{ kN.m}$$

Mediante esta comprobación, se llega a la conclusión de que la carga uniforme es más desfavorable que la puntual.

3.1.1.2.3. Sobrecarga de nieve

Para realizar el cálculo de la sobrecarga de nieve, se debe consultar el punto 3.5 del DB-SE-AE, en el cual indica que:

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

μ : coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3 del DB-SE-AE.

sk: el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2 del DB-SE-AE.

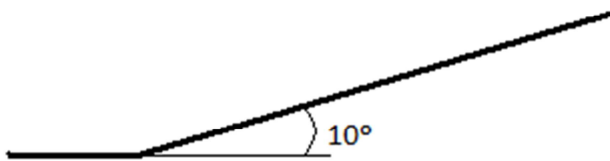
μ :

En un faldón que limita inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve, se distinguen dos casos:

a) si el faldón sucesivo está inclinado en el mismo sentido, como coeficiente de forma del de encima se tomará el correspondiente a la inclinación del de debajo en una anchura de 2m.

b) si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones, β , es mayor de 30° , el coeficiente de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será $\mu = 1 + \beta/30^\circ$ en una anchura de 2m.

En el caso de la nave que se va a estudiar, la cubierta de la nave principal (inclinada 10°) está limitada por la cubierta del adosado (inclinado a 0°).



No está inclinado ni en sentido contrario ni en el mismo, es horizontal, por lo tanto, nos pondremos de lado de la seguridad optando por lo más desfavorable.

Consideramos que el faldón está inclinado en sentido contrario a la cubierta de la nave.

La semisuma de los grados de las dos cubiertas es 10° , por lo tanto la μ se hallará con la siguiente fórmula:

$$\mu = 1 + \beta/30^\circ$$

$$\mu = 1 + 10^\circ/30^\circ = 1,33$$

sk:

Para calcular la Sk se debe hacer con el Anejo E del DB-SE-AE:

Entrando en la Tabla E.2. del Anejo E con el dato de la zona climática de invierno que se obtiene de la Figura E.2., se obtiene la S_k .



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

De la figura E.2. se obtiene que la zona climática de la nave a estudiar es la ZONA1.

Con este dato se accede a la Tabla E.2.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)

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	-	-	-	-	-

La altitud del terreno sobre el que se va a construir la nave es de 171m, por lo que se deberá interpolar en la tabla entre 0m y 200m para obtener la sobrecarga de nieve en terreno horizontal.

Para 171 m nos da **$S_k = 0,471 \text{ KN/m}^2$** .

Por lo tanto, una vez obtenidos estos datos, se puede hallar la sobrecarga de nieve:

$$q_n = 1,33 \times 0,4714 \text{ KN/m}^2 = 0,626 \text{ KN/m}^2$$

Una vez más debemos tener en cuenta que el valor de la sobrecarga de nieve se refiere a la proyección horizontal por lo que debemos multiplicarlo por el coseno del ángulo de inclinación de nuestra cubierta.

$$0,626 \text{ kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,617 \text{ kN/m}^2$$

Se debe descomponer en su componente perpendicular y paralela:

$$Q_{nx} = 0,617 \text{ kN/m}^2 \times \sin 10^\circ = 0,107 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{ny} = 0,617 \text{ kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,608 \text{ kN/m}^2$$

3.1.1.2.4. Sobrecarga de viento

Se calcularán las sobrecargas de viento en la cubierta de la nave en función de la dirección desde la que azota el viento. Para ello se utilizará como referencia el CTE.

A partir del punto 3.3. del DB-SE-AE se estudia el viento mediante la siguiente fórmula:

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

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, 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 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

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 3.3.4 y 3.3.5.

- Coeficiente de exposición(C_e):

Para calcular este coeficiente de exposición se debe ir al punto 3.3.3. del DB-SE-AE, donde aparece la siguiente información:

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.4, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

Entramos en la tabla con el grado de aspereza del entorno que es IV, ya que es una zona industrial.

La nave industrial tiene una altura de 7,76m (no tenemos en cuenta el metro enterrado ya que no estará expuesto al viento), por lo que en la Tabla 3.4. se deberá interpolar entre 6 y 9m.

Con la interpolación se obtiene que el $C_e=1,576$

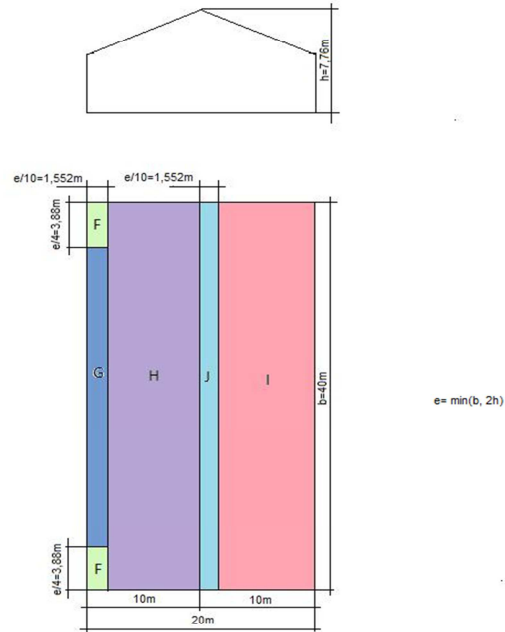
- Coeficiente eólico o de presión(C_p):

La cubierta de la nave es a dos aguas, por lo que el coeficiente eólico o de presión se calculará mediante en CTE, concretamente se deberá calcular con la tabla D.6 del Anejo D del DB-SE-AE.

VIENTO A 0° Y 180°

Tabla D.6 Cubierta

a) Dirección de



B= 40m

2h= 15,52m => e= 15,52m

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-2,5	-2	-1,2	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
90°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
105°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
120°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
135°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Quando la dirección del viento a 0 y 180°:

La pendiente de la cubierta de la nave es de 10°, lo que implica que haya que interpolar para obtener el coeficiente eólico.

Se interpola entre 5° y 15°:

Se obtiene la siguiente tabla:

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona según figura				
		F	G	H	I	J
10°	≥10	-1,3	-1	-0,45	-0,5	-0,4
	≤1	0,1	0,1	0,1	-0,3	-0,3
		-2,25	-1,75	-0,8	-0,5	-0,65
		0,1	0,1	0,1	-0,3	-0,3

Hay que tener en cuenta que el área de F es $3,88 \times 1,552 = 6m^2 < 10$ por lo que se deberá interpolar entre -1,3 y -2,25:

Sale que $C_{SF} = -1,72$

El resto de las áreas son mayores que 10, por lo que los coeficientes eólicos quedan de la siguiente manera:

$C_{PF} = 0,1$ $C_{SF} = -1,72$

$C_{PG} = 0,1$ $C_{SG} = -1$

$C_{PH} = 0,1$ $C_{SH} = -0,45$

$C_{PI} = -0,3$ $C_{SI} = -0,5$

$C_{PJ} = -0,3$ $C_{SJ} = -0,4$

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a 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
≤ 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

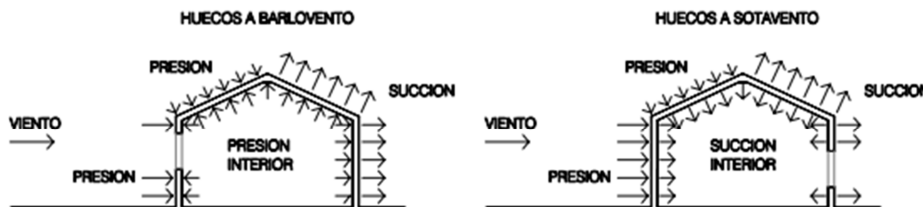


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

En esta tabla, para obtener los coeficientes de presión interior, hay que entrar con la esbeltez en el plano paralelo al viento y con el área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio.

En el caso en el que el viento tiene una dirección de 0° o 180° , la esbeltez es la siguiente:

Esbeltez = $7,76m / 20m = 0,388 < 1$

El estudio se hará teniendo en cuenta las situaciones más desfavorables, por lo que consideraremos huecos totalmente cerrados y totalmente abiertos, es

decir, en la Tabla 3.6 solo se estudiarán los casos en los que el área de huecos en la zona de succión respecto al área total de huecos del edificio sea 0 o 1.

VIENTO A 0° Y 180°

La esbeltez es <1 , y el área de huecos en zonas de succión respecto al área de huecos del edificio es 1, por lo que el coeficiente de presión interior es $C_{PI}=-0.5$.

Presión

$$q_{EPF}=0,52 \times 1,576 \times (0,1+0,5)=0,492 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPG}=0,52 \times 1,576 \times (0,1+0,5)=0,492 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPH}=0,52 \times 1,576 \times (0,1+0,5)=0,492 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPI}=0,52 \times 1,576 \times (-0,3+0,5)=0,164 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPJ}=0,52 \times 1,576 \times (-0,3+0,5)=0,164 \text{ kN/m}^2$$

Succión

$$q_{ESF}=0,52 \times 1,576 \times (-1,72+0,5)=-0,996 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ESG}=0,52 \times 1,576 \times (-1+0,5)=0,328 \text{ kN/m}^2$$

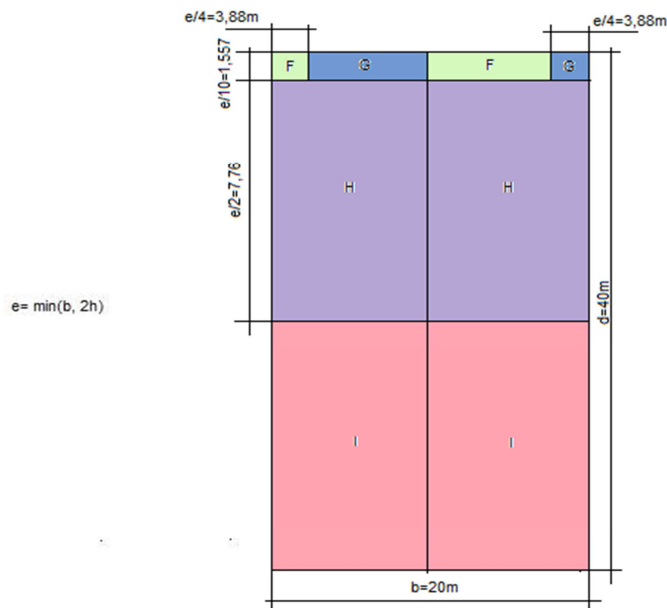
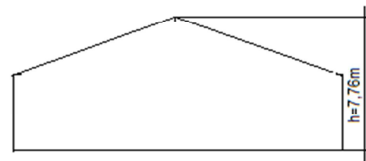
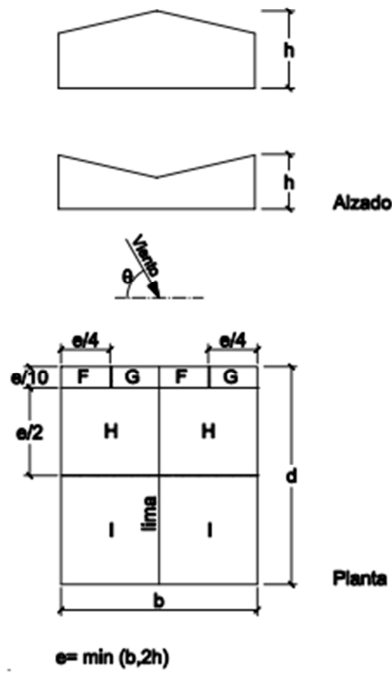
$$q_{ESH}=0,52 \times 1,576 \times (-0,45+0,5)=0,04 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ESI}=0,52 \times 1,576 \times (-0,5+0,5)=0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ESJ}=0,52 \times 1,576 \times (-0,4+0,5)=0,082 \text{ kN/m}^2$$

VIENTO A 90° Y 270°

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



b= 20m

2h= 15,52m => e= 15,52m

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

Nota:

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

Cuando la dirección del viento es a 90 y 270°:

La pendiente de la cubierta de la nave es de 10°, lo que implica que haya que interpolar para obtener el coeficiente eólico.

Se interpola entre 5° y 15°:

Se obtiene la siguiente tabla:

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona según figura			
		F	G	H	I
10°	≥10	-1,45	-1,3	-0,65	-0,55
	≤1	-2,1	-2	-1,2	-0,55

Hay que tener en cuenta que:

El área de F es $3,88\text{m} \times 1,552\text{m} = 6\text{m}^2 < 10$ por lo que se deberá interpolar entre -1,45 y -2,1:

Sale que $C_{SF}=-1,74$

El área de G es $6,12m \times 1,552m= 9,5m^2 < 10$ por lo que se deberá interpolar entre -1,3 y -2:

Sale que $C_{SF}=-1,34$

El resto de las áreas son mayores que 10, por lo que los coeficientes eólicos quedan de la siguiente manera:

$C_{PF}=-1,74$

$C_{PG}=-1.34$

$C_{PH}=-0,65$

$C_{PI}=-0,55$

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a 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
≤ 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

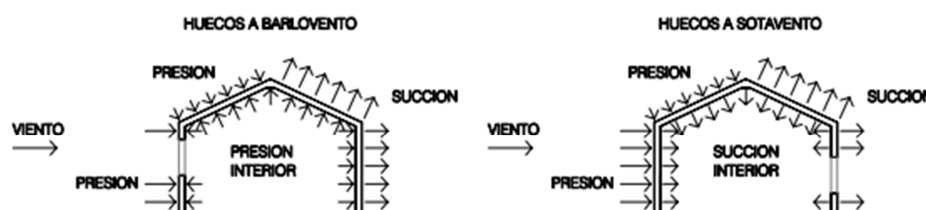


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

En esta tabla, para obtener los coeficientes de presión interior, hay que entrar con la esbeltez en el plano paralelo al viento y con el área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio.

En el caso en el que el viento tiene una dirección de 90° o 270° , la esbeltez es la siguiente:

Esbeltez= $7,76m/40m=0,194 < 1$

El estudio se hará teniendo en cuenta las situaciones más desfavorables, por lo que consideraremos huecos totalmente cerrados y totalmente abiertos, es

decir, en la Tabla 3.6 solo se estudiarán los casos en los que el área de huecos en la zona de succión respecto al área total de huecos del edificio sea 0 o 1.

VIENTO A 90° Y 270°

Cuando el viento tiene la dirección de 90° o 270°, hay que realizar un estudio más exhaustivo ya que en estas superficies existen huecos.

Hay varias circunstancias que se pueden dar:

- 1- Viento a 270°, con puerta a barlovento abierta y a sotavento cerrada.

En este caso, existe en la zona de sotavento presión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 0, por lo tanto el $C_{PI}=0,7$.

Hay que realizar el cálculo del C_e , ya que al haber huecos cambia, para ello hay que ir al punto D.2 del Anejo D del DB-SE-AE.

$$C_e = F \times (F + 7K)$$

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

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Teniendo en cuenta que la zona donde se va a construir la nave es industrial, el grado de aspereza del entorno es el IV.

Obtenemos de la tabla los siguientes valores:

$$k=0,22$$

$$L=0,3m$$

$$Z=5m$$

$$C_e = F \times (F + 7K)$$

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

La z es la altura media del hueco, por lo tanto sabemos que es $z=2\text{m}$ que es la altura media de la puerta.

$$F = 0,22 \times \ln(\text{máx}(2,5)/0,3) = 0,619$$

$$C_e = 0,619 \times (0,619 + 70,22) = 1,336$$

Una vez hallado el C_e y el C_{PI} :

$$q_{EPF} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,74 - 0,7) = -1,69 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPG} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,34 - 0,7) = -1,42 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPH} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,65 - 0,7) = -0,938 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EPI} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,55 - 0,7) = -0,868 \text{ kN/m}^2$$

2- Viento a 270° , con puerta a barlovento cerrada y a sotavento abierta.

En este caso, existe en la zona de sotavento succión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 1, por lo tanto el $C_{PI} = -0,5$.

$$q_{EsF} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,74 + 0,5) = -0,86 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EsG} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,34 + 0,5) = -0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EsH} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,65 + 0,5) = -0,104 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Esl} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,55 + 0,5) = -0,035 \text{ kN/m}^2$$

El estudio del viento a 90° , es exactamente igual que el realizado para 270° debido a que la nave en ese eje es simétrica.

Una vez halladas las cargas de viento de la cubierta, se procede a realizar las combinaciones de cargas en la proyección vertical de la cubierta, ya que las paralelas al faldón las absorben las correas.

Para cerciorarse de que el panel elegido aguanta, hay que quedarse con las combinaciones de carga más desfavorables de succión y de presión para ponerse en el caso más crítico.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determinará mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión del apartado 4.2.2. de BD-SE:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultanea 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, γ , se establecen en la tabla 4.1 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), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, Ψ , se establecen en la tabla 4.2.

Combinaciones de carga:

G: Peso propio.

S_U: Sobrecarga de uso

S_n: Sobrecarga de nieve

S_{vp}: Sobrecarga de viento a presión

S_{vs}: Sobrecarga de viento a succión

G

G + Su

G + Sn

G + Svp

G + Svs

Carga predominante: Uso

G + Su+ Sn

G + Su+ Svp

G + Su+ Svs

Carga predominante: Nieve

G+S_n+S_u

G+S_n+S_{vp}

G+S_n+S_{vs}

Carga predominante: Viento presión

G+Svp+Su

G+Svp+Sn

Carga predominante: Viento succión

G+Svs+Su

G+Svs+Sn

Tal y como dice el CTE, la sobrecarga de uso, por ser cubierta ligera, no es concomitante con el resto de acciones variables, por lo que las ecuaciones anteriores son todas las que necesitamos.

A continuación se aplicarán los coeficientes de seguridad y simultaneidad de cargas, descritos en la tabla 4.1 y 4.2 del CTE SE pag.11.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

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

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

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_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)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

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

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_u$$

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot S_n$$

$$Y_G \cdot G + Y_Q \cdot S_{vp}$$

$$Y_G \cdot G + Y_Q \cdot S_{vs}$$

$$Y_G \cdot G + Y_Q \cdot S_n + Y_Q \cdot \Psi_o \cdot S_{vp}$$

$$Y_G \cdot G + Y_Q \cdot S_n + Y_Q \cdot \Psi_o \cdot S_{vs}$$

$$Y_G \cdot G + Y_Q \cdot S_{vp} + Y_Q \cdot \Psi_o \cdot S_n$$

$$Y_G \cdot G + Y_Q \cdot S_{vs} + Y_Q \cdot \Psi_o \cdot S_n$$

A continuación se aplican los coeficientes de seguridad y simultaneidad teniendo en cuenta la condición de favorabilidad o desfavorabilidad en cada caso. Además se irán descartando las combinaciones que se vean que son claramente menores que otras.

- 1) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_u$
- ~~2) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_n$ (Menor que la 5)~~
- ~~3) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vp}$ (Menor que la 7)~~
- 4) $0,8 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vs}$
- 5) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_n + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S_{vp}$
- ~~6) $0,8 \cdot G + 0 \cdot S_n + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S_{vs}$~~
- 7) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vp} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_n$
- ~~8) $0,8 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vs} + 0 \cdot 0,5 \cdot S_n$~~

Una vez realizados los descartes de algunas de las combinaciones, queda lo siguiente:

- 1) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_u$
- 2) $0,8 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vs}$
- 3) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_n + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S_{vp}$
- 4) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vp} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_n$

Ahora ya se puede proceder al cálculo de las combinaciones:

PARA VIENTO A 0 Y 180°:

- 5) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,3879 \text{ kN/m}^2 = 0,702 \text{ kN/m}^2$
- 6) $0,8 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot (-0,996) \text{ kN/m}^2 = -1,42 \text{ kN/m}^2$
- 7) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,492 \text{ kN/m}^2 = 2,19 \text{ kN/m}^2$
- 8) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,492 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 = 2,16 \text{ kN/m}^2$

Teniendo en cuenta que la Resistencia del panel seleccionado es de 367,2 Kg/m² => 3,87 kN/m², se puede confirmar que aguanta perfectamente.

PARA VIENTO A 90 Y 270°:

- 9) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,3879 \text{ kN/m}^2 = 0,702 \text{ kN/m}^2$
- 10) $0,8 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot (-0,86) \text{ kN/m}^2 = -1,22 \text{ kN/m}^2$
- 11) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0 = 1,03 \text{ kN/m}^2$
- 12) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 = 0,576 \text{ kN/m}^2$

3.1.1.3. Estudio de la fachada de la nave

Se ha seleccionado un Panel Sandwich metálico autportante de Fachada con núcleo aislante de espuma de poliuretano de 50mm de espesor . Fabricado en chapas de acero galvanizado y prelacado según norma UNE 10326 con tratamiento especial frente a la corrosión. Fijaciones Ocultas .Su núcleo aislante de espuma de poliuretano aísla térmicamente lo cerramientos efectuados con este material, gracias a la variación del espesor conseguimos mayor poder aislante. Gracias a su fijación oculta podemos fijar tantas veces como queramos pudiendo ir a módulos de panel de largos diferentes. El acabado liso o semiliso confiere al cerramiento un acabado arquitectónico de gran calidad a un coste muy reducido.

En la fachada habrá una distancia entre apoyos de 1,5 m, con este dato, se va al catálogo que proporciona el fabricante y se obtiene la resistencia del panel.

ESQUEMA ESTÁTICO - Distancia entre apoyos: cm.

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/m ²)	Distancia eficaz apoyo: 100 mm															
	Soporte exterior acero (mm)	Soporte interior acero (mm)		150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	
40	0,40	0,40	7,4	260	190	145	115	90	75	65	55								
	0,50	0,50	9,1	270	235	205	170	140	115	95	80	70	60	50					
50	0,40	0,40	7,8	320	235	180	140	115	95	80	65	55	50						
	0,50	0,50	9,5	330	280	245	210	170	140	120	100	85	75	65	55	50			
60	0,40	0,40	8,2	375	275	210	165	135	110	90	80	65	60	50					
	0,50	0,50	9,9		320	280	250	200	165	140	120	100	90	75	70	60	55	50	
80	0,40	0,40	9,0	455	355	270	210	170	140	120	100	85	75	65	60	50			
	0,50	0,50	10,7		390	340	300	260	215	180	150	130	115	100	90	80	70	60	
100	0,50	0,50	11,5	530	455	395	350	310	255	215	180	155	135	120	105	95	85	75	

La resistencia del panel son $330 \text{ kg/m}^2 = 3,24 \text{ kN/m}^2$.

Con los datos obtenidos se procede a calcular las diferentes acciones en la fachada de la nave.

3.1.1.3.1. Peso propio

El peso propio de la fachada es de $9,5 \text{ kg/m}^2$.

Para facilitar los cálculos, pasaremos todo a kN/m^2 .

$$9,5\text{Kg/m}^2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 10^{-3} = 0,093\text{kN/m}^2$$

En previsión de los cálculos que se realizarán más adelante, se va a descomponer el peso propio en su componente horizontal y paralela.

$$G_x = 0,093\text{kN/m}^2 \times \text{sen } 10^\circ = 0,016\text{kN/m}^2$$

$$G_y = 0,093\text{kN/m}^2 \times \text{cos } 10^\circ = 0,092 \text{ kN/m}^2$$

En el caso de la fachada, el peso propio, es lo único que le afecta junto con el viento.

3.1.1.3.2. Sobrecarga de viento

Se calcularán las sobrecargas de viento en la fachada de la nave en función de la dirección desde la que azota el viento. Para ello se utilizará como referencia el CTE.

A partir del punto 3.3. del DB-SE-AE se estudia el viento mediante la siguiente fórmula:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

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, 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 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

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 3.3.4 y 3.3.5.

- Coeficiente de exposición(C_e):

Para calcular este coeficiente de exposición se debe ir al punto 3.3.3. del DB-SE-AE, donde aparece la siguiente información:

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de

la tabla 3.4, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

Entramos en la tabla con el grado de aspereza del entorno que es IV, ya que es una zona industrial.

La nave industrial tiene una altura de 7,76m (no tenemos en cuenta el metro que hay enterrado ya que no está expuesto al viento) , por lo que en la Tabla 3.4. se deberá interpolar entre 6 y 9m.

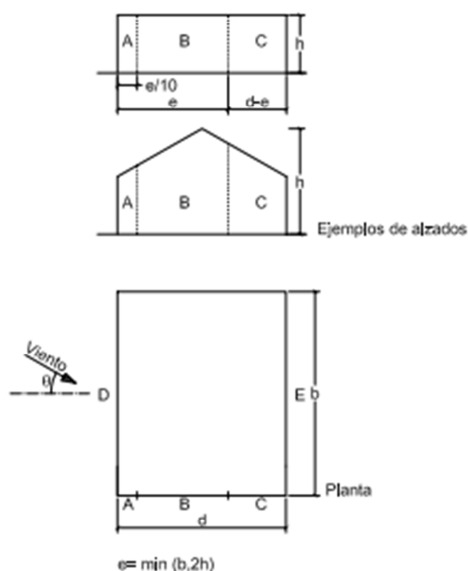
Con la interpolación se obtiene que el $C_e=1,576$

- Coeficiente eólico o de presión(C_p):

El coeficiente eólico o de presión se calculará mediante el CTE, concretamente se deberá calcular con la tabla D.3 del Anejo D del DB-SE-AE.

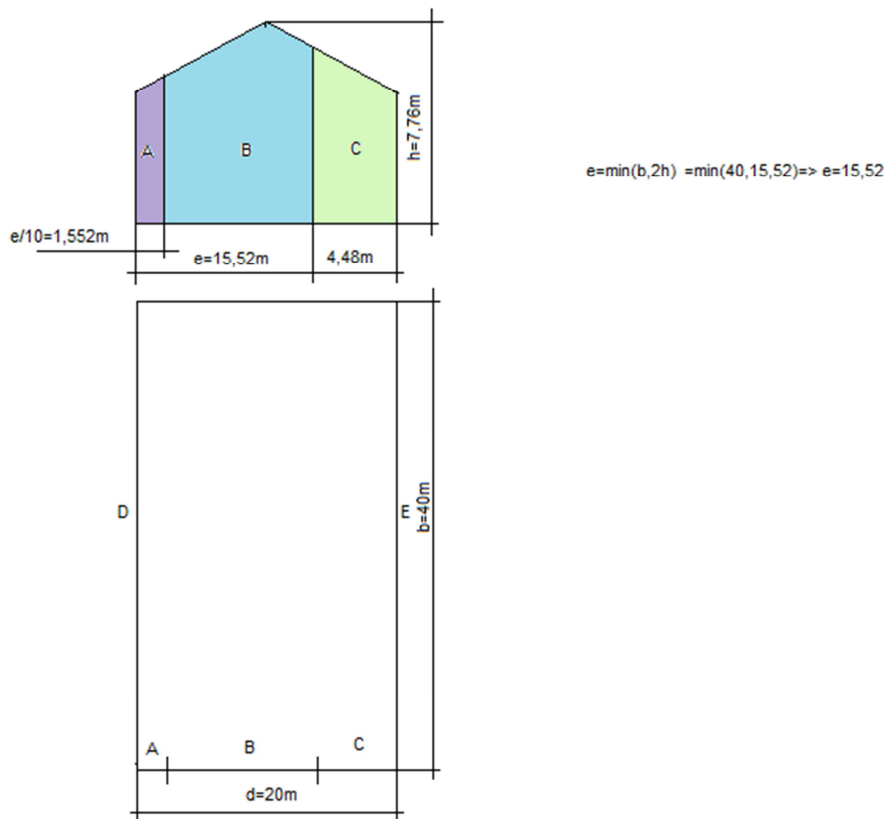
VIENTO A 0 Y 180°

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	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

La esbeltez de la nave es $h/d=7,76/20=0,388$



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		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

Area de ZONA A: $1,552\text{m} \cdot 6 + (1/2 \cdot 1,552\text{m} \cdot 1,76) = 10,76\text{m}^2 > 10\text{m}^2$

El resto de areas son mayores que 10m^2 .

$$h/d = 7,76/20 = 0,388$$

Con estos datos se entra en la tabla D.3.

Se debe interpolar entre la esbeltez 0,25 y 1:

A(m2)	h/d	a	b	c	d	e
>10	1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	0,388	"	"	"	0,718	-0,337
	≤0,25	"	"	"	0,7	-0,3

$$\text{CPA} = -1,2$$

$$\text{CPB} = -0,8$$

$$CPC = -0,5$$

$$CPD = 0,718$$

$$CPE = -0,337$$

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a la Tabla 3.6:

En esta tabla, para obtener los coeficientes de presión interior, hay que entrar con la esbeltez en el plano paralelo al viento y con el área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio.

En el caso en el que el viento tiene una dirección de 0° o 180° , la esbeltez es la siguiente:

$$\text{Esbeltez} = 7,76\text{m}/20\text{m} = 0,388 < 1$$

El estudio se hará teniendo en cuenta las situaciones más desfavorables, por lo que consideraremos huecos totalmente cerrados y totalmente abiertos, es decir, en la Tabla 3.6 solo se estudiarán los casos en los que el área de huecos en la zona de succión respecto al área total de huecos del edificio sea 0 o 1.

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	
≤ 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	

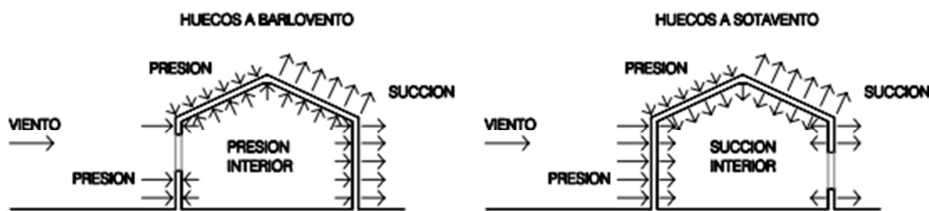


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

En este caso no tenemos huecos.

VIENTO A 0° Y 180°

La esbeltez es < 1 , y el área de huecos en zonas de succión respecto al área de huecos del edificio es 1, por lo que el coeficiente de presión interior es $C_{PI} = -0,5$.

$$q_{EA}=0,52 \times 1,576 \times (-1,2+0,5)=-0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EB}=0,52 \times 1,576 \times (-0,8+0,5)=-0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EC}=0,52 \times 1,576 \times (-0,5+0,5)=0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ED}=0,52 \times 1,576 \times (0,718+0,5)=0,99 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EE}=0,52 \times 1,576 \times (-0,337+0,5)=0,134 \text{ kN/m}^2$$

En el caso de la fechada, no existe ni sobrecarga de uso ni de nieve, por lo que las combinaciones quedan muy reducidas.

$\gamma_G \cdot G$ Esta no influye para la resistencia del panel ya que está en otro plano.

$\gamma_Q \cdot S_v$

Se aplican los coeficientes de seguridad y simultaneidad:

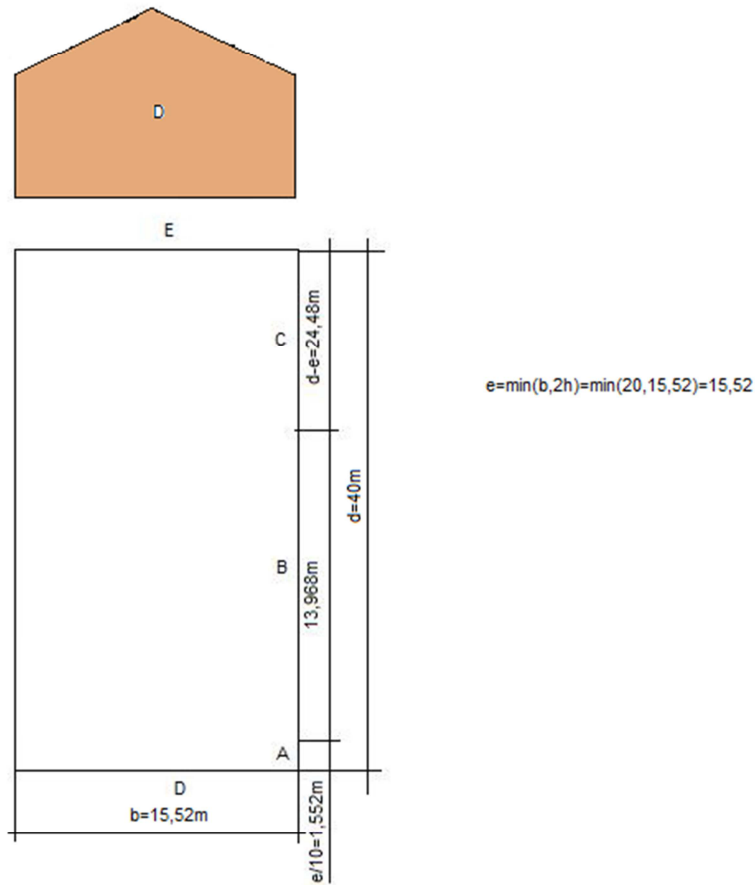
$$1,5 \cdot S_v$$

Ahora se sustituye por el valor máximo de las cargas perpendiculares al panel:

$$1,5 \cdot 0,99 \text{ kN/m}^2 = 1,485 \text{ kN/m}^2$$

La resistencia del panel son $3,24 \text{ kN/m}^2$, por lo que el panel resiste perfectamente.

VIENTO A 90 Y 270°



A (m ²)	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

En este caso se entrará a la tabla con los siguientes valores:

Esbeltez: $h/d=7,76/40=0,194<1$

El area de todas las zonas es mayor que 10.

Por lo tanto se obtienen los siguientes coeficientes eólicos:

A=-1,2

B=-0,8

C=-0,5

D=0,7

E=-0,3

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a la Tabla 3.6:

En esta tabla, para obtener los coeficientes de presión interior, hay que entrar con la esbeltez en el plano paralelo al viento y con el área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio.

En el caso en el que el viento tiene una dirección de 90° o 270°, la esbeltez es la siguiente:

Esbeltez= $7,76m/40m=0,194<1$

El estudio se hará teniendo en cuenta las situaciones más desfavorables, por lo que consideraremos huecos totalmente cerrados y totalmente abiertos, es decir, en la Tabla 3.6 solo se estudiarán los casos en los que el área de huecos en la zona de succión respecto al área total de huecos del edificio sea 0 o 1.

Cuando el viento tiene la dirección de 90° o 270°, hay que realizar un estudio mas exhaustivo ya que en estas superficies existen huecos.

Hay varias circunstancias que se pueden dar:

- 1- Viento a 270°, con puerta a barlovento abierta y as sotavento cerrada.

En este caso, existe en la zona de sotavento presión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 0, por lo tanto el $C_{PI}=0,7$.

Hay que realizar el cálculo del C_e , ya que al haber huecos cambia, para ello hay que ir al punto D.2 del Anejo D del DB-SE-AE.

$$C_e = F \times (F + 7K)$$

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

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Teniendo en cuenta que la zona donde se va a construir la nave es industrial, el grado de aspereza del entorno es el IV.

Obtenemos de la tabla los siguientes valores:

$$k=0,22$$

$$L=0,3m$$

$$Z=5m$$

$$C_e = F \times (F + 7K)$$

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

La z es la altura media del hueco, por lo tanto sabemos que es $z=2\text{m}$ que es la altura media de la puerta.

$$F = 0,22 \times \ln(\text{máx}(2,5)/0,3)=0,619$$

$$C_e = 0,619 \times (0,619 + 70,22) = 1,336$$

Una vez hallado el C_e y el C_{PI} :

$$q_{EA} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,2 - 0,7) = -1,32 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EB} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,8 - 0,7) = -1,042 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EC} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,5 - 0,7) = -0,834 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ED} = 0,52 \times 1,336 \times (0,7 - 0,7) = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EE} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,3 - 0,7) = -0,695 \text{ kN/m}^2$$

2- Viento a 270° , con puerta a barlovento cerrada y a sotavento abierta.

En este caso, existe en la zona de sotavento succión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 1, por lo tanto el $C_{PI} = -0,5$.

$$q_{EA} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,2 + 0,5) = -0,486 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EB} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,8 + 0,5) = -0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EC} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,5 + 0,5) = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ED} = 0,52 \times 1,336 \times (0,7 + 0,5) = 0,834 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EE} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,3 + 0,5) = -0,139 \text{ kN/m}^2$$

Una vez halladas las cargas de viento de la fachada, se procede a realizar las combinaciones de cargas:

En el caso de la fachada, no existe ni sobrecarga de uso ni de nieve, por lo que las combinaciones quedan muy reducidas.

$\gamma_G \cdot G$ Esta no influye para la resistencia del panel ya que está en otro plano.

$\gamma_Q \cdot S_v$

Se aplican los coeficientes de seguridad y simultaneidad:

$1,5 \cdot S_v$

Ahora se sustituye por el valor máximo de las cargas perpendiculares al panel:

Combinaciones de carga para 0 y 180°:

$$1,5 \cdot 0,99 \text{ kN/m}^2 = 1,485 \text{ kN/m}^2$$

Combinaciones de carga para 90 y 270°:

$$1,5 \cdot (-1,32 \text{ kN/m}^2) = -1,98 \text{ kN/m}^2$$

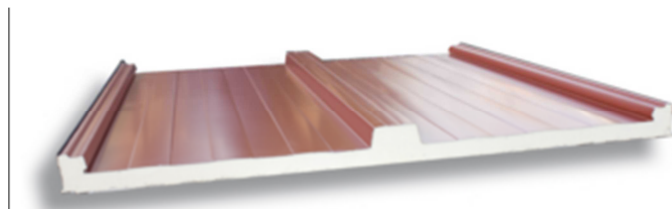
La resistencia del panel son $3,24 \text{ kN/m}^2$, por lo que el panel resiste perfectamente.

3.1.1.4. Estudio de la cubierta del adosado

El adosado a la nave tiene unas medidas de 5m x 10m x 4m y su cubierta es plana, por lo que se ha optado por el siguiente panel válido para todo tipo de cubiertas:

Se ha seleccionado un Panel Sandwich de Cubierta autoportante con núcleo aislante de espuma de poliuretano con una densidad de 40 kg/m^3 de 30mm de espesor y fijaciones ocultas de la página web [www. Panelaragon.com](http://www.Panelaragon.com).

El Panel Sandwich está formado por dos chapas de acero galvanizado y prelacado con un perfilado de tres grecas y conformado en su cara interior que le confiere una resistencia mecánica que hace que el panel sándwich sea autoportante entre correas aún estando a una distancia considerable que con otros productos no se puede conseguir. La unión se realiza mediante la fijación con distintos tipos de tornillos a la estructura realizada, sellando la junta mediante la colocación del remate tapajuntas desde cumbrera hasta canalón, evitando así cualquier tipo de filtración ante los elementos atmosféricos. El Panel Sandwich tiene en su interior un núcleo aislante de poliuretano inyectado con una densidad de 40 Kg/m^3 y un espesor de variable, proporcionando el aislamiento térmico que queremos conseguir. Es la solución ideal para la realización de cubiertas tanto industriales como residenciales de forma sencilla reduciendo de esta forma la carga estructural, el tiempo de instalación y el coste económico de la misma.



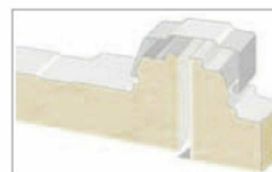
En la cubierta del adosado habrá una distancia entre apoyos de 1,6cm, dejando 0.2m libres para el canalón.

Con el dato de la distancia entre apoyos, entramos en el catálogo que nos proporciona el fabricante y obtenemos la resistencia del panel.

Espesor del Panel (mm)	ESQUEMA ESTÁTICO - TRES APOYOS -Ó MÁS - Distancia entre apoyo en cm												
	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	-	-
40	-	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	-
50	-	-	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	-	-	-	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	-	-	-	-	423	386	358	330	313	289	272	213	157

Sobrecargas admisibles, uniformemente distribuidas en kg/m² (Ratio de conversión 1kg/m² = 0,00981 KN/m²).
Las tablas se han desarrollado para paneles con soportes de acero, de 0,5 mm, nominal imponiendo la limitación de deformación: Flecha $f=1/200 l$.
Coeficiente de seguridad: 2.5

Detalle de la unión.



Espesor del Panel (mm)	ESQUEMA ESTÁTICO - TRES APOYOS - O MAS - Distancia entre apoyos en cm												
	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	-	-
40	-	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	-
50	-	-	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	-	-	-	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	-	-	-	-	423	386	358	330	313	289	272	213	157

Sobrecargas admisibles, uniformemente distribuidas en kg/m² (Ratio de conversión 1 kg/m² = 0,00981 kN/m²). Las tablas se han desarrollado para paneles con soportes de acero, de 0,5 mm, nominal imponiendo la limitación de deformación: Flecha f=1/200 l. Coeficiente de seguridad: 2.5

Detalle de la unión.



Teniendo en cuenta que nuestra distancia entre correas es 1,6m, debemos interpolar en la tabla para obtener la resistencia.

Con un espesor del panel de 30mm e interpolando entre 150 y 175cm obtenemos lo siguiente:

Resistencia del panel: $371,6 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow 3,65 \text{ kN/m}^2$

Peso panel: $9,30 \text{ Kg/m}^2$

3.1.1.4.1. Peso propio

El peso propio de la cubierta es de $9,30 \text{ kg/m}^2$.

Para facilitar los cálculos, pasaremos todo a kN/m^2 .

$$9,30 \text{ Kg/m}^2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 10^{-3} = 0,091 \text{ kN/m}^2$$

En previsión de los cálculos que se realizarán más adelante, se va a descomponer el peso propio en su componente horizontal y paralela.

$$G_x = 0,091 \text{ kN/m}^2 \times \text{sen } 10^\circ = 0,0158 \text{ kN/m}^2$$

$$G_y = 0,091 \text{ kN/m}^2 \times \text{cos } 10^\circ = 0,0896 \text{ kN/m}^2$$

3.1.1.4.2. Sobrecarga de uso

Para hallar la sobrecarga de uso se consultará el Código Técnico de la Edificación, en concreto el DB-SE-AE el punto 3.1 que hace referencia a la sobrecarga de uso.

Accedemos a la Tabla 3.1 en la que vienen los valores característicos de la sobrecarga de uso:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

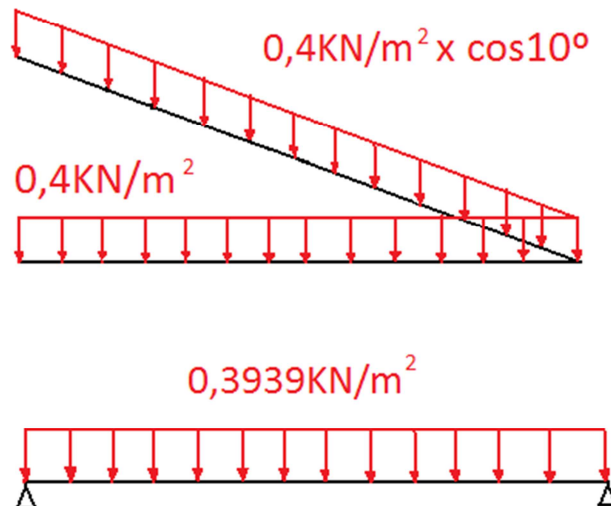
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes 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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁶⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

- ⁽¹⁾ 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/m² para el cálculo de elementos secundarios, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de 2,0 kN/m² para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos, y de 1,0 kN/m² para el de elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.
- ⁽²⁾ En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.
- ⁽³⁾ 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.
- ⁽⁴⁾ El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.
- ⁽⁵⁾ Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².
- ⁽⁶⁾ Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m² y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.
- ⁽⁷⁾ Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Como se puede observar en la tabla, el dato de la sobrecarga de uso la proporcionan en carga uniforme (0,4kN/m²) y en carga puntual (1kN). Se deberá estudiar cual es la más desfavorable.

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

Se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta, por lo que se deberá multiplicar por la pendiente de la cubierta:



$$q_u = 0,4\text{kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,3939\text{kN/m}^2$$

Ahora se descompone la q_u en su componente perpendicular y paralela:

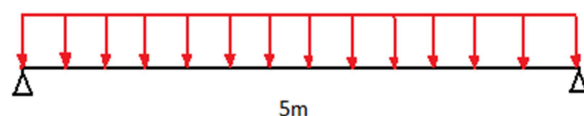
$$q_{uy} = 0,3939\text{kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,3879\text{kN/m}^2$$

$$q_{ux} = 0,3939\text{kN/m}^2 \times \sin 10^\circ = 0,0684\text{ kN/m}^2$$

Lo siguiente que hay que hacer es comprobar cuál de las cargas es más desfavorables, si la puntual o la distribuida:

DISTRIBUIDA:

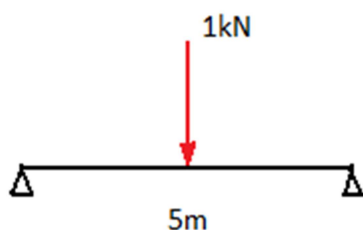
$$q_1 = 0,3939\text{kN/m}^2 \times 1,659\text{m} = 0,653\text{kN/m}$$



$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{0,653 \times 5^2}{8} = 2\text{ kN.m}$$

PUNTUAL:

$$q_2 = 1 \text{ kN}$$



$$M = \frac{q \times L}{4} = \frac{1 \times 5}{4} = 1,25 \text{ Kn.m}$$

Mediante esta comprobación, se llega a la conclusión de que la carga uniforme es más desfavorable que la puntual.

3.1.1.4.3. Sobrecarga de nieve

Para realizar el cálculo de la sobrecarga de nieve, se debe consultar el punto 3.5 del DB-SE-AE, en el cual indica que:

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

μ : coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3 del DB-SE-AE.

s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2 del DB-SE-AE.

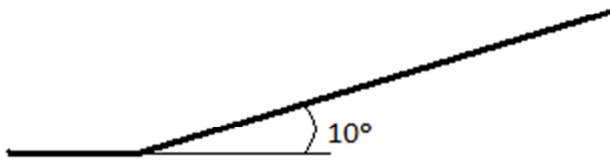
μ :

En un faldón que limita inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve, se distinguen dos casos:

a) si el faldón sucesivo está inclinado en el mismo sentido, como coeficiente de forma del de encima se tomará el correspondiente a la inclinación del de debajo en una anchura de 2m.

b) si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones, β , es mayor de 30° , el coeficiente de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será $\mu = 1 + \beta/30^\circ$ en una anchura de 2m.

En el caso de la nave que se va a estudiar, la cubierta de la nave principal (inclinada 10°) está limitada por la cubierta del adosado (inclinado a 0°).



No está inclinado ni en sentido contrario ni en el mismo, es horizontal, por lo tanto, nos pondremos de lado de la seguridad optando por lo más desfavorable.

Consideramos que el faldón está inclinado en sentido contrario a la cubierta de la nave.

La semisuma de los grados de las dos cubiertas es 10°, por lo tanto la μ se hallará con la siguiente fórmula:

$$\mu = 1 + \beta/30^\circ$$

$$\mu = 1 + 10^\circ/30^\circ = 1,33$$

sk:

Para calcular la S_k se debe hacer con el Anejo E del DB-SE-AE:

Entrando en la Tabla E.2. del Anejo E con el dato de la zona climática de invierno que se obtiene de la Figura E.2., se obtiene la S_k .



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

De la figura E.2. se obtiene que la zona climática de la nave a estudiar es la ZONA1.

Con este dato se accede a la Tabla E.2.

La altitud del terreno sobre el que se va a construir la nave es de 171m, por lo que se deberá interpolar en la tabla entre 0m y 200m para obtener la sobrecarga de nieve en terreno horizontal.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

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	-	-	-	-	-

Para 171m nos da una sobrecarga de nieve de **$S_k = 0,471 \text{ KN/m}^2$** .

Por lo tanto, una vez obtenidos estos datos, se puede hallar la sobrecarga de nieve:

$$q_n = 1,33 \times 0,4714 \text{ KN/m}^2 = 0,626 \text{ KN/m}^2$$

Una vez más debemos tener en cuenta que el valor de la sobrecarga de nieve se refiere a la proyección horizontal por lo que debemos multiplicarlo por el coseno del ángulo de inclinación de nuestra cubierta.

$$0,626 \text{ kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,617 \text{ kN/m}^2$$

Se debe descomponer en su componente perpendicular y paralela:

$$Q_{nx} = 0,617 \text{ kN/m}^2 \times \sin 10^\circ = 0,107 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{ny} = 0,617 \text{ kN/m}^2 \times \cos 10^\circ = 0,608 \text{ kN/m}^2$$

3.1.1.4.4. Sobrecarga de viento

Se calcularán las sobrecargas de viento en la cubierta del adosado en función de la dirección desde la que azota el viento. Para ello se utilizará como referencia el CTE.

A partir del punto 3.3. del DB-SE-AE se estudia el viento mediante la siguiente fórmula:

$$Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

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, 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 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

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 3.3.4 y 3.3.5.

- Coeficiente de exposición(C_e):

Para calcular este coeficiente de exposición se debe ir al punto 3.3.3. del DB-SE-AE, donde aparece la siguiente información:

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.4, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

Entramos en la tabla con el grado de aspereza del entorno que es IV, ya que es una zona industrial.

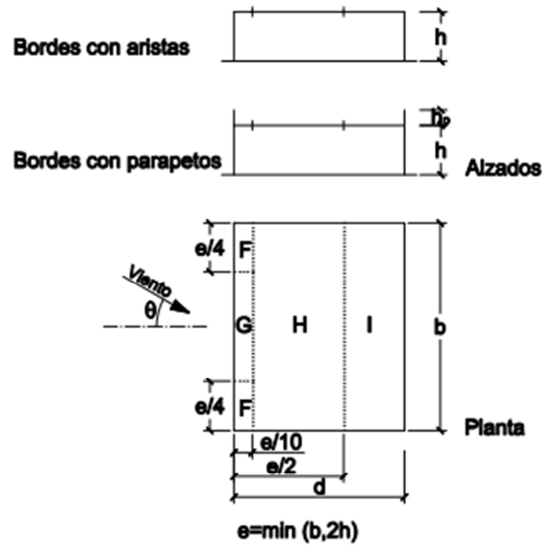
El adosado tiene una altura de 3m (no tenemos en cuenta el metro que hay enterrado debido a que no está expuesto al viento), por lo que el coeficiente de exposición será: **$C_e=1,3$**

- Coeficiente eólico o de presión(C_p):

El coeficiente eólico o de presión se calculará mediante en CTE, concretamente se deberá calcular con la tabla D.6 del Anejo D del DB-SE-AE.

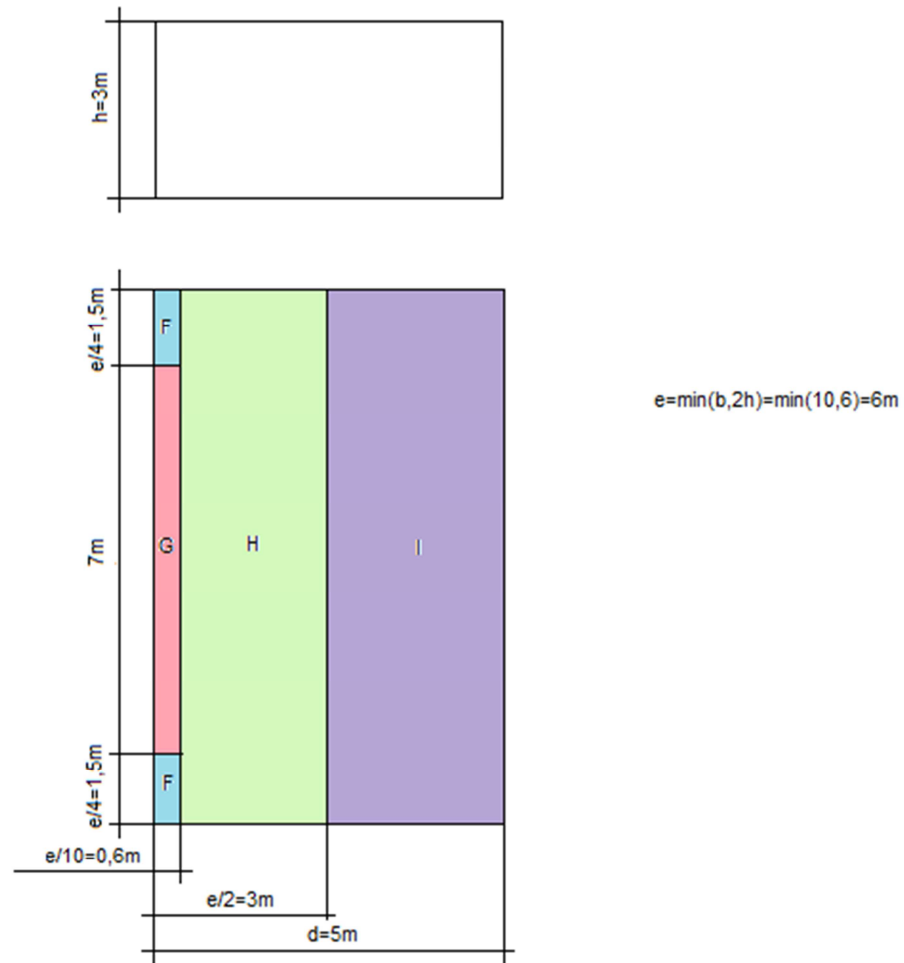
VIENTO A 0° Y 180°

Tabla D.4 Cubiertas planas



	h_p/h	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,2
Con parapetos	0,025	≥ 10	-1,6	-1,1	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,2
	0,05	≥ 10	-1,4	-0,9	-0,7	0,2 -0,2
		≤ 1	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,2
0,10	≥ 10	-1,2	-0,8	-0,7	0,2 -0,2	
	≤ 1	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,2	

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°



Esbeltez= $h/d=3/5= 0,6$

Área ZONA F = $1,5\text{m}\cdot 0,6\text{m}=0,9\text{m}^2 < 1$

Área ZONA G = $7\text{m}\cdot 0,6\text{m}=4,2\text{m}^2 < 10$ HABRÁ QUE INTERPOLAR

RESTO DE AREAS > 10

Los valores de los coeficientes eólicos son los siguientes:

F=-2,5

G=-1,715

H=-0,7

I=0,2

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a 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
≤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

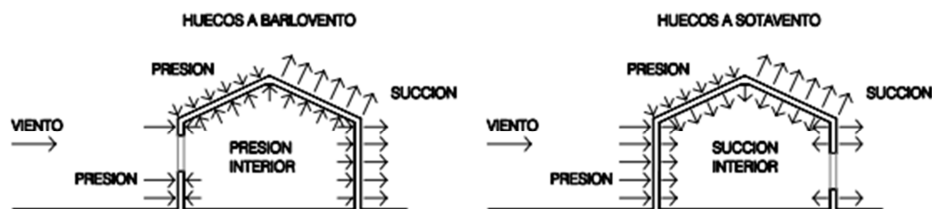


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

VIENTO A 0° Y 180°

La esbeltez es <1, y el área de huecos en zonas de succión respecto al área de huecos del edificio es 1, por lo que el coeficiente de presión interior es $C_{PI}=-0,5$.

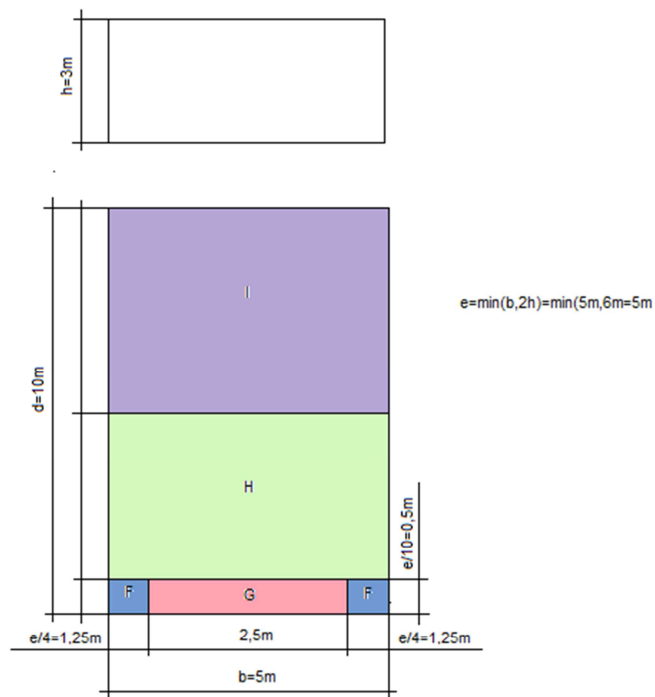
$$q_{EF}=0,52 \times 1,3 \times (-2,5+0,5)=-1,352 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EG}=0,52 \times 1,3 \times (-1,715+0,5)=-0,821 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EH}=0,52 \times 1,3 \times (-0,7+0,5)=-0,135 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EI}=0,52 \times 1,3 \times (0,2+0,5)=0,473 \text{ kN/m}^2$$

VIENTO A 90° Y 270°



h_p/h	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
		F	G	H	I
Bordes con aristas	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	0,2
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-0,2
0,025	≥ 10	-1,6	-1,1	-0,7	0,2
	≤ 1	-2,2	-1,8	-1,2	-0,2
Con parapetos 0,05	≥ 10	-1,4	-0,9	-0,7	0,2
	≤ 1	-2,0	-1,6	-1,2	-0,2
0,10	≥ 10	-1,2	-0,8	-0,7	0,2
	≤ 1	-1,8	-1,4	-1,2	-0,2

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°

F=>-2,5

G=>-1,715

H=>-0,7

I=>0,2

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a 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
≤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

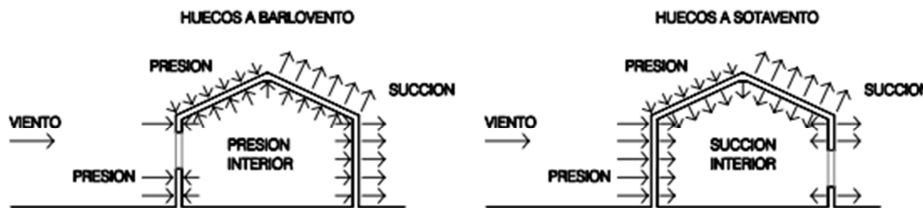


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

En el caso del adosado, para hallar los coeficientes de presión interior, hay que tener en cuenta que tiene una puerta y dos ventanas.

Se realiza el estudio para viento a 90 °y 270°.

VIENTO A 270°

Esbeltez=3m/10m=0,1 <1

Ce:

$$C_e = F \times (F + 7K)$$

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

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Obtenemos de la tabla los siguientes valores:

$$k=0,22$$

$$L=0,3m$$

$$Z=5m$$

La z es la altura media del hueco, por lo tanto sabemos que es $z=1,05m$ que es la altura media de la puerta.

$$F = 0,22 \times \ln(\text{máx}(1,05,5)/0,3)=0,619$$

$$C_e = 0,619 \times (0,619 + 70,22) = 1,336$$

Una vez hallado el C_e y el C_{PI} :

1ª opción: Puerta a barlovento abierta y ventanas a sotavento cerradas.

En este caso, existe en la zona de sotavento presión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 0, por lo tanto el $C_{PI}=0,7$.

$$q_{EF}=0,52 \times 1,336 \times (-2,5-0,7)=-2,22 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EG}=0,52 \times 1,336 \times (-1,715-0,7)=-1,677 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EH}=0,52 \times 1,336 \times (-0,7-0,7)=-0,97 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EI}=0,52 \times 1,336 \times (0,2-0,7)=-0,35 \text{ kN/m}^2$$

2ª opción: Puerta a barlovento cerrada y ventanas a sotavento abiertas.

En este caso, existe en la zona de sotavento succión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 1, por lo tanto el $C_{PI}=-0,5$.

$$q_{EF}=0,52 \times 1,336 \times (-2,5+0,5)=-1,389 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EG}=0,52 \times 1,336 \times (-1,715+0,5)=-0,844 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EH}=0,52 \times 1,336 \times (-0,7+0,5)=-0,139 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EI}=0,52 \times 1,336 \times (0,2+0,5)=0,486 \text{ kN/m}^2$$

VIENTO A 90°

Esbeltez=3m/10m=0,1 <1

Ce:

$$C_e = F \times (F + 7K)$$

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

Obtenemos de la tabla los siguientes valores:

k=0,22

L=0,3m

Z=5m

La z es la altura media del hueco, por lo tanto sabemos que es z=2,55m que es la altura media de la puerta.

$$F = 0,22 \times \ln(\text{máx}(2,55,5)/0,3)=0,619$$

$$C_e = 0,619 \times (0,619 + 70,22) = 1,336$$

Una vez hallado el Ce y el C_{PI}:

1ª opción: Ventanas a barlovento abiertas y puertas a sotavento cerrada.

En este caso, existe en la zona de sotavento presión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 0, por lo tanto el C_{PI}=0,7.

$$q_{EF} = 0,52 \times 1,336 \times (-2,5 - 0,7) = -2,22 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EG} = 0,52 \times 1,336 \times (-1,715 - 0,7) = -1,677 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EH} = 0,52 \times 1,336 \times (-0,7 - 0,7) = -0,97 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EI} = 0,52 \times 1,336 \times (0,2 - 0,7) = -0,35 \text{ kN/m}^2$$

2ª opción: Ventanas a barlovento cerradas y puerta a sotavento abierta.

En este caso, existe en la zona de sotavento succión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 1, por lo tanto el $C_{PI}=-0,5$.

$$q_{EF}=0,52 \times 1,336 \times (-2,5+0,5)=-1,389 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EG}=0,52 \times 1,336 \times (-1,715+0,5)=-0,844 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EH}=0,52 \times 1,336 \times (-0,7+0,5)=-0,139 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EI}=0,52 \times 1,336 \times (0,2+0,5)=0,486 \text{ kN/m}^2$$

Una vez halladas las cargas de viento de la cubierta, se procede a realizar las combinaciones de cargas en la proyección vertical de la cubierta, ya que las paralelas al faldón las absorben las correas.

Para cerciorarse de que el panel elegido aguanta, hay que quedarse con las combinaciones de carga más desfavorables de succión y de presión para ponerse en el caso más crítico.

- 1) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_u$
- 2) $0,8 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vs}$
- 3) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_n + 1,5 \cdot 0,6 \cdot S_{vp}$
- 4) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{vp} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S_n$

Ahora ya se puede proceder al cálculo de las combinaciones:

PARA VIENTO A 0 Y 180°:

- 1) $1,35 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,3939 \text{ kN/m}^2 = 0,712 \text{ kN/m}^2$
- 2) $0,8 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot (-1,352) \text{ kN/m}^2 = -1,957 \text{ kN/m}^2$
- 3) $1,35 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,473 \text{ kN/m}^2 = 1,46 \text{ kN/m}^2$
- 4) $1,35 \cdot 0,089 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,473 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 = 1,29 \text{ kN/m}^2$

Teniendo en cuenta que la Resistencia del panel seleccionado es de $371,6 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow 3,65 \text{ kN/m}^2$, se puede confirmar que aguanta perfectamente.

PARA VIENTO A 90 Y 270°:

- 13) $1,35 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,3939 \text{ kN/m}^2 = 0,712 \text{ kN/m}^2$
- 14) $0,8 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot (-2,22) \text{ kN/m}^2 = -3,259 \text{ kN/m}^2$
- 15) $1,35 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,486 \text{ kN/m}^2 = 1,47 \text{ kN/m}^2$
- 16) $1,35 \cdot 0,0896 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,486 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,608 \text{ kN/m}^2 = 1,3 \text{ kN/m}^2$

Teniendo en cuenta que la Resistencia del panel seleccionado es de $371,6\text{Kg/m}^2 \Rightarrow 3,65\text{kN/m}^2$, se puede confirmar que aguanta perfectamente.

3.1.1.5. Estudio de la fachada del adosado

Se ha seleccionado un Panel Sandwich metálico autportante de Fachada con núcleo aislante de espuma de poliuretano de 40mm de espesor . Fabricado en chapas de acero galvanizado y prelacado según norma UNE 10326 con tratamiento especial frente a la corrosión. Fijaciones Ocultas .Su núcleo aislante de espuma de poliuretano aísla térmicamente lo cerramientos efectuados con este material, gracias a la variación del espesor conseguimos mayor poder aislante. Gracias a su fijación oculta podemos fijar tantas veces como queramos pudiendo ir a módulos de panel de largos diferentes. El acabado liso o semiliso confiere al cerramiento un acabado arquitectónico de gran calidad a un coste muy reducido.

ESQUEMA ESTÁTICO - Distancia entre apoyos: cm.

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/m ²)	Distancia eficaz apoyo: 100 mm														
	Soporte exterior acero (mm)	Soporte interior acero (mm)		150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
40	0,40	0,40	7,4	260	190	145	115	90	75	65	55							
	0,50	0,50	9,1	270	235	205	170	140	115	95	80	70	60	50				
50	0,40	0,40	7,8	320	235	180	140	115	95	80	65	55	50					
	0,50	0,50	9,5	330	280	245	210	170	140	120	100	85	75	65	55	50		
60	0,40	0,40	8,2	375	275	210	165	135	110	90	80	65	60	50				
	0,50	0,50	9,9		320	280	250	200	165	140	120	100	90	75	70	60	55	50
80	0,40	0,40	9,0	455	355	270	210	170	140	120	100	85	75	65	60	50		
	0,50	0,50	10,7		390	340	300	260	215	180	150	130	115	100	90	80	70	60
100	0,50	0,50	11,5	530	455	395	350	310	255	215	180	155	135	120	105	95	85	75

En la fachada habrá una distancia entre apoyos de 1,5 m, con este dato, se va al catálogo que proporciona el fabricante y se obtiene la resistencia del panel.

La resistencia del panel son $330\text{kg/m}^2 = 3,24\text{kN/m}^2$.

Con los datos obtenidos se procede a calcular las diferentes acciones en la fachada de la nave.

3.1.1.5.1. Peso propio

El peso propio de la fachada es de $9,5\text{ kg/m}^2$.

Para facilitar los cálculos, pasaremos todo a kN/m^2 .

$$9,5\text{Kg/m}^2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 10^{-3} = 0,093\text{kN/m}^2$$

En previsión de los cálculos que se realizarán más adelante, se va a descomponer el peso propio en su componente horizontal y paralela.

$$G_x = 0,093 \text{ kN/m}^2 \times \text{sen } 10^\circ = 0,016 \text{ kN/m}^2$$

$$G_y = 0,093 \text{ kN/m}^2 \times \text{cos } 10^\circ = 0,092 \text{ kN/m}^2$$

En el caso de la fachada, el peso propio, es lo único que le afecta junto con el viento.

3.1.1.5.2. Sobrecarga de viento

Se calcularán las sobrecargas de viento en la fachada del adosado en función de la dirección desde la que azota el viento. Para ello se utilizará como referencia el CTE.

A partir del punto 3.3. del DB-SE-AE se estudia el viento mediante la siguiente fórmula:

$$Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

- Coeficiente de exposición (C_e):

Para calcular este coeficiente de exposición se debe ir al punto 3.3.3. del DB-SE-AE, donde aparece la siguiente información:

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición C_e

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

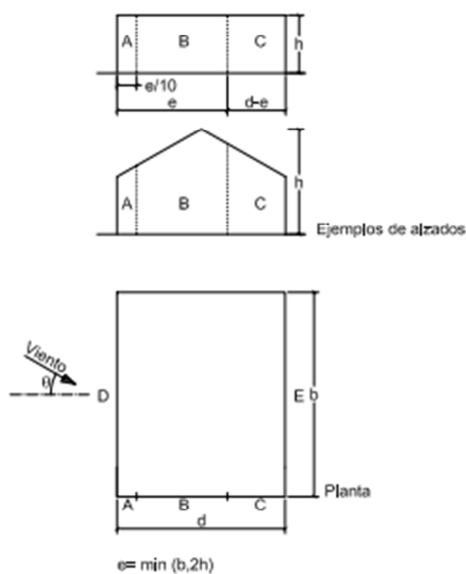
El adosado tiene una altura de 3m (no tenemos en cuenta el metro enterrado ya que no está expuesto al viento), por lo que el coeficiente de exposición será $C_e=1,3$.

- Coeficiente eólico o de presión (C_p):

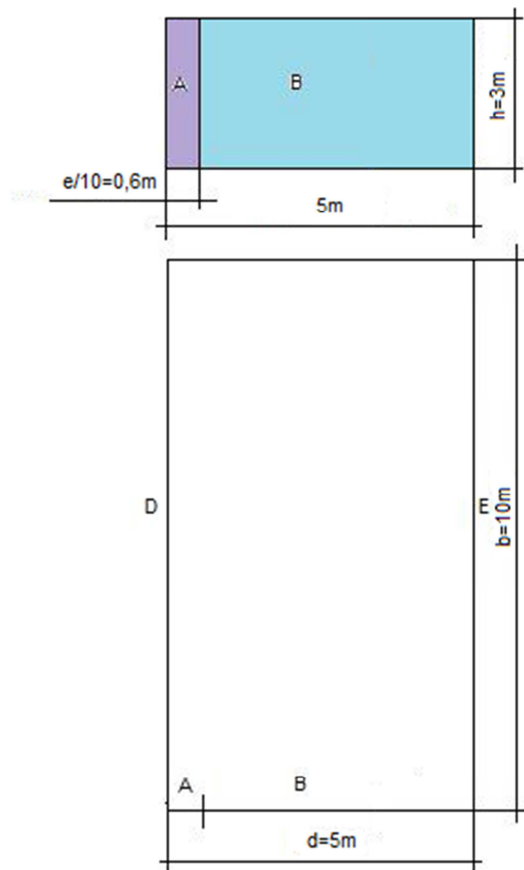
VIENTO A 0° Y 180°

El coeficiente eólico o de presión se calculará mediante el CTE, concretamente se deberá calcular con la tabla D.3 del Anejo D del DB-SE-AE.

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	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



$$e = \min(b, 2h) = \min(10, 6) = 6m$$

NO HAY ZONA C

$$\text{Area zona A: } 0,6m \cdot 3m = 1,8m^2$$

$$\text{Area zona B: } (6 - 0,6)m \cdot 3m = 16,2m^2$$

$$\text{Area zona D: } 10m \cdot 3m = 30m^2$$

$$\text{Area zona E: } 10m \cdot 3m = 30m^2$$

$$\text{Esbeltez} = h/d = 3/5 = 0,6$$

Se interpola y da como resultado:

$$A \Rightarrow -1,32$$

$$B \Rightarrow -0,8$$

$$C \Rightarrow -0,5$$

$$D \Rightarrow 0,75$$

$$E \Rightarrow -0,487$$

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a 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
≤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

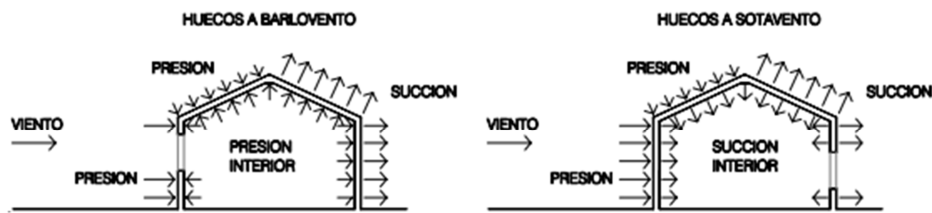


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

VIENTO A 0° Y 180°

La esbeltez es <1, y el área de huecos en zonas de succión respecto al área de huecos del edificio es 1, por lo que el coeficiente de presión interior es $C_{PI}=-0,5$.

$$q_{EA}=0,52 \times 1,3 \times (-1,32 + 0,5) = -0,55 \text{ kN/m}^2$$

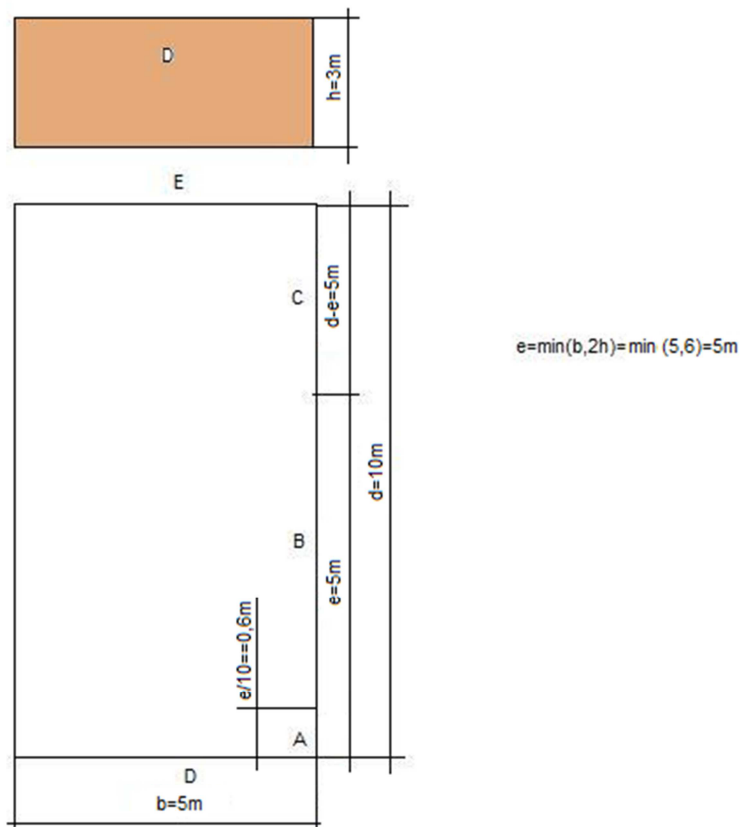
$$q_{EB}=0,52 \times 1,3 \times (-0,8 + 0,5) = -0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EC}=0,52 \times 1,3 \times (-0,5 + 0,5) = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ED}=0,52 \times 1,3 \times (0,75 + 0,5) = 0,845 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EE}=0,52 \times 1,3 \times (-0,487 + 0,5) = 0,009 \text{ kN/m}^2$$

VIENTO A 90° Y 270°



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		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

En este caso se entrará a la tabla con los siguientes valores:

Esbeltez: $h/d=3/10=0,3 < 1$

El area de todas las zonas es mayor que 10 menos la de la zona A:

Area zona A= $0,6 \cdot 3=1,8\text{m}^2$

Por lo tanto se obtienen los siguientes coeficientes eólicos:

A=>-1,32

B=>-0,8

C=>-0,5

D=>0,75

E=>-0,487

Una vez obtenidos los coeficientes eólicos, queda hallar los coeficientes de presión interior:

Para ello hay que ir al punto 3.3.5 del DB-SE-AE, concretamente a 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
≤ 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

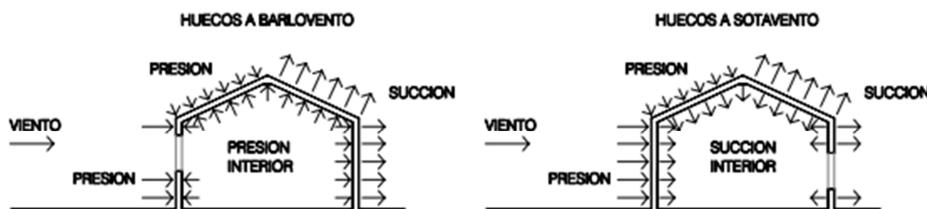


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

VIENTO A 270°

Esbeltez= $3\text{m}/10\text{m}=0,1 < 1$

Ce= 1,336

Una vez hallado el Ce y el C_{PI}:

1ª opción: Puerta a barlovento abierta y ventanas a sotavento cerradas.

$$q_{EA}=0,52 \times 1,336 \times (-1,32-0,7)=-1,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EB}=0,52 \times 1,336 \times (-0,8-0,7)=-1,04 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EC}=0,52 \times 1,336 \times (-0,5-0,7)=-0,83 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ED}=0,52 \times 1,336 \times (0,75-0,7)=0,035 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EE}=0,52 \times 1,336 \times (-0,487-0,7)=-0,825 \text{ kN/m}^2$$

2ª opción: Ventanas a barlovento cerradas y puerta a sotavento abierta.

En este caso, existe en la zona de sotavento succión interior y succión exterior.

El área de huecos en zona de succión respecto al área total de huecos del edificio es 1, por lo tanto el $C_{PI}=-0,5$.

$$q_{EA}=0,52 \times 1,336 \times (-1,32+0,5)=-0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EB}=0,52 \times 1,336 \times (-0,8+0,5)=-0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EC}=0,52 \times 1,336 \times (-0,5+0,5)=0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ED}=0,52 \times 1,336 \times (0,75+0,5)=0,868 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{EE}=0,52 \times 1,336 \times (0,487+0,5)=0,009 \text{ kN/m}^2$$

Una vez halladas las cargas de viento de la fachada del adosado, se procede a realizar las combinaciones de cargas.

Para cerciorarse de que el panel elegido aguanta, hay que quedarse con las combinaciones de carga más desfavorables de succión y de presión para ponerse en el caso más crítico.

$\gamma_G \cdot G$ Esta no influye para la resistencia del panel ya que está en otro plano.

$\gamma_Q \cdot S_v$

Se aplican los coeficientes de seguridad y simultaneidad:

$$1,5 \cdot S_v$$

Ahora se sustituye por el valor máximo de las cargas perpendiculares al panel:

Combinaciones de carga para 0 y 180°:

$$1,5 \cdot 0,845 \text{ kN/m}^2 = 1,267 \text{ kN/m}^2$$

Combinaciones de carga para 90 y 270°:

$$1,5 \cdot (-1,4 \text{ kN/m}^2) = -2,1 \text{ kN/m}^2$$

La resistencia del panel son $3,24 \text{ kN/m}^2$, por lo que el panel resiste perfectamente.

3.2. REDIMENSIONAMIENTO MEDIANTE EL PROGRAMA DE CÁLCULO CYPE 2017

Los pórticos y las correas, tanto de cubierta como de fachada, se crean en el Generador de Pórticos del programa CYPECAD. Una vez determinados los parámetros de estos elementos se exporta la obra a Nuevo Metal 3D y en este programa se crean los elementos restantes y se añaden las cargas producidas por el puente grúa obtenidas en un estudio independiente del mismo mediante el programa CRANEWAY 8.XX.

Para dimensionar la nave junto al adosado destinado a vestuarios, se seguirán los siguientes pasos:

1º Se calcularán las nave y el adosado por separado en en Generador de pórticos para exportarlas a Cype 3D.

2º Se realizará el cálculo de las naves juntas (cogiendo la longitud de la nave de 40m) en el Generador de pórticos y se exportará a Cype 3D.

3º Una vez xportadas las naves juntas a Cype 3D se eliminan las barras que sobran del adosado para dejarlo con sus medidas originales.

4º Debido a que las paños y cargas superficiales creados por el programa no valen(ya que se han creado para un adosado de 40m de longitud en vez de para uno de 10m) se borran los paños y cargas del adosado y se introducen manualmente las del adosado que se ha estudiado en solitario.

Por lo tanto a continuación se verán los pasos más detalladamente:

3.2.1. Generador de pórticos

Lo primero que pide el programa generador de pórticos, es especificar los "Datos de Obra" del proyecto. Los datos introducidos son los siguientes:

Estructura compuesta por 8 vanos con separación entre pórticos de 5m.

Se dispone en cubierta un Panel Sandwich autoportante con nucleo aislante de espuma de poliuretano con una densidad de 40 kg/m^3 de 30mm de espesor y fijaciones ocultas de la página web [www. Panelaragon.com](http://www.Panelaragon.com). El peso total de cerramiento en cubierta es de $9,30 \text{ kg/m}^2$.

Se toma una sobrecarga del cerramiento de 0.4 kN/m^2 tal y como se ha estudiado anteriormente.

El cerramiento lateral lo compone un Panel Sandwich metálico autportante de Fachada con núcleo aislante de espuma de poliuretano de 40mm de espesor . Fabricado en chapas de acero galvanizado y prelacado según norma UNE 10326 con tratamiento especial frente a la corrosión. Fijaciones Ocultas con un peso propio de $9,5\text{kg/m}^2$.

Se toma una zona eólica C con una velocidad básica de 29 m/s. El Grado de aspereza correspondiente al entorno de la estructura es de IV “Zona urbana, industrial o forestal”. Se estima un periodo de servicio de 50 años. Se consideran huecos de la nave los correspondientes a las puertas y ventanas.

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

CTE DB SE-AE (España)

NTE (España)

Eurocódigo 1 (UE - Internacional)

Eurocódigo 1 (Francia)

NV 65:2009 (Francia)

Eurocódigo 1 (Bélgica)

Eurocódigo 1 (Portugal)

RSA (Portugal)

DIN 1055-4 (Alemania)

NTC 14/01/2008 (Italia)

Ordenanza n°3 (21 de julio de 2004) (Bulgaria)

Marruecos (Marruecos)

RNV 99 (Argelia)

NBR 6123 (Brasil)

CIRSOC 102-1984 (Argentina)

CFE - 2008 (México)

NTC (México D.F.)

NSR-10 Capítulo B.6 - Fuerzas de viento (Colombia)

NBR (Paraguay)

ASCE/SEI 7-05 (USA - Internacional)

NBC 05 (Canadá)

IS: 875 (Part 3) - 1987 (Reaffirmed 1997) (India)

Zona eólica

A. Velocidad básica: 26 m/s

B. Velocidad básica: 27 m/s

C. Velocidad básica: 29 m/s

Grado de aspereza

Única Según dirección

I II III IV V

Zona urbana, industrial o forestal

Periodo de servicio (años) 50

Con huecos [Editar la lista de huecos en fachadas](#)

Coeficiente de obstrucción para cubiertas aisladas 1.000

Aceptar Cancelar

La distribución de huecos de la nave es un factor muy importante a tener en cuenta junto con la dirección del viento para saber si va a existir una depresión o sobrepresión interior.

En este caso, la nave dispone tanto en la parte frontal como en la trasera de una ventana y una puerta para acceso directo de personal y entrada de mercancía. Las medidas de las ventanas y las puertas son las siguientes:

Ventanas: 2m x 0,5m

Puertas: 5m x 4m con

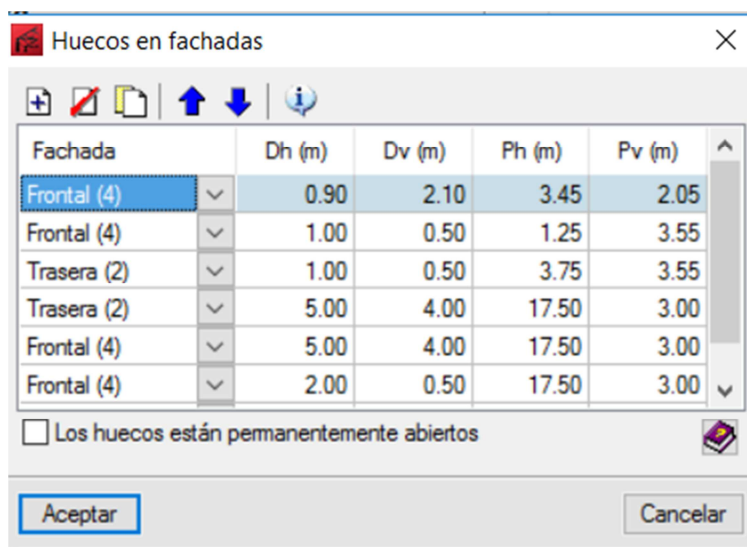
El adosado dispone de una puerta delantera para acceso de trabajadores y dos ventanas (una en cada vestuario). Las medidas son las siguientes:

Puerta: 0,90m x 2,10m

Ventanas: 2m x 0,5m

La casilla de “Huecos permanentemente abiertos” se mantiene sin activar, porque en el caso de activarla se estaría eliminando la posibilidad de que los huecos estuvieran cerrados y se eliminarían las hipótesis de la situación más que posible. Esta casilla sólo debe activarse en los casos que nunca vayan a cerrarse estas aberturas.

Es decir, se considera según Normativa: CTE DB-SE AE (España)



Fachada	Dh (m)	Dv (m)	Ph (m)	Pv (m)
Frontal (4)	1.00	0.50	1.25	3.55
Trasera (2)	1.00	0.50	3.75	3.55
Trasera (2)	5.00	4.00	17.50	3.00
Frontal (4)	5.00	4.00	17.50	3.00
Frontal (4)	2.00	0.50	17.50	3.00
Frontal (4)	2.00	0.50	17.50	7.00

Los huecos están permanentemente abiertos

Aceptar Cancelar

La carga de nieve a aplicar va a depender muy directamente de la altura topográfica del emplazamiento, así como de la zona del clima invernal en la que esté. Esta nave está en la "Zona 1" y a una altura próxima de 171m. Por otra parte, se sitúa en una zona con una exposición al viento normal, ni protegida ni fuertemente expuesta, por lo que esta carga no se incrementa ni se reduce un 20% respectivamente según el apartado 3 del Art.3.5.1 del CTE DB-SE AE. El programa facilita dichos datos, mediante la ayuda de una serie de cuadros que se muestran a continuación, de esta forma el propio programa rellena estas casillas con los datos correspondientes al emplazamiento y municipio seleccionados

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de nieve

- CTE DB-SE AE (España)
- NTE (España)
- Eurocódigo 1 (Portugal)
- RSA (Portugal)
- Eurocódigo 1 (Francia)
- Eurocódigo 1 (Bélgica)
- Eurocódigo 1
- N 84 (Francia)
- DIN 1055-5 (Alemania)
- NTC: 14-01-2008 (Italia)
- Ordenanza n°3 (21 de julio de 2004) (Bulgaria)
- ASCE 7 - 05 (USA)
- NBC 05 (Canadá)
- IS: 875 (Part 4) - 1987 (Reaffirmed 1997) (India)
- Nieve genérica

Datos del emplazamiento

Zona 1 2 3 4 5 6 7

Altitud topográfica m

Exposición al viento

Protegida Normal Fuertemente expuesta

Si la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20%.

Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

Descripción de la cubierta

Cubierta con resaltos

Aceptar Cancelar

Se considera para las combinaciones de hipótesis de las correas tanto para el acero laminado o conformado una categoría de uso G (Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento).

Datos obra

Número de vanos

Separación entre pórticos m

Con cerramiento en cubierta

Peso del cerramiento kg/m²

Sobrecarga del cerramiento kg/m²

Con cerramiento en laterales

Peso del cerramiento kg/m²

Con sobrecarga de viento

Con sobrecarga de nieve

Combinaciones de cargas para cálculo de correas

Estados límite

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

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

Cota de nieve

Desplazamientos

Acciones características

Categorías de uso

Acero laminado: CTE DB SE-A

Acero conformado: CTE DB SE-A

Aceptar Cancelar

Cálculo de correas

Una vez introducidos todos los datos generales de la obra, se procede al cálculo de las correas. Para ello se selecciona la opción de " Edición de correas en cubierta y laterales".

- **Correas de cubierta**

Para definir la correa hay que predeterminar una serie de datos previos adicionales.

La primera opción es elegir el límite de flecha, que en este caso es de $L/250$.

Edición de correas de cubierta

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 250

Número de vanos: Tres vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: IPE 140 Dimensionar

Separación: 1.6 m Dimensionar

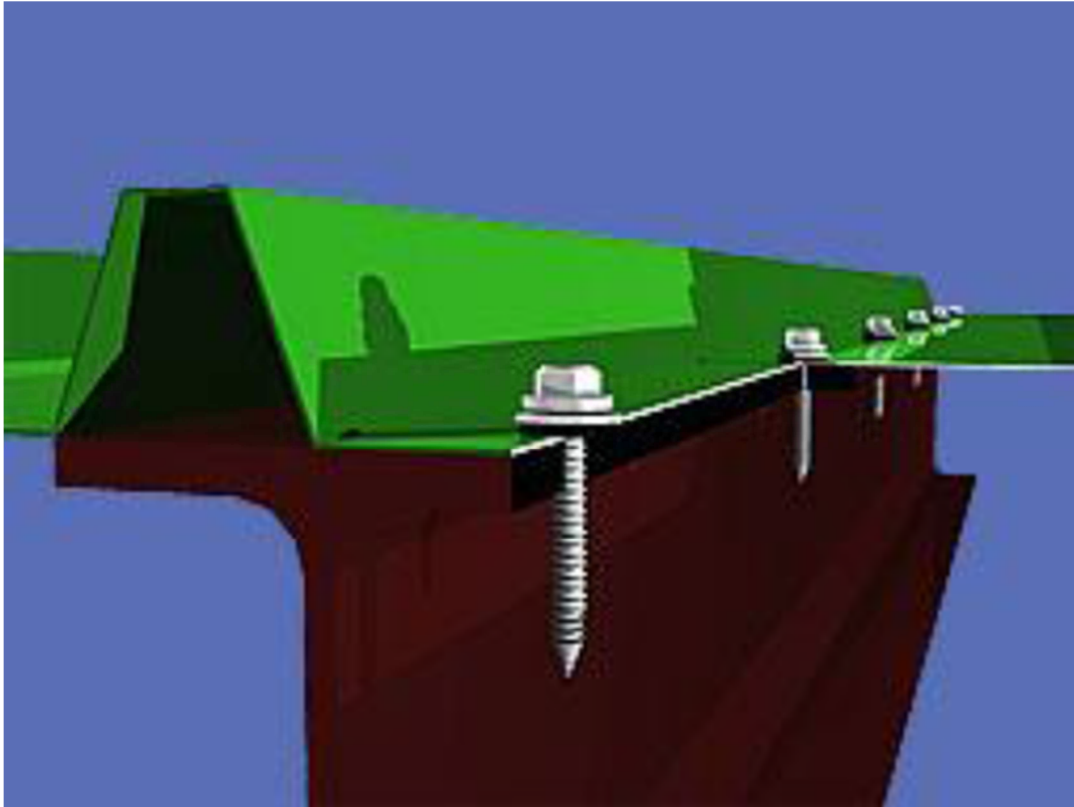
Tipo de Acero: S275 Dimensionar

Aceptar Cancelar

En lo referente al número de vanos a cubrir por correas dependerá de varias circunstancias del proyecto, como son: número de vanos, luces entre pórticos, cargas que solicitan la cubierta...

Cada posible opción tiene sus pros y sus contras, en este caso optamos por la elección de tres vanos, es decir, correa continua, que supone uniones más complejas, pero también menores esfuerzos y flechas.

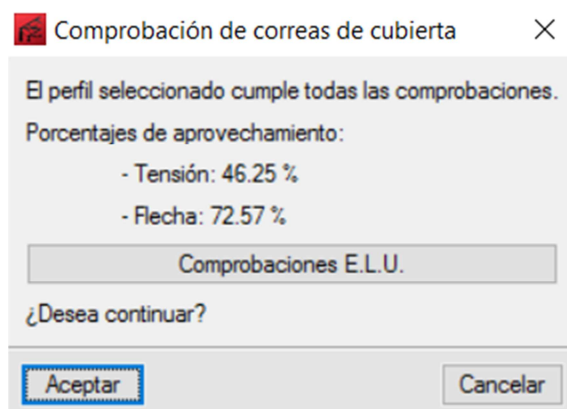
El tipo de fijación se refiere, no a la fijación de las correas a los pórticos, sino a la fijación la cubierta a las correas. Se realizará con tornillos roscachapa, lo que proporcionará una fijación rígida.



Detalle unión cubierta a correas con tornillo roscachapa.

El tipo de perfil seleccionado es un IPE 140, con una distancia entre correas de 1,6m y tipo de acero S275.

Se puede ver que el perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones y el aprovechamiento es de:



Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 46.25 %
Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 140							
Material: S275							
	Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	4.200, 40.000, 4.000	4.200, 35.000, 4.000	5.000	16.4 0	541.0 0	44.9 0	2.45
	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	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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
pésima en cubierta	N.P. ⁽¹⁾	x: 0.833 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0,00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0,00 N.P. ⁽³⁾	x: 5 m $\eta = 46,2$	M _{Ed} = 0,00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 5 m $\eta = 11,1$	V _{Ed} = 0,00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.833 m $\eta < 0,1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0,00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\eta = 46,2$
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N: 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 _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 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 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 esfuerzo cortante. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ 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. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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.

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

Se debe satisfacer:

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

$$26.85 \leq 248.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{126.20} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{5.93} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{5.04} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.462} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 4.200, 35.000, 4.000, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 0.75 \cdot N(EI) + 1.50 \cdot V(0^\circ) H2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.090} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{2.357} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{88.30} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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 (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:

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

$$\eta : 0.111 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 4.200, 35.000, 4.000, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 0.75*N(EI) + 1.50*V(0°) H2.

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

$$V_{Ed} : 1.308 \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : 11.740 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 7.62 \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 140.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 4.70 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 23.87 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{23.87}$$

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

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{\text{ref}} : \underline{2395.51 \text{ kp/cm}^2}$$

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

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

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 $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{\text{Ed}} \leq \frac{V_{\text{c,Rd}}}{2} \quad 0.509 \text{ t} \leq 5.870 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.833 m del nudo 4.200, 40.000, 4.000, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 0.75 \cdot N(\text{EI}) + 1.50 \cdot V(0^\circ) \text{ H2}$.

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

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.509 \text{ t}}$$

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{11.740 \text{ t}}$$

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)

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 (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 (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.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 72.57 %

Coordenadas del nudo inicial: 4.200, 30.000, 4.000

Coordenadas del nudo final: 4.200, 25.000, 4.000

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(EI) + 1.00 \cdot V(0^\circ)$ H2 a una distancia 2.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 541 \text{ cm}^4$) ($I_z = 45 \text{ cm}^4$)

- **Correas de fachada**

Edición de correas de laterales

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 250

Número de vanos: Tres vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: IPE 120 Dimensionar

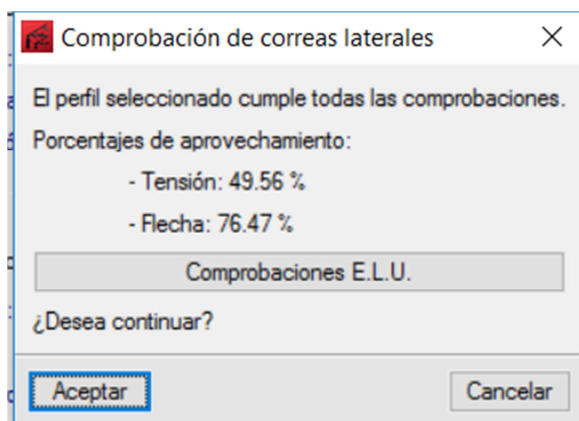
Separación: 1.5 m Dimensionar

Tipo de Acero: S275 Dimensionar

Aceptar Cancelar

En el caso de las correas de cubierta, también seleccionamos la opción de flecha L/250, tres vanos y fijación rígida.

Con una separación entre correas de 1,5m y un perfil IPN 120, da como resultado lo siguiente:



Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 49.56 %
Barra pésima en lateral

Perfil: IPE 120 Material: S275																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud d (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm²)</th> <th>I_y⁽¹⁾ (cm⁴)</th> <th>I_z⁽¹⁾ (cm⁴)</th> <th>I_t⁽²⁾ (cm⁴)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25.000, 35.000, 0.750</td> <td>25.000, 40.000, 0.750</td> <td>5.000</td> <td>13.2 0</td> <td>318.0 0</td> <td>27.7 0</td> <td>1.74</td> </tr> </tbody> </table>	Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas				Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	25.000, 35.000, 0.750	25.000, 40.000, 0.750	5.000	13.2 0	318.0 0	27.7 0	1.74								
	Nudos		Longitud d (m)		Características mecánicas																								
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)																						
	25.000, 35.000, 0.750	25.000, 40.000, 0.750	5.000	13.2 0	318.0 0	27.7 0	1.74																						
<p>Notas: (¹) Inercia respecto al eje indicado (²) Momento de inercia a torsión uniforme</p>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β</td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L_K</td> <td>0.000</td> <td>5.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C_m</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C₁</td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table>		Pandeo		Pandeo lateral		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	β	0.00	1.00	0.00	0.00	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	C ₁	-		1.000	
		Pandeo		Pandeo lateral																									
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																									
β	0.00	1.00	0.00	0.00																									
L _K	0.000	5.000	0.000	0.000																									
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000																									
C ₁	-		1.000																										
<p>Notación: β: Coeficiente de pandeo L_K: Longitud de pandeo (m) C_m: Coeficiente de momentos C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>																													

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m $\eta = 49.6$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m $\eta = 9.9$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\eta = 49.6$

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	
<p>Notación:</p> <p>$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_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 $N M_y M_z$: 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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(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 esfuerzo cortante. (6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) 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. (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

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.

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

Se debe satisfacer:

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

24.41 ≤ 248.01 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 107.40 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.40 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 4.73 cm²

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

$A_{fc,ef}$: 4.03 cm²

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

k : 0.30

E : Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

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

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.496} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 25.000, 35.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(270°) H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.803} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{1.621} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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 (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:

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

$$\eta : \underline{0.099} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 25.000, 35.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(270°) H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.963} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{9.703} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{6.30} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{120.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 21.23 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{21.23}$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$

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

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.92}$

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.963 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo 25.000, 35.000, 0.750, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ) H1$.

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

V_{Ed} : 0.963 t

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

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

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)

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 (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 (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.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 76.47 %

Coordenadas del nudo inicial: 25.000, 35.000, 0.750

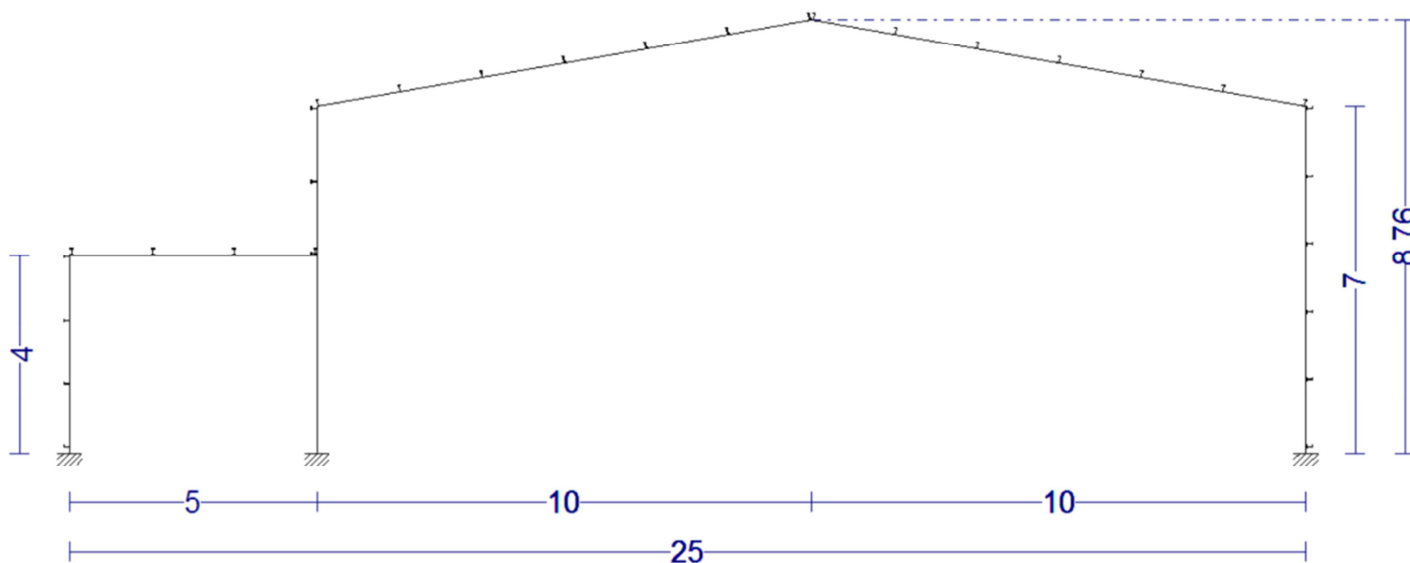
Coordenadas del nudo final: 25.000, 40.000, 0.750

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$ H3 a una distancia 2.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 318 \text{ cm}^4$) ($I_z = 28 \text{ cm}^4$)

3.2.1.1. Resultado final del generador de pórticos

Una vez realizado el estudio de correas y haber determinado la geometría inicial del pórtico tipo el resultado final del "Generador de pórticos" sería el siguiente:



3.2.2. Puente grúa

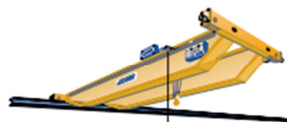
La nave a realizar se destinará a la fabricación de ventanas de PVC, por lo que es necesario que esté prevista de un puente grúa que facilite el trabajo a la hora de desplazar piezas y perfiles de PVC a lo largo de toda la nave.

En una primera instancia, la empresa INGEVEN S.A. solicitó un puente grúa de 15Tn debido a una serie de tareas que tenían pensado realizar en la nave y que requerían dicha capacidad. Debido a una serie de cambios, se nos ha pedido sustituir dicho puente por uno de capacidad 5Tn.

Se ha establecido la implantación de un puente grúa estándar del catálogo ABUS con las siguientes disposiciones:

- Luz entre carriles de 20 metros.
- Capacidad de 5 toneladas

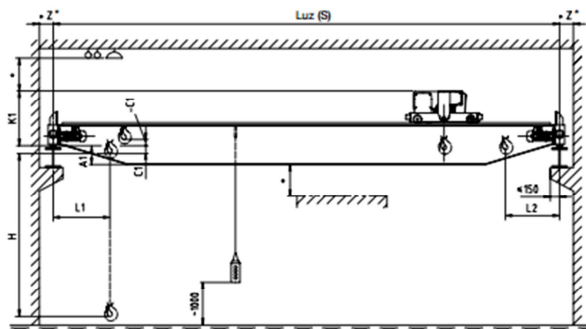
Observaciones generales respecto al diseño					
Diseño básico	DIN 15018, H2/B3 funcionamiento en interior, sin pasarela en la grúa sin cabina del conductor tensión de funcionamiento 400 V / 50 Hz				
Velocidades de traslación de la grúa	EDL	: 7.5/30 m/min			
	ELV / ELK / ZLK	: 10/40 m/min			
Velocidades de traslación del carro	ELV / ELK / EDL / ZLK	: 5/20 m/min			
	Estándar – están disponibles otras velocidades				
Flecha	<= 1/750 de la luz				
Frecuencias naturales	ELV / EDL	: >= 2.5 Hz			
	ELK / ZLK	: véase abajo			
	S [m] <=	23.0	25.0	28.0	32.0
	FE [Hz] >=	2.5	2.4	2.3	2.2



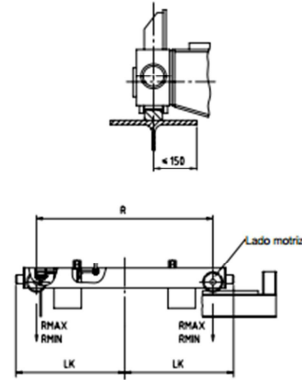
Las medidas A1, C1 y K1 se pueden cambiar para ajustarlas a las condiciones del edificio de cada caso concreto, simplemente elevando la parte inferior de la viga principal hasta la parte inferior del testero.

Para efectuar mediciones de exactitud, rogamos póngase en contacto con ABUS

Puente grúa birraíl ZLK



* Distancia de seguridad de acuerdo a las regulaciones nacionales de cada país.



Dimensiones de los puentes grúa birrailes ZLK (Resumen)¹⁾

Carga, Polipasto ¹⁾	S ²⁾	A3	K1	C1	L1	L2	Z _{min}	H _{max} ²⁾	R	LK	Carga rueda tN	R _{max}	R _{min}
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm
5000 kg Polipasto de cable	10	200	770	-50	660	660	150	9000	2700	1605	30,6	6,9	
	14	300	770	-50	660	660	150	9000	2700	1605	33,5	8,7	
	16	300	770	-50	660	660	150	9000	2700	1630	35,5	10,4	
	20	500	770	-50	660	660	150	9000	2900	1730	39,6	14,0	
GM 1050 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,8/5 m/min	24	560	810	-90	660	660	170	9000	3800	2230	45,7	19,7	
	26	500	870	-150	660	660	180	9000	4600	2650	50,7	24,4	
	28	700	870	-150	660	660	180	9000	4600	2650	53,2	26,8	
	30	700	870	-150	660	660	180	9000	4600	2650	57,2	30,7	
6300 kg Polipasto de cable GM 2063 H6 FEM 1Am Polipasto V = 0,8/5 m/min	32	650	920	-200	660	660	180	9000	5100	2965	66,3	39,5	
	34	660	920	-200	660	660	180	9000	5100	2965	71,7	44,9	
	10	200	770	-30	660	660	150	9000	2700	1605	36,9	7,4	
	14	300	770	-30	660	660	150	9000	2700	1630	40,5	9,7	
8000 kg Polipasto de cable GM 3080 H6 FEM 3m Polipasto V = 0,8/5 m/min	16	400	770	-30	660	660	150	9000	2900	1730	42,6	11,4	
	18	500	770	-30	660	660	150	9000	2900	1730	44,7	13,3	
	20	500	770	-30	660	660	150	9000	2900	1730	46,0	14,3	
	22	560	810	-70	660	660	170	9000	3200	1895	49,0	17,0	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	24	500	870	-130	660	660	180	9000	3800	2250	55,0	22,7	
	26	500	870	-130	660	660	180	9000	3800	2250	58,7	26,3	
	28	700	870	-130	660	660	180	9000	4600	2650	61,9	29,3	
	30	700	870	-130	660	660	180	9000	4600	2650	66,1	33,3	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	32	660	920	-180	660	660	180	9000	5100	2965	76,0	42,9	
	34	900	920	-180	660	660	180	9000	5100	2965	78,7	45,6	
	10	300	860	10	760	760	150	10000	2700	1605	45,7	9,0	
	14	400	860	10	760	760	150	10000	2700	1630	49,7	11,1	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	16	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	52,4	13,1	
	18	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	53,9	14,2	
	20	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	56,5	16,4	
	22	560	900	-30	760	760	170	10000	3200	1930	59,3	18,9	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	24	500	960	-90	760	760	180	10000	3800	2250	65,8	25,0	
	26	700	960	-90	760	760	180	10000	3800	2250	68,5	27,5	
	28	700	960	-90	760	760	180	10000	4600	2650	71,0	29,6	
	30	650	1010	-140	760	760	180	10000	4600	2715	79,2	37,7	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	32	900	1010	-140	760	760	180	10000	5100	2965	85,6	43,7	
	34	900	1010	-140	760	760	180	10000	5100	2965	87,9	45,9	

Carga, Polipasto ¹⁾	S ²⁾	A3	K1	C1	L1	L2	Z _{min}	H _{max} ²⁾	R	LK	Carga rueda tN	R _{max}	R _{min}
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm
20 000 kg Polipasto de cable GM 6200 L6 FEM 2m Polipasto V = 0,8/5 m/min	10	250	1330	-130	820	820	180	10000	2900	1830	109,0	19,7	
	14	360	1330	-130	820	820	180	10000	2900	1830	116,0	21,8	
	16	460	1330	-130	820	820	180	10000	2900	1865	119,0	23,8	
	18	650	1330	-130	820	820	180	10000	2900	1865	123,0	26,1	
25 000 kg Polipasto de cable GM 6250 L6 FEM 1Am Polipasto V = 0,66/4 m/min	20	650	1330	-130	820	820	180	10000	3200	2015	127,0	29,7	
	22	900	1330	-130	820	820	180	10000	3200	2015	131,0	32,6	
	24	900	1330	-130	820	820	180	10000	3800	2315	134,0	35,0	
	26	900	1330	-130	820	820	180	10000	3800	2315	139,0	39,0	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	28	860	1380	-180	820	820	190	10000	4100	2515	146,0	44,9	
	30	860	1380	-180	820	820	190	10000	4600	2805	152,0	51,0	
	32	1100	1380	-180	820	820	190	10000	5100	3055	159,0	56,8	
	34	1100	1380	-180	820	820	190	10000	5100	3055	162,0	59,7	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	10	350	1330	-130	820	820	180	10000	2900	1830	132,0	22,4	
	14	600	1380	-180	820	820	190	10000	3000	1930	142,0	26,3	
	16	600	1380	-180	820	820	190	10000	3200	2065	146,0	29,0	
	18	610	1380	-180	820	820	190	10000	3200	2065	151,0	31,9	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	20	850	1380	-180	820	820	190	10000	3200	2065	154,0	33,6	
	22	850	1380	-180	820	820	190	10000	3200	2065	158,0	37,2	
	24	860	1380	-180	820	820	190	10000	3800	2365	164,0	41,7	
	26	860	1380	-180	820	820	190	10000	3800	2365	167,0	44,0	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	28	860	1380	-180	820	820	190	10000	4600	2765	174,0	50,0	
	30	860	1380	-180	820	820	190	10000	4600	2805	181,0	56,9	
	32	1110	1380	-180	820	820	190	10000	5100	3055	190,0	64,4	
	34	930	1560	-360	820	820	270	10000	5100	3055	201,0	75,1	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	10	400	1460	40	1080	1080	190	8000	3400	2130	166,0	32,8	
	14	600	1460	40	1080	1080	190	8000	3600	2265	179,0	34,7	
	16	610	1460	40	1080	1080	190	8000	3600	2265	184,0	36,7	
	18	850	1460	40	1080	1080	190	8000	3600	2265	189,0	39,4	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	20	850	1460	40	1080	1080	190	8000	3600	2265	193,0	41,0	
	22	860	1460	40	1080	1080	190	8000	3600	2265	198,0	44,6	
	24	680	1640	-140	1080	1080	270	8000	3600	2305	207,0	51,7	
	26	920	1640	-140	1080	1080	270	8000	3800	2405	213,0	56,5	
32 000 kg Polipasto de cable GM 7320 H6 FEM 2m Polipasto V = 0,66/4 m/min	28	930	1640	-140	1080	1080	270	8000	4300	2655	220,0	62,4	
	30	930	1640	-140	1080	1080	270	8000	4600	2805	225,0	65,8	
	32	930	1640	-140	1080	1080	270	8000	5100	3055	234,0	73,9	
	34	1180	1640	-140	1080	1080	270	8000	5100	3055	246,0	85,5	

¹⁾ Distancia de seguridad de acuerdo a las regulaciones nacionales de cada país. Para efectuar mediciones de exactitud, rogamos póngase en contacto con ABUS

²⁾ Grúas de mayor luz, están disponibles otras especificaciones de polipasto

Mediante el documento normativo UNE 76-201-88 se procede a estudiar la viga carril del puente grúa.

3.2.2.1. Clasificación del puente grúa

Todo puente grúa se proyecta para cumplir unos requisitos prefijados, entre los que son de destacar, además de la carga nominal, su vida de servicio y la secuencia de variación aleatoria de las diferentes cargas, izadas durante tal

Tabla 1
Ejemplo de clasificación de los aparatos de elevación

Denominación	Condiciones de utilización	Condiciones de carga	Grupo
Puente grúa de central	A	1-2	1-2
Puente grúa de montaje y desmontaje para sala de máquinas	A	2-3	2-3
Puente grúa de almacén	B-C	2-3	3-4-5-6
Puente grúa de taller con gancho	B	2-3	3-4
Puente grúa con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Puente grúa para parque de chatarra o puente con electroimán*	B-C	4	5-6-7-8
Puente de colada*	B	4	5-6
Puente rompe-fundición*	B-C	4	5-6-7-8
Puente para deslingotar*	C-D	4	7-8
Puente para hornos de fosa*	B-C	4	5-6-7-8
Puente cargador de hornos*	C-D	4	5-6-7-8
Puente para forja*	C-D	4	5-6-7-8
Pórtico con gancho para servicio de parque de material	B-C	3	4-5-6
Pórtico con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Pórtico con gancho para descarga o carga sobre vehículo	B-C	3	4-5-6
Pórtico para almacén	B-C-D	4	5-6-7-8
Pórtico para desmontaje de material	A-B	2-3	2-3-4
Grúa para desmontaje y montaje de material	A-B	2-3	2-3-4
Grúa con gancho	B-C	3	4-5-6
Grúa con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Grúa de dique	B	3-4	4-5-6
Grúa de puerto con gancho	B-C	3	4-5-6
Grúa de puerto con cuchara	B-C	4	5-6-7-8
Grúa para servicio excepcional	A	1-2	1-2
Grúa flotante con gancho	A-B	3	3-4
Grúa flotante con cuchara	A-B	4	4-5-6
Grúa de astillero	A-B	3	3-4
Grúa de reparación sobre vía férrea	A	2-3	2-3
Grúa de a bordo	B	3-4	4-5-6
Grúa velocípeda automóvil	B-C	3	4-5-6
Grúa derrick	A-B	3	3
Monocarril (según utilización)			4-5-6-7-8
Pórtico y puente para contenedores	B-C	3	4-5-6

* Puente especial.

vida.

Por lo tanto, según se aprecia en la ilustración superior, el grupo considerado para el puente grúa de almacén, le corresponde un estado de carga 2-3 y una clase de utilización B, corresponde al valor 3-4.

3.2.2.2. Condiciones de utilización

Tabla 2
Condiciones de utilización

Condiciones de utilización	Número convencional de ciclos de maniobra, Nm	Observaciones
U ₀	1,6 × 10 ⁴	Utilización ocasional
U ₁	3,2 × 10 ⁴	
U ₂	6,3 × 10 ⁴	
U ₃	1,25 × 10 ⁵	
U ₄	2,5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio ligero
U ₅	5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio intermitente
U ₆	1 × 10 ⁶	Utilización regular en servicio intensivo
U ₇	2 × 10 ⁶	Utilización intensiva
U ₈	4 × 10 ⁶	
U ₉	Más de 4 × 10 ⁶	

Tabla 2

Por lo consiguiente, se vaticina una utilización regular en servicio intensivo.

3.2.2.3. Estado de carga

Tabla 4
Clasificación de los puentes grúa

Condiciones de carga	Condiciones de utilización									
	U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Q1 – Ligero	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Q2 – Moderado	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8
Q3 – Pesado	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8
Q4 – Muy Pesado	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8

Tabla 3
Condiciones de carga

Condiciones de carga	Parámetro del espectro, K _Q	Observaciones
Q1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga útil y corrientemente cargas muy pequeñas.
Q2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas pequeñas.
Q3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas medianas.
Q4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga útil

3.2.2.4. Grupo

Por lo tanto, el grupo considerado para el puente grúa de una empresa de fabricación de ventanas de PVC, con un estado de carga Q1 y una clase de utilización U6, corresponde al valor 5.

3.2.2.5. Coeficiente de mayoración mecánico

En función del grupo, se obtiene el valor del coeficiente dinámico vertical.

Tabla 5
Valor del coeficiente de efectos dinámicos vertical

Grupo	Viga carrilera		Soportes	
	máx	red	máx	red
1 y 2	1,1	1,1	1,0	1,0
3 y 4	1,15	1,1	1,0	1,0
5 y 6	1,25	1,1	1,1	1,0
7 y 8	1,35	1,1	1,2	1,0

Por consiguiente, se pueden estipular dichos valores para el caso específico que atañe este proyecto, es decir, que al grupo 5 obtenido para la grúa puente estimada, el coeficiente de mayoración dinámico de la viga carril es 1,25, mientras que para el soporte (pilar) el valor de dicho coeficiente corresponde a 1,1.

3.2.2.6. Fuerzas verticales

Las reacciones del puente en movimiento se obtienen a partir de las reacciones estáticas correspondientes multiplicándolas por un coeficiente de efectos dinámicos ya obtenido en la tabla 5 del apartado anterior.

Las reacciones estáticas se obtienen del catálogo del puente grúa que proporcional ABUS.

Carga,	S ²	A3	K1	C1	L1	L2	Z min	H max ²	R	LK	Carga rueda kN	
											R max	R min
Polipasto ¹⁾	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
5000 kg Polipasto de cable	10	200	770	-50	660	660	150	9000	2700	1605	30.6	6.9
	14	300	770	-50	660	660	150	9000	2700	1605	33.5	8.7
	16	300	770	-50	660	660	150	9000	2700	1630	35.5	10.4
	18	400	770	-50	660	660	150	9000	2700	1630	37.5	12.1
	20	500	770	-50	660	660	150	9000	2900	1730	39.6	14.0
GM 1050 H6 FEM 2m	22	460	810	-90	660	660	170	9000	3200	1895	42.1	17.9
	24	560	810	-90	660	660	170	9000	3800	2230	45.7	19.7
Polipasto V = 0.8/5 m/min	26	500	870	-150	660	660	180	9000	4600	2650	50.7	24.4
	28	700	870	-150	660	660	180	9000	4600	2650	53.2	26.8
	30	700	870	-150	660	660	180	9000	4600	2650	57.2	30.7
	32	650	920	-200	660	660	180	9000	5100	2965	66.3	39.5
	34	660	920	-200	660	660	180	9000	5100	2965	71.7	44.9

$$Vd = \varphi \cdot V$$

Siendo:

V_d : reacción vertical dinámica

φ : coeficiente de efectos dinámicos

V : reacción vertical estática

- sollicitación generada en la viga:

$$F_{VERTmax} = 1,25 \cdot 2 \cdot 39,6 = 99 \text{ kN}$$

$$F_{VERTmin} = 1,25 \cdot 2 \cdot 14 = 35 \text{ kN}$$

- Cargas surgidas en el pilar:

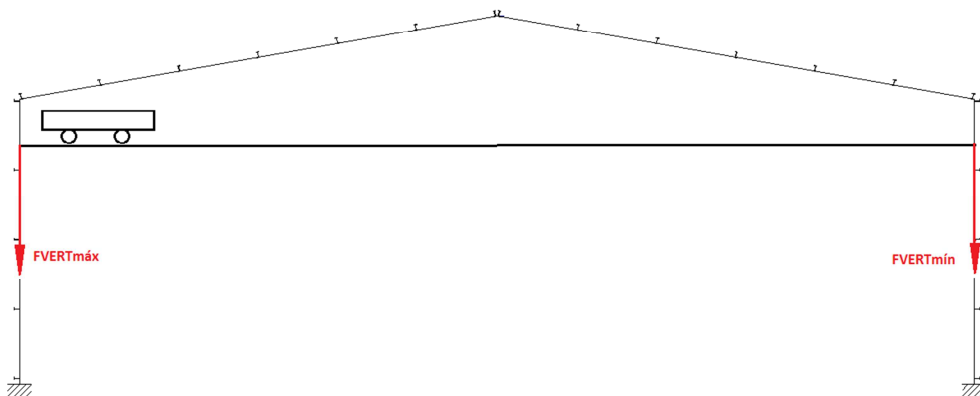
$$F_{VERTmax} = 1,1 \cdot 2 \cdot 39,6 = 87,12 \text{ kN}$$

$$F_{VERTmin} = 1,1 \cdot 2 \cdot 14 = 30,8 \text{ kN}$$

*Las fuerzas verticales están multiplicadas por 2, debido al número de ruedas considerado.

Las fuerzas verticales generadas por el puente grúa afectan a los pórticos de la estructura y en consideración con el posicionamiento de la grúa sobre la estructura, sólo se considerarán, para la ejecución de los esquemas de cálculo, las cargas verticales que ejerce el elemento estudiado sobre los pilares.

En consecuencia con la simetría de la figura, se puede determinar despreciable la realización de las dos hipótesis probables surgidas de la situación más desfavorable posible (del lado de la seguridad). Dichas hipótesis atienden a las disposiciones del carro uno de los extremos del puente en cada ocasión, de modo que con la ejecución de tan solo una de ellas, se puede obviar la realización de la adversa.



3.2.2.7. Fuerzas longitudinales

Las fueras longitudinales son generadas por el movimiento del puente, influyendo en los arriostramientos.

Para llevar a cabo este cálculo, se deben tomar las consideraciones pertinentes expuestas de forma detallada y concisa en la norma de grúas puente (UNE – 76 – 201– 88):

3.6.2.3 Acciones horizontales longitudinales

a) Acciones sobre los carriles de traslación del puente

La aceleración, o el frenado, del movimiento de traslación del puente conduce a la aparición de acciones longitudinales aplicadas a las cabezas de los carriles. Estas fuerzas horizontales, que las llantas de las ruedas motrices del puente ejercen sobre el carril, se calcularán en función de la aceleración, o deceleración, máximas que se produzcan en servicio normal.

Si los valores de las aceleraciones y deceleraciones no fueran dados por el constructor de la grúa o impuestos por el usuario, se podrá fijar, a título indicativo, en función de la velocidad del movimiento y de las tres condiciones de explotación siguientes:

Tabla 5
Valor del coeficiente de efectos dinámicos vertical

Grupo	Viga carrilera		Soportes	
	máx	red	máx	red
1 y 2	1,1	1,1	1,0	1,0
3 y 4	1,15	1,1	1,0	1,0
5 y 6	1,25	1,1	1,1	1,0
7 y 8	1,35	1,1	1,2	1,0

Tabla 6
Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones

Velocidad m/s	1 Velocidad lenta y media con gran recorrido		2 Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		3 Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s ²	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s ²	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s ²
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,50			6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,45
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

- 1) Aparatos de velocidad lenta y aparatos de velocidad media con grandes recorridos.
- 2) Aparatos de velocidad media y rápida de aplicación corriente.
- 3) Aparatos de velocidad rápida con fuertes aceleraciones.

La tabla 6 recoge los valores medios de las aceleraciones y deceleraciones, para las tres condiciones de explotación.

Cuando se desconozca la velocidad del movimiento del puente, se adoptará 0,4 m/s² como valor medio de la aceleración.

El valor medio de la resultante de las acciones longitudinales de aceleración de un puente estará limitado por la adherencia entre las ruedas motrices y los carriles.

En el catálogo de ABUS, proporcionan la velocidad de translación de la grúa:

Observaciones generales respecto al diseño					
Diseño básico	DIN 15018, H2/B3 funcionamiento en interior, sin pasarela en la grúa sin cabina del conductor tensión de funcionamiento 400 V / 50 Hz				
Velocidades de traslación de la grúa	EDL : 7.5/30 m/min ELV / ELK / ZLK : 10/40 m/min				
Velocidades de traslación del carro	ELV / ELK / EDL / ZLK : 5/20 m/min Estándar – están disponibles otras velocidades				
Flecha	<= 1/750 de la luz				
Frecuencias naturales	ELV / EDL : >= 2.5 Hz ELK / ZLK : véase abajo				
	S [m] <=	23.0	25.0	28.0	32.0
	FE [Hz] >=	2.5	2.4	2.3	2.2

$$\Sigma H_{tmax} = (Q + C + P) \left(\omega + \frac{2 j_p}{g} \right) \leq (Q + C + P) f k_p$$

debiendo tomarse como valor del coeficiente de adherencia:

$f = 0,12$ en caminos de rodadura húmedos;

$f = 0,2$ en caminos secos.

Atendiendo las distintas disposiciones del código mencionado, considerando caminos de rodadura secos en el caso que atañe, se especifica un coeficiente de adherencia (f) de 0,2.

- Donde cada sigla corresponde con:

Q: Carga

P: Puente

C: Carro

g: Gravedad

jp: Aceleración media

$$(Q + P + C) = (1,1 \cdot 2 \cdot 39,6 + 1,1 \cdot 2 \cdot 14) = 117,92 \text{ kN}$$

Para calcular la aceleración media hay que ir a la tabla 6 y entrar con la velocidad de traslación de la grúa que es:

$$\text{Velocidad máxima puente (lenta)} = 10 \text{ m/min} \Rightarrow 0.166 \text{ m/s}$$

Dado que dicho valor no figura en la tabla de valores, y en vista de la incapacidad de iterar para obtener el valor exacto, se toma el valor inmediatamente superior que aparece en la tabla, en este caso 0,25 m/s, adquiriendo así 0,078 m/s² de aceleración media.

- La cifra k_p viene definida por la siguiente expresión:

$$k_p = \frac{\text{Nº ruedas motrices}}{\text{Nº total de ruedas}} = \frac{2}{4} = 0,5$$

Finalmente, se introducen los parámetros calculados en la expresión de la fuerza longitudinal.

$$F_{\text{LONG}} = (Q + P + C) \cdot \frac{2 \cdot j_p}{g} \leq (Q + P + C) \cdot f \cdot k_p$$

$$1. (Q + P + C) \cdot 2 \cdot \frac{2 \cdot j_p}{g} = (1,1 \cdot 2 \cdot 39,6 + 1,1 \cdot 2 \cdot 14) \cdot \frac{2 \cdot 0,078}{9,81} = 1,88 \text{ kN}$$

$$2. (Q + P + C) \cdot 2 \cdot f \cdot k_p = (1,1 \cdot 2 \cdot 39,6 + 1,1 \cdot 2 \cdot 14) \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 11,792 \text{ kN}$$

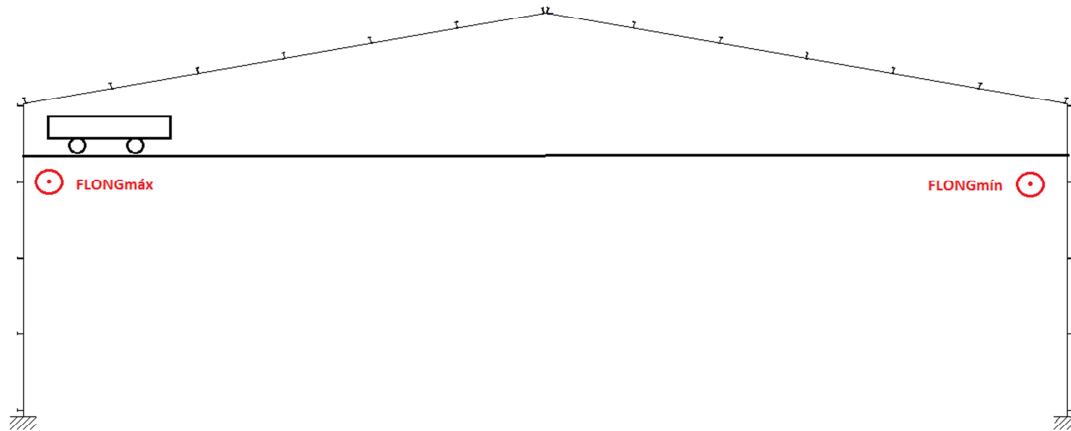
Como la ecuación $1 \leq 2$ es decir $1,88 \text{ kN} \leq 11,792 \text{ kN}$ **CUMPLE**

Por consiguiente, se posee la capacidad para elaborar la instrucción de las solicitaciones ejercidas por el puente grúa sobre el conjunto de la estructura. Las cargas en dirección longitudinal suscitadas por los posibles movimientos del puente en dicha dirección (única dirección permisible para el puente), y tomando, como es evidente, la situación más desfavorable posible, generada en las dos alternativas en las que el carro se encuentre situado en uno de los dos extremos del puente durante el movimiento longitudinal de éste.

Asimismo, se determina la redundancia que supone realizar dicho estudio para ambos posicionamientos del carro sobre el puente, dada la simetría del conjunto estructural, de modo que por razones de optimización se procede al estudio en una de ambas tesituras.

$$F_{\text{LONGmáx}} = F_{\text{VERTmáx}} \cdot 2 \cdot \frac{2 \cdot j_p}{g} = 87,12 \cdot \frac{2 \cdot 0,078}{9,81} = 1,385 \text{ kN}$$

$$F_{\text{LONGmín}} = F_{\text{VERTmín}} \cdot 2 \cdot f \cdot k_p = 30,8 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,49 \text{ kN}$$



3.2.2.8. Fuerzas transversales

Las fueras transversales son las originadas por el movimiento del carro y la carga transportada.

Se procederá al cálculo de las fuerzas transversales mediante la UNE76-201-88:

3.6.2.4 Acciones horizontales transversales sobre los carriles de traslación del puente

a) Acciones H_c debidas a la aceleración o deceleración del carro

La aceleración, o deceleración, del movimiento de traslación del carro conduce a la aparición de acciones horizontales transversales al camino de rodadura. Estas fuerzas transversales se calcularán en función de la aceleración, deceleración, máximas que se produzcan en un servicio normal.

El valor de la fuerza total de aceleración del carro estará limitado por la adherencia entre las ruedas motrices y los carriles de las vigas del puente.

El valor de la aceleración media positiva o negativa es un dato que debe proporcionar el constructor de la grúa, o fijar el usuario. En caso de no ser conocido, podrán utilizarse a título indicativo los valores que se dan en la tabla 6, para aplicaciones corrientes. Cuando se desconozca la velocidad del movimiento, se adoptará $0,2 \text{ m/s}^2$ como aceleración media.

- Para el cálculo de la viga carril y de sus vínculos a la estructura de soporte se tomará:

$$\Sigma H_{c\text{max}} = (Q + C) \left(\omega + \frac{2j_c}{g} \right) \leq (Q + C) f k_c$$

siendo los valores del coeficiente de adherencia los mismos del apartado 3.6.3, a) (figura 2), y considerando que la carga se encuentra en su posición más elevada.

$$F_{TRANS} = (Q + C) \cdot \frac{2 \cdot j_P}{g} \leq (Q + C) \cdot f \cdot k_P$$

Correspondiendo dichos parámetros con los siguientes valores:

Coeficiente de adherencia:

- $f = 0,12$ (en caminos de rodadura húmedos)

- $f = 0,20$ (en caminos de rodadura secos)

El coeficiente f , al igual que en apartado anterior es 0,2.

La aceleración media de transalcción del carro se calculará de la misma manera que en apartado anterior.

El catálogo ABUS, proporciona la velocidad de translación del carro:

$j_p = 20\text{m/min} \Rightarrow 0,33\text{m/s}$ (velocidad rápida)

Se coge la velocidad inmediatamente superior a 0,33 m/s de la tabla 6, que es 0,4, luego se obtiene una aceración de media de $0,098\text{m/s}^2$.

Q= Carga

C= Carro

Los valores de Q Y C se obtienen de la tabla:

$(Q + C) =$

Tabla A-2
Pesos, acciones de rueda y factor ω de resistencia por fricción

Fuerza de elevación kN	Luz entre carriles L m	Figura	Grupos 1 y 2						Grupos 3 y 4					Grupos 5 y 6, 7 y 8					Luz entre carriles L m	Fuerza de elevación kN	Factor ω
			Pesos			Cga.de rueda			Pesos			Cga.de rueda		Pesos			Cga.de rueda				
			Carro C kN	Puen-te P kN	Total (C+P) kN	V _{máx} kN	V _{mín} kN	Carro C kN	Puen-te P kN	Total (C+P) kN	V _{máx} kN	V _{mín} kN	Carro C kN	Puen-te P kN	Total (C+P) kN	V _{máx} kN	V _{mín} kN	Carro C kN			
50	10,0	a-1	20,0	11 2,0	13 2,0	6 0,2	3 0,8	22,0	11 4,0	13 6,0	6 1,6	3 1,4	30,0	11 6,0	14 6,0	6 5,8	3 2,2	a-1	50	0,005	
	13,0			13 0,0	15 0,0	6 5,3	3 4,7		13 2,0	15 4,0	6 7,3	3 4,7		13 4,0	16 4,0	7 1,0	3 6,0				
	16,0			15 7,0	17 7,0	7 2,3	4 1,2		15 9,0	18 1,0	7 4,0	4 1,5		16 0,0	19 1,0	7 8,0	4 2,5				
	19,0			18 4,0	20 9,0	7 9,5	4 7,5		18 6,0	20 8,0	8 1,0	4 8,0		18 8,0	21 8,0	8 5,3	4 8,7				
	22,0			22 8,0	24 8,0	9 0,7	5 8,3		22 8,0	25 0,0	9 1,7	5 8,3		23 0,0	26 0,0	9 6,0	5 9,0				
	25,0			25 7,0	27 7,0	9 8,2	6 5,3		25 8,0	28 0,0	9 9,3	6 5,7		26 0,0	29 0,0	10 3,7	6 6,3				
	28,0			29 0,0	31 0,0	10 6,5	7 3,5		29 0,0	31 2,0	10 7,5	7 3,5		29 2,0	32 2,0	11 1,9	7 4,1				
31,0	31 0,0	33 0,0	11 1,6	7 8,4	31 1,0	33 3,0	11 2,9	7 8,6	31 3,0	34 3,0	11 7,3	7 9,2									
100	10,0	a-1	38,0	13 2,0	17 0,0	9 5,8	3 9,2	40,0	13 2,0	17 5,0	9 7,5	4 0,0	45,0	14 5,0	19 0,0	10 2,2	4 2,8	a-1	100	0,0045	
	13,0			15 2,0	19 0,0	10 2,2	4 2,8		15 5,0	19 5,0	10 3,9	4 3,6		16 5,0	21 0,0	10 8,7	4 6,3				
	16,0			16 7,0	20 5,0	10 7,0	4 5,5		17 0,0	21 0,0	10 8,6	4 6,4		18 5,0	23 0,0	11 4,7	5 0,3				
	19,0			19 7,0	23 5,0	11 5,0	5 2,5		20 0,0	24 0,0	11 6,7	5 3,3		21 5,0	26 0,0	12 2,8	5 7,2				
	22,0			22 7,0	26 5,0	12 3,0	5 9,5		23 0,0	27 0,0	12 4,6	6 0,4		24 5,0	29 0,0	13 0,8	6 4,2				
	25,0			25 7,0	29 5,0	13 0,8	6 6,7		26 0,0	30 0,0	13 2,5	6 7,5		27 5,0	32 0,0	13 8,6	7 1,4				
	28,0			30 7,0	34 5,0	14 3,6	7 9,9		30 8,0	34 8,0	14 4,8	8 0,5		32 3,0	36 8,0	15 0,9	8 3,1				
31,0	35 7,0	39 5,0	15 6,2	9 1,2	36 0,0	40 0,0	15 8,0	9 2,0	37 5,0	42 0,0	16 4,1	9 5,9									
150	10,0	a-1	52,0	14 3,0	19 5,0	12 6,6	4 5,9	53,0	14 7,0	20 0,0	12 8,1	4 6,9	60,0	16 5,0	22 5,0	13 5,8	5 1,7	a-1	150	0,004	
	13,0			16 3,0	21 5,0	13 4,0	4 8,5		16 7,0	22 0,0	13 5,4	4 9,6		18 5,0	24 5,0	14 3,2	5 4,3				
	16,0			19 3,0	24 5,0	14 2,9	5 4,6		19 7,0	25 0,0	14 4,4	5 5,6		21 5,0	27 5,0	15 2,2	6 0,3				
	19,0			22 3,0	27 5,0	15 1,4	6 1,1		22 7,0	28 0,0	15 2,9	6 2,1		25 5,0	31 5,0	16 3,2	6 9,3				
	22,0			25 3,0	30 5,0	15 9,6	6 7,9		25 7,0	31 0,0	16 1,1	6 8,9		29 0,0	35 0,0	17 2,7	7 7,2				
	25,0			28 3,0	33 5,0	16 7,7	7 4,8		28 7,0	34 0,0	16 9,2	7 5,8		32 5,0	38 5,0	18 2,1	8 5,4				
	28,0			35 3,0	40 5,0	18 5,6	9 1,9		35 7,0	41 0,0	18 7,1	9 2,9		38 5,0	44 5,0	19 7,5	10 0,0				
31,0	38 8,0	44 0,0	19 3,1	10 1,9	39 7,0	45 0,0	19 7,5	10 2,5	42 5,0	48 5,0	20 7,9	10 9,6									

Continúa

Para una luz de 20m y una fuerza de elevación de 49,05kN se obtiene una C de 30kN.

Por lo tanto queda la expresión:

$$(Q+C)=50+30=80\text{kN}$$

Se comprueba la hipótesis anteriormente expuesta:

$$F_{TRANS} = (Q + C) \cdot \frac{2 \cdot j_P}{g} \leq (Q + C) \cdot f \cdot k_P$$

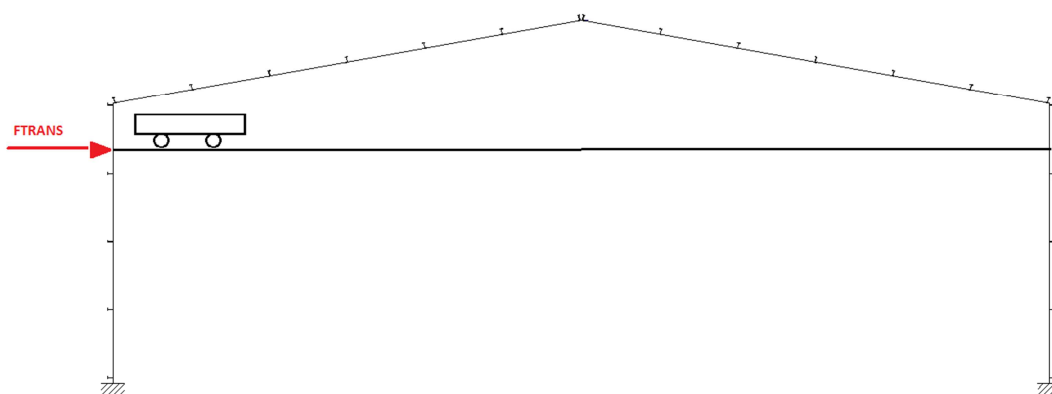
$$F_{TRANS} = (Q + C) \cdot \frac{2 \cdot j_P}{g} \leq (Q + C) \cdot f \cdot k_P$$

$$1. (+ C) \cdot 2 \cdot \frac{2 \cdot j p}{g} = (50 + 30) \cdot \frac{2 \cdot 0,098}{9,81} = 1,6 \text{ kN}$$

$$2. (+ C) \cdot 2 \cdot f \cdot k_p = (50+30) \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 8 \text{ kN}$$

1. < 2. => **CUMPLE**

Para concluir, se define el valor de la fuerza transversal considerada sobre el resto del conjunto estructural con el valor adquirido de 1,6 kN, puesto que dicha carga se ocasiona debido al movimiento del carro del puente grúa.



3.2.2.9. Situaciones posibles debidas al puente grúa

Con el objetivo de incluir las sollicitaciones producidas sobre el conjunto estructural determinado, se deben considerar las dos disposiciones probables del elemento estudiado para estimar con certeza las posibles consecuencias y cerciorar la correcta prevención de las cuestiones inadmisibles.

De este modo, cabe destacar que se establece el movimiento de un solo elemento del puente grúa en cada situación, dado que se concreta el estudio con el fundamento de que el puente y el carro nunca se encuentran en movimiento síncrono, es decir, que cuando se produce el movimiento del carro, el puente se encontrará estacionado y viceversa.

Por tanto se considera que la carga que sustenta el carretón desplazándose sobre el puente grúa, que a su vez discurre sobre la viga carril genera las fuerzas siguientes:

Fuerzas que se dan en la viga carril tanto en la izquierda como en la derecha de la misma:

- Verticales: producidas por el peso propio de la viga carril y de las fuerzas verticales.

- Transversales: producidas por el frenado del carretón.
- Longitudinales: producidas por el frenado del puente grúa.

Sobre los pilares del pórtico que van soldados a la ménsula que sirve de apoyo a la viga carril cargas:

- Verticales: producidas por el peso propio de la viga carril y de las fuerzas verticales.
- Transversales: producidas por el debido al frenado del carretón.

Sobre el entramado lateral actúan las fuerzas:

- Longitudinales: como consecuencia del frenado del puente grúa.

Se pueden dar dos situaciones diferentes:

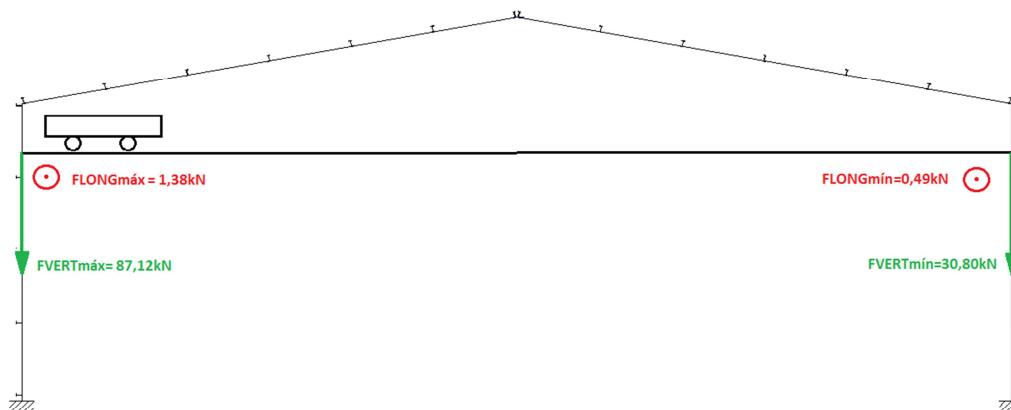
1º: Cuando el puente grúa está en movimiento y el carro está estático.

2º: Cuando el puente grúa está inmóvil y el carro se desplaza.

A continuación se hace un estudio más detallado de las situaciones:

SITUACIÓN 1

Se da cuando el puente grúa está en movimiento y el carro está estático. En

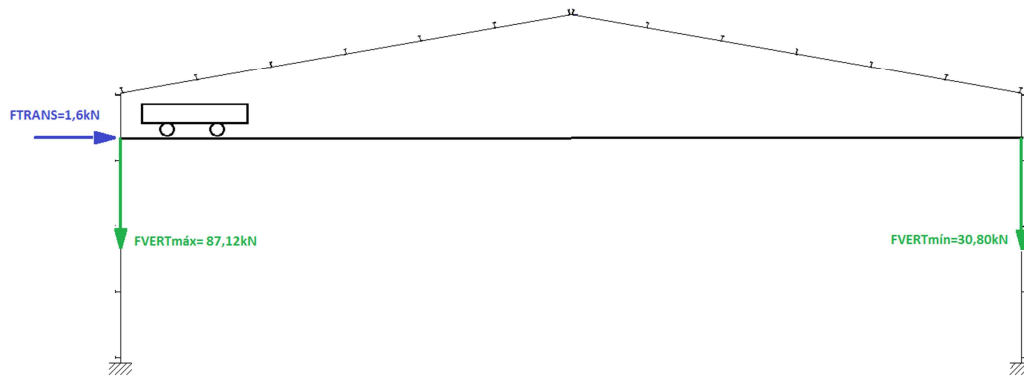


esta situación intervienen de forma importante tanto las fuerzas verticales como las longitudinales. Las transversales son inexistentes debido a que el carro está inmóvil.

SITUACIÓN 2

Se da cuando el puente grúa está inmóvil y el carro se desplaza.

En este caso habrá fuerza transversal y vertical.



3.2.2.10. Cálculo de la viga carril

Para realizar el cálculo de la viga carril se tendrá en cuenta las siguientes fuerzas:

- Fuerzas verticales producidas por cada rueda debido al peso del puente grúa con la carga máxima.
- Fuerza horizontal producida por el frenado y aceleración del carro.

La viga carril se comportará como una viga continua a lo largo de 8 vanos de 5m cada uno de ellos.

Los datos necesarios para realizar el cálculo de la viga carril son los siguientes:

- Capacidad del puente grúa: 5Tn
- Distancia entre ruedas: 2900 mm
- Reacciones por rueda: $R_{max} = 39.6\text{kN}$ $R_{min} = 14\text{kN}$
- Coeficiente de mayoración dinámico de la viga carril es 1,25.

Para realizar el cálculo de la viga carril hay que tener en cuenta el coeficiente dinámico de la viga y que la carga vertical es variable, por lo que habrá que mayorar por un coeficiente de 1,5 para estar más aún del lado de la seguridad.

- **Fuerza vertical** producida por cada rueda:

$$FVERT_{\text{máx}} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 87,12 \text{ kN} = 163,35 \text{ kN}$$

$$FVERT_{\text{mín}} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 30,8 \text{ kN} = 57,75 \text{ kN}$$

- **Fuerza transversal** producida por el frenado del carretón calculada anteriormente y mayorada por el coeficiente de mayoración de carga variable:

$$FTRANS = 1,6 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ kN}$$

MOMENTO FLECTOR

Para el análisis del mayor momento flector debido a las reacciones del puente grúa, para una viga simplemente apoyada en más de tres vanos, con dos cargas concentradas iguales y móviles, se toma como referencia la tabla de la página 46 del libro “El proyectista de estructuras metálicas”, de R.Nonnast.

Viga simplemente apoyada de más de tres vanos con dos cargas concentradas iguales y móviles (valores máximos)



46

$\frac{l_2}{l}$	Mf_B		Mf_C		Mf_D		Mf_E		Reacciones en los apoyos	
	l_1	Mf_B	l'_1	Mf_C	l_1	Mf_D	l'_1	Mf_E	A	B = C
0	0,578	0,206·P	0,616	0,172·P	0,437	0,409·P	0,495	0,345·P	2,000·P	2,013·P
0,05	0,552	0,206·P	0,590	0,172·P	0,417	0,396·P	0,489	0,321·P	1,937·P	2,011·P
0,10	0,525	0,204·P	0,563	0,171·P	0,407	0,364·P	0,484	0,299·P	1,874·P	2,004·P
0,15	0,497	0,201·P	0,534	0,168·P	0,398	0,343·P	0,479	0,279·P	1,811·P	1,994·P
0,20	0,469	0,197·P	0,504	0,164·P	0,389	0,323·P	0,474	0,261·P	1,749·P	1,979·P
0,25	0,439	0,192·P	0,472	0,159·P	0,380	0,304·P	0,470	0,243·P	1,687·P	1,961·P
0,30	0,408	0,186·P	0,438	0,153·P	0,372	0,287·P	0,466	0,226·P	1,627·P	1,937·P
0,35	0,375	0,179·P	0,402	0,147·P	0,366	0,271·P	0,462	0,212·P	1,568·P	1,911·P
0,40	0,342	0,170·P	0,365	0,139·P	0,361	0,256·P	0,458	0,200·P	1,510·P	1,881·P
0,45	0,307	0,161·P	0,323	0,130·P	0,357	0,242·P	0,455	0,190·P	1,454·P	1,847·P
0,50	0,275	0,160·P	0,278	0,123·P	0,351	0,229·P	0,453	0,180·P	1,399·P	1,810·P
0,55	0,200	0,167·P	0,233	0,120·P	0,345	0,218·P	0,450	0,172·P	1,347·P	1,771·P
0,60	0,675	0,172·P	0,698	0,164·P	0,348	0,208·P	0,408	0,165·P	1,297·P	1,728·P
0,65	0,651	0,176·P	0,674	0,168·P	0,350	0,199·P	0,409	0,159·P	1,249·P	1,683·P
0,70	0,627	0,180·P	0,648	0,170·P	0,354	0,191·P	0,410	0,155·P	1,204·P	1,633·P
0,75	0,603	0,181·P	0,623	0,172·P	0,357	0,185·P	0,411	0,151·P	1,162·P	1,583·P
0,80	0,579	0,182·P	0,598	0,171·P	0,361	0,180·P	0,413	0,148·P	1,123·P	1,529·P
0,85	0,556	0,181·P	0,574	0,170·P	0,368	0,177·P	0,414	0,146·P	1,087·P	1,474·P
0,90	0,532	0,180·P	0,549	0,167·P	0,374	0,174·P	0,416	0,145·P	1,054·P	1,417·P
0,95	0,517	0,178·P	0,524	0,164·P	0,386	0,173·P	0,418	0,145·P	1,025·P	1,358·P
1,00	0,487	0,174·P	0,499	0,159·P	0,392	0,173·P	0,420	0,145·P	1,000·P	1,297·P

Se observa en la tabla, que la peor situación para la viga carril es cuando la grúa puente está en el primer vano, el D .

$$l_2 = 2900 \text{ mm}$$

$$l = 5000 \text{ mm}$$

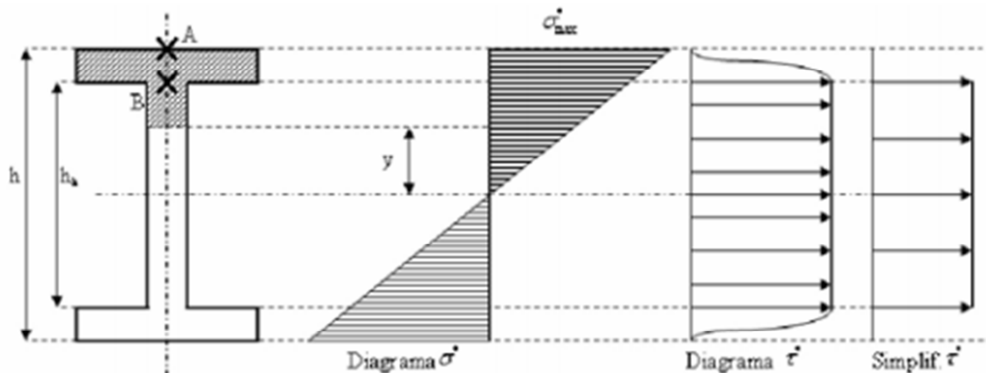
$$l_2/l = 0,58$$

Se deberá iterar en la tabla entre los valores 0,55 y 0,60.

Dan como resultado los siguientes valores:

$$I_1 = 0,3468 \cdot I = 0,3468 \cdot 5000 \text{m} = 1,734 \text{m}$$

$$M_{fD} = 0,2084 \cdot P \cdot L = 0,2084 \cdot 166,35 \text{kN} \cdot 5 \text{m} = 173,34 \text{kN} \cdot \text{m}$$



FLECHA MÁXIMA

Las flechas máximas admisibles son las siguientes:

- Flecha vertical en el centro de vano, debida a las reacciones máximas por rueda es $L/750$.

- Flecha horizontal que provocaría que la viga se saliese de su plano impidiendo la circulación del puente grúa es $L/1000$.

- Flecha máxima vertical:

En este caso se aplicará el principio de superposición, sumando las flechas provocadas por la reacción vertical del puente grúa en su posición más perjudicial y la provocada por el peso propio de la viga carril.

$$\text{Flecha vertical admisible} = L / 750 = 5000 \text{mm} / 750 = 6,67 \text{mm}$$

- Flecha máxima horizontal:

En este caso sólo se tendrá en cuenta la carga transversal de frenado del carretón:

$$\text{Flecha horizontal admisible} = L / 1000 = 5000 \text{ mm} / 1000 = 5 \text{mm}$$

ABOLLADURA DEL ALMA

Según el CTE, no es preciso comprobar la resistencia a la abolladura del alma para que aguante a cortante, en las barras que se cumple:

$$d/t = 70\varepsilon$$

Donde:

d, t: dimensiones del alma (altura y espesor)

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}} \text{ siendo } f_{ref} = 235 \text{ N/mm}^2$$

La resistencia de cálculo del alma frente a las cargas concentradas viene dada por la expresión:

$$V_{R,Rd} = \frac{d \cdot t \cdot \tau_b}{\gamma_{M1}}$$

Donde:

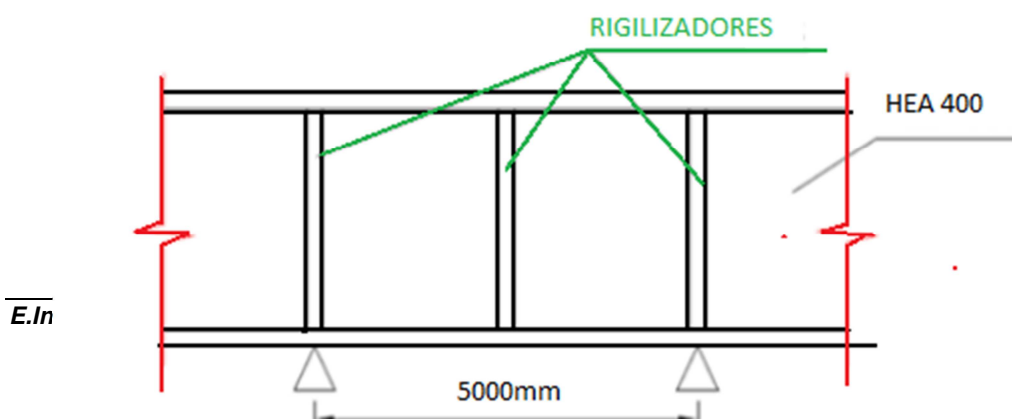
$$\gamma_{M1} = 1,05$$

τ_b depende del caso de λ_w en que nos encontremos

$$\lambda_w = \sqrt{\frac{d/t}{37,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_t}}}$$

PANDEO LATERAL

De acuerdo al CTE- SE- A, no será necesaria la comprobación a pandeo lateral cuando el ala comprimida se arriostra de forma continua o bien de forma puntual a distancia menores de 40 veces el radio de giro mínimo. Se colocarán rigidizadores en los apoyos y en el centro de vano para estar del lado de la seguridad y evitar de esta manera el pandeo lateral.



CÁLCULO MEDIANTE PROGRAMA CRANEWAY 8.XX

Para realizar el cálculo de la viga carril del puente grúa se ha utilizado el programa de cálculo CRANEWAY 8.XX.

Las funciones del programa son las siguientes:

- Análisis de tensiones para puentes grúa y soldaduras
- Análisis a fatiga para puentes grúa y soldaduras
- Análisis de deformaciones
- Cálculo de abolladura para la introducción de cargas en ruedas
- Análisis de estabilidad para pandeo lateral según la teoría de pandeo lateral de 2º orden (MEF de elemento 1D).

Dicho programa realiza el Cálculo de vigas carril para puentes grúa según las normas EN 1993-6, DIN 4132 y DIN 18800.

El perfil seleccionado para la viga carril ha sido:

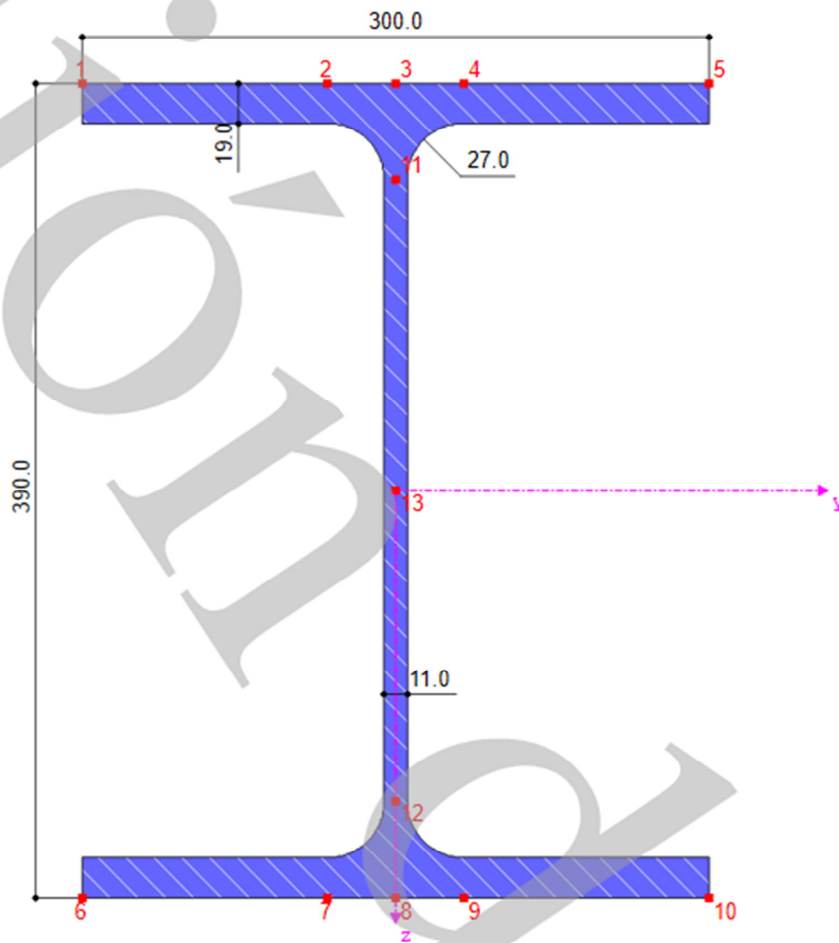
HEA 400, con carril SA-75 (gastadas).

Se colocarán rigilizadores a lo largo de la viga, cada 2,5m para evitar así la abolladura del alma.

1.3 SECCIONES

Secc. núm.	Mater. núm.	J [cm ⁴]		I _y [cm ⁴]		I _z [cm ⁴]		Ejes princip. α [°]	Giro α' [°]	Dimens. totales [mm]	
		A [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]	Ancho b	Altura h					
1	HEA 400 1	SZS	190.00	45070.00	8560.00	0.00	0.00	300.0	390.0		
			159.00	94.99	38.67						

HEA 400



[mm]

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN

HEA 400

Propiedades de la sección	Símbolo	Valor	Unidad
Canto	h	390.0	mm
Ancho	b	300.0	mm
Espesor de alma	t _w	11.0	mm
Espesor de ala	t _f	19.0	mm
Radio de empalme de raíz	r	27.0	mm
Área de la sección	A	159.00	cm ²
Área de cortante	A _y	94.99	cm ²
Área de cortante	A _z	38.67	cm ²
Área de cortante según EC 3	A _{v,y}	118.18	cm ²
Área de cortante según EC 3	A _{v,z}	57.35	cm ²
Área del alma	A _{alma}	38.70	cm ²
Área de cortante plástico	A _{pl,y}	114.00	cm ²
Área de cortante plástico	A _{pl,z}	40.81	cm ²
Momento de inercia	I _y	45070.00	cm ⁴
Momento de inercia	I _z	8560.00	cm ⁴
Radio de giro determinante	i _y	168.0	mm
Radio de giro determinante	i _z	73.4	mm
Radio de giro polar	i _p	183.3	mm
Radio de giro del ala con 1/5 del área del alma	i _{yg}	79.4	mm
Volumen	V	15900.00	cm ³ /m
Peso	p	124.8	kg/m
Superficie	A _{superf}	1.910	m ² /m
Factor de sección	A _m V	120.126	1/m
Módulo de torsión	I _t	190.00	cm ⁴
Constante de alabeo	I _ω	2.942E+06	cm ⁶
Módulo resistente elástico	W _y	2310.00	cm ³
Módulo resistente elástico	W _z	571.00	cm ³
Módulo resistente de alabeo	W _w	10573.20	cm ⁴
Momento estático	S _{y,max}	1280.00	cm ³
Momento estático	S _{z,max}	213.75	cm ³
Constante de alabeo normalizado	ω _{max}	278.25	cm ²
Momento estático de alabeo	S _{ω,max}	3965.06	cm ⁴
Módulo resistente plástico	W _{pl,y}	2560.00	cm ³
Módulo resistente plástico	W _{pl,z}	872.86	cm ³
Módulo resistente plástico de alabeo	W _{pl,ω}	15860.30	cm ⁴
Factor de forma plástica	α _{pl,y}	1.108	
Factor de forma plástica	α _{pl,z}	1.529	
Factor de forma plástica	α _{pl,ω}	1.500	
Curva de pandeo (DIN 18800-2:2008-11)	CP _{y,DIN}	a	
Curva de pandeo (DIN 18800-2:2008-11)	CP _{y,DIN}	b	

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN

HEA 400

Propiedades de la sección	Símbolo	Valor	Unidad
Curva de pandeo para acero con f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	CP _{y,DIN,S460}	a ₀	
Curva de pandeo para acero con f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	CP _{z,DIN,S460}	a	
Curva de pandeo según EN	CP _{y,EN}	a	
Curva de pandeo según EN	CP _{z,EN}	b	
Curva de pandeo según EN para acero S 460	CP _{y,EN,S460}	a ₀	
Curva de pandeo según EN para acero S 460	CP _{z,EN,S460}	a ₀	
Diámetro del agujero del ala	d _t	28.0	mm
Separación de agujeros del ala	w	135.0	mm
Separación de agujeros del ala	w ₁	120.0	mm
Esfuerzo axial plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	3469.000	kN
Esfuerzo cortante plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,z,d}	514.100	kN
Momento flector plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,y,d}	558.900	kNm
Esfuerzo cortante plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,y,d}	1436.000	kN
Momento flector plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,z,d}	190.400	kNm
Momento torsor plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,xp,d}	16.010	kNm
Momento torsor plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,xs,d}	266.400	kNm
Bimomento plástico según DIN 18800-1 para f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,ω,d}	34.600	kNm ²
Esfuerzo cortante plástico según EC 3 para f _{y,d} = 21,36 kN/cm ²	V _{pl,z,d} (EC 3)	707.100	kN
Razón c/t del ala	c/t _{ala}	6.180	
Razón c/t del alma	c/t _{alma}	27.100	

■ PUNTOS DE TENSION

HEA 400

Pto. tens. núm.	Coordenadas		Momentos estáticos		Espesor t [mm]	Alabeo	
	y	z	S _y [cm ²]	S _z [cm ²]		ω [cm ²]	A _ω [cm ⁴]
0	-150.0	-195.0	0.00	0.00	19.0	278.25	0.00
1	-32.5	-195.0	-414.13	-203.36	19.0	60.29	-3778.92
2	0.0	-195.0	-535.86	-214.77	19.0	0.00	-3965.06
3	32.5	-195.0	-414.13	203.36	19.0	-60.29	3778.92
4	150.0	-195.0	0.00	0.00	19.0	-278.25	0.00
5	-150.0	195.0	0.00	0.00	19.0	-278.25	0.00
6	-32.5	195.0	-414.13	203.36	19.0	-60.29	-3778.92
7	0.0	195.0	-535.86	214.77	19.0	0.00	-3965.06
8	32.5	195.0	-414.13	-203.36	19.0	60.29	3778.92
9	150.0	195.0	0.00	0.00	19.0	278.25	0.00
10	0.0	-149.0	-1157.63	0.00	11.0	0.00	0.00
11	0.0	149.0	-1157.63	0.00	11.0	0.00	0.00
12	0.0	0.0	-1279.88	0.00	11.0	0.00	0.00

■ PARTES C/T

HEA 400 | SZS

Piez. c/t núm.	Fijo	c [mm] t [mm]	c/t [-]	Coordenadas		Mom. estát. med. [cm ²]	
				Y _{Inicio} , Z _{Inicio}	Y _{Fin} , Z _{Fin}	S _y	S _z
1	Un lado	117.5 19.0	6.18	-32.50 -195.00	-150.00 -195.00	207.06	123.72
2	Un lado	117.5 19.0	6.18	32.50 -195.00	150.00 -195.00	207.06	123.72
3	Un lado	117.5 19.0	6.18	-32.50 195.00	-150.00 195.00	207.06	123.72
4	Un lado	117.5 19.0	6.18	32.50 195.00	150.00 195.00	207.06	123.72
5	Ambos lados	298.0 11.0	27.09	0.00 -149.00	0.00 149.00	1239.30	0.00

■ DETALLES

Norma usada : EN 1993-6:2007/AC:2009-07 - Unión Europea

Longitud total de la viga	40.000	m
Peso total de la viga	7240.8	kg
El peso de la sección por metro	181.0	kg/m
Peso total de la viga tras una reducción del 25% en la sección del carril debido a desgaste	7068.1	kg
El peso de la sección por metro	176.7	kg/m

■ DATOS PARA EL ANEJO NACIONAL

EN 1993-6:2007/AC:2009-07 - Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 6: Vigas carril.

Coeficientes parciales de seguridad	
- Resistencia de la sección	γ _{M0} : 1.00
- Resistencia de barras al fallo de estabilidad	γ _{M1} : 1.00
- Resistencia a soldadura	γ _{Mw} : 1.25
- Rigidez a fatiga	γ _{Mf} : 1.15
- Acciones permanentes	γ _G : 1.35
- Acciones variables, Grúa	γ _Q : 1.35
- Acciones variables, Otras	γ _{Qo} : 1.50
- Acciones a fatiga	γ _{Ft} : 1.00
- Factor de combinación	ψ : 1.00
Coeficiente para resistencia a cortante	η : 1.20

NORMAS USADAS

[1]	EN 1993-6:2007/AC:2009-07	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 6: Vigas carril.
[2]	EN 1993-1-1:2005/AC:2009-04	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
[3]	EN 1993-1-5:2006/AC:2009-04	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano.
[4]	EN 1993-1-8:2005/AC:2009-07	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-8: Uniones.
[5]	EN 1993-1-9:2005/AC:2009-04	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-9: Fatiga.
[6]	EN 1991-3:2006/AC:2012-12	Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 3: Acciones inducidas por grúas y maquinaria.
[7]	EN 1990:2002/A1:2005/AC:2010-04	Eurocódigo: Bases de cálculo de estructuras.

GEOMETRÍA - APOYO

Apoyo núm.	Posición x [m]	Tipo de apoyo	Desplazamiento			Giro			Alabeo	Articulació	Apoyo [mm]	
			en X	en Y	en Z	sobre X	sobre Y	sobre Z			Rigidizador	Longitud a
1	0.000	Articulado fijo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
2	5.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
3	10.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
4	15.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
5	20.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
6	25.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
7	30.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
8	35.000	Articulado móvil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	
9	40.000	Articulado fijo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido	

GEOMETRÍA - RIGIDIZADORES

Vano núm.	Longitud L [m]	Núm. de paneles int.	Tipo de posición	
1	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
2	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
3	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
4	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
5	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
6	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
7	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}
8	5.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 2.500; 5.000}

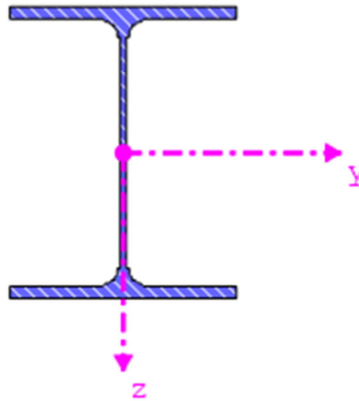
MATERIAL

Descripción del material	: Acero S 235	EN 10025-2:2004-11
--------------------------	---------------	--------------------

SECCIONES

Viga	: Sección laminada HEA 400 SZS
Perfil del carril	: Carril SA 75 (gastado)
Descripción de la sección	: HEA 400 SZS + SA 75 (gastado)
25% de reducción de la sección del carril por desgaste	: <input checked="" type="checkbox"/>
Considerar la sección del carril para las propiedades de la sección	: <input type="checkbox"/>
Cálculo adicional	
Realizar el cálculo a fatiga	: <input checked="" type="checkbox"/>
Realizar el cálculo de la costura de soldadura	: <input checked="" type="checkbox"/>
Espesor del carril/ala de soldaduras	a: 8.0 mm
Costura de soldadura intermitente entre carril y ala	: <input type="checkbox"/>

HEA 400



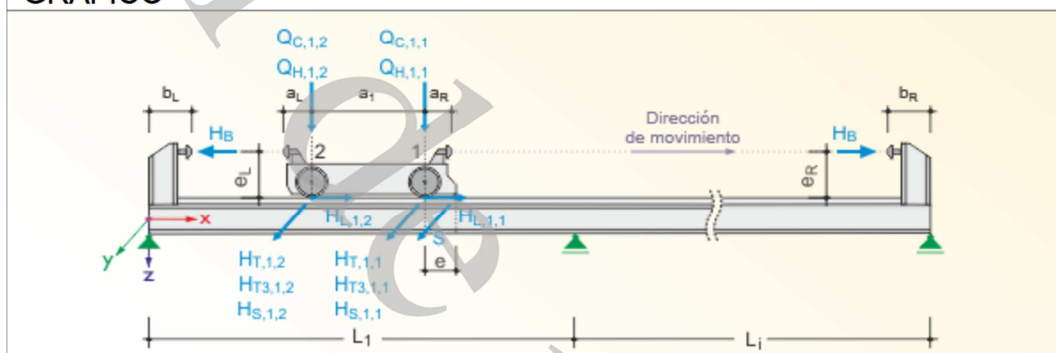
■ DATOS GENERALES DE ACCIONES

Número de grúas	:	1
Cargas permanentes adicionales	g	0.00 kN/m
Cargas variables adicionales	w	0.00 kN/m
Cargas de grúa sólo en la viga con W_{max}		
Incremento		
Incremento de posiciones de carga	:	1.000 m
Número de posiciones de grúa generadas	:	46
Número de combinaciones de carga generadas	:	231

■ PARÁMETROS DE GRÚA

Descripción de la grúa : puente grúa 5 tn		
Coeficiente dinámico para		
- Peso de grúa	ϕ_1	: 1.100
- Elevación de carga	ϕ_2	: 1.100
- Peso de arranque repentino	ϕ_3	: 1.000
- Desplazamiento de grúa	ϕ_4	: 1.000
- Fuerza motriz	ϕ_5	: 1.000
- Fuerza de tope	ϕ_7	: 1.250
Clase S:		: S3
Tope de grúa izquierdo	a_L	: 0.250 m
Tope de grúa derecho	a_R	: 0.250 m
Número de ejes de grúa		: 2
Distancias de ejes	a_1	: 2.900 m
Fuerza de tope	H_B	: 0.00 kN

■ GRÁFICO



■ CARGAS DE GRÚA

Eje núm.	Cargas verticales por rueda		Cargas horizontales por rueda			Cargas long. H _L [kN]	Distancia e [m]	Fuerza oblicua S [kN]
	Q _C [kN]	Q _H [kN]	H _T [kN]	H _S [kN]	H _{T3} [kN]			
1	58.00	163.40	2.40	0.00	0.00	0.00	0.250	0.00
2	58.00	163.40	-2.40	0.00	0.00	0.00		

DESCRIPCIÓN DE CASOS DE CARGA

Núm.	CC núm.	Descripción
1	CC1	Peso propio + Carga permanente adicional
2	CC2	Cargas variables adicionales
3	CC3,11...	Q_c
4	CC4,12...	$Q_c \varphi_1$
5	CC5,13...	$Q_c \varphi_4$
6	CC6,14...	$Q_H \max(\varphi_2, \varphi_3)$
7	CC7,15...	$Q_H \varphi_4$
8	CC8,16...	$H_T \varphi_5 + H_L \varphi_5$
9	CC9,17...	$(H_s + S)$
10	CC10,18...	H_{T3}

DESCRIPCIÓN DE CASOS DE CARGA - FATIGA

Núm.	CC núm.	Descripción
1	CC1	Peso propio + Carga permanente adicional
2	CC2,4...	$Q_c (1 + \varphi_1)/2$
3	CC3,5...	$Q_H (1 + \varphi_2)/2$

COEFICIENTE DE CASOS DE CARGA

Resistencia			
Coeficientes parciales de seguridad			
Acciones permanentes	γ_G		1.350
Acciones variables - Grúa	γ_Q		1.350
Acciones variables - Otras	γ_{Qo}		1.500
Factor de combinación	ψ		1.000
Grúa núm. 1			
Coeficiente dinámico para			
Peso de grúa	φ_1		1.100
Elevación de carga	φ_2		1.100
Peso de arranque repentino	φ_3		1.000
Desplazamiento de grúa	φ_4		1.000
Fuerza motriz	φ_5		1.000
Fatiga			
Coeficientes parciales de seguridad			
Acciones permanentes	γ_G		1.000
Acciones variables - Grúa	γ_Q		1.000
Acciones variables - Otras	γ_{Qo}		1.000
Factor de combinación	ψ		1.000
Grúa núm. 1			
Coeficiente dinámico para			
Peso de grúa	φ_1		1.100
Elevación de carga	φ_2		1.100
Peso de arranque repentino	φ_3		1.000
Desplazamiento de grúa	φ_4		1.000
Fuerza motriz	φ_5		1.000
Deformación			
Coeficientes parciales de seguridad			
Acciones permanentes	γ_G		1.000
Acciones variables - Grúa	γ_Q		1.000
Acciones variables - Otras	γ_{Qo}		1.000
Factor de combinación	ψ		1.000
Grúa núm. 1			
Coeficiente dinámico para			
Peso de grúa	φ_1		1.000
Elevación de carga	φ_2		1.000
Peso de arranque repentino	φ_3		1.000
Desplazamiento de grúa	φ_4		1.000
Fuerza motriz	φ_5		1.000
Esfuerzos en apoyos			
Coeficientes parciales de seguridad			
Acciones permanentes	γ_G		1.000
Acciones variables - Grúa	γ_Q		1.000
Acciones variables - Otras	γ_{Qo}		1.000
Factor de combinación	ψ		1.000
Grúa núm. 1			
Coeficiente dinámico para			
Peso de grúa	φ_1		1.100
Elevación de carga	φ_2		1.100
Peso de arranque repentino	φ_3		1.000
Desplazamiento de grúa	φ_4		1.000
Fuerza motriz	φ_5		1.000

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m]			Descripción de la carga
			Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	
1	CO1					1/2 CC1
2	CO2	Max	0.000			1/2 (CC1 + CC4) + 1/2 (CC6 + CC8) + 1/2 CC2
3	CO3	Max	0.000			1/2 (CC1 + CC3) + 1/2 CC8 + 1/2 CC2
4	CO4	Max	0.000			1/2 (CC1 + CC5) + 1/2 (CC7 + CC8) + 1/2 CC2
5	CO5	Max	0.000			1/2 (CC1 + CC5) + 1/2 (CC7 + CC9) + 1/2 CC2
6	CO6	Max	0.000			1/2 (CC1 + CC5) + 1/2 (CC7 + CC10)
7	CO7	Max	1.000			1/2 (CC1 + CC12) + 1/2 (CC14 + CC16) + 1/2 CC2
8	CO8	Max	1.000			1/2 (CC1 + CC11) + 1/2 CC15 + 1/2 CC2
9	CO9	Max	1.000			1/2 (CC1 + CC13) + 1/2 (CC15 + CC16) + 1/2 CC2
10	CO10	Max	1.000			1/2 (CC1 + CC13) + 1/2 (CC15 + CC17) + 1/2 CC2
11	CO11	Max	1.000			1/2 (CC1 + CC13) + 1/2 (CC15 + CC18)
12	CO12	Max	2.000			1/2 (CC1 + CC20) + 1/2 (CC22 + CC24) + 1/2 CC2
13	CO13	Max	2.000			1/2 (CC1 + CC19) + 1/2 CC24 + 1/2 CC2
14	CO14	Max	2.000			1/2 (CC1 + CC21) + 1/2 (CC23 + CC24) + 1/2 CC2
15	CO15	Max	2.000			1/2 (CC1 + CC21) + 1/2 (CC23 + CC25) + 1/2 CC2
16	CO16	Max	2.000			1/2 (CC1 + CC21) + 1/2 (CC23 + CC26)
17	CO17	Max	2.900			1/2 (CC1 + CC28) + 1/2 (CC30 + CC32) + 1/2 CC2
18	CO18	Max	2.900			1/2 (CC1 + CC27) + 1/2 CC32 + 1/2 CC2
19	CO19	Max	2.900			1/2 (CC1 + CC29) + 1/2 (CC31 + CC32) + 1/2 CC2
20	CO20	Max	2.900			1/2 (CC1 + CC29) + 1/2 (CC31 + CC33) + 1/2 CC2
21	CO21	Max	2.900			1/2 (CC1 + CC29) + 1/2 (CC31 + CC34)
22	CO22	Max	3.900			1/2 (CC1 + CC36) + 1/2 (CC38 + CC40) + 1/2 CC2
23	CO23	Max	3.900			1/2 (CC1 + CC35) + 1/2 CC40 + 1/2 CC2
24	CO24	Max	3.900			1/2 (CC1 + CC37) + 1/2 (CC39 + CC40) + 1/2 CC2
25	CO25	Max	3.900			1/2 (CC1 + CC37) + 1/2 (CC39 + CC41) + 1/2 CC2
26	CO26	Max	3.900			1/2 (CC1 + CC37) + 1/2 (CC39 + CC42)
27	CO27	Max	4.900			1/2 (CC1 + CC44) + 1/2 (CC46 + CC48) + 1/2 CC2
28	CO28	Max	4.900			1/2 (CC1 + CC43) + 1/2 CC48 + 1/2 CC2

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m]			Descripción de la carga
			Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	
29	CO29	Max	4.900			1/2 (CC1 + CC45) + 1/2 (CC47 + CC48) + 1/2 CC2
30	CO30	Max	4.900			1/2 (CC1 + CC45) + 1/2 (CC47 + CC49) + 1/2 CC2
31	CO31	Max	4.900			1/2 (CC1 + CC45) + 1/2 (CC47 + CC50)
32	CO32	Max	5.900			1/2 (CC1 + CC52) + 1/2 (CC54 + CC56) + 1/2 CC2
33	CO33	Max	5.900			1/2 (CC1 + CC51) + 1/2 CC56 + 1/2 CC2
34	CO34	Max	5.900			1/2 (CC1 + CC53) + 1/2 (CC55 + CC56) + 1/2 CC2
35	CO35	Max	5.900			1/2 (CC1 + CC53) + 1/2 (CC55 + CC57) + 1/2 CC2
36	CO36	Max	5.900			1/2 (CC1 + CC53) + 1/2 (CC55 + CC58)
37	CO37	Max	6.900			1/2 (CC1 + CC60) + 1/2 (CC62 + CC64) + 1/2 CC2
38	CO38	Max	6.900			1/2 (CC1 + CC59) + 1/2 CC64 + 1/2 CC2
39	CO39	Max	6.900			1/2 (CC1 + CC61) + 1/2 (CC63 + CC64) + 1/2 CC2
40	CO40	Max	6.900			1/2 (CC1 + CC61) + 1/2 (CC63 + CC65) + 1/2 CC2
41	CO41	Max	6.900			1/2 (CC1 + CC61) + 1/2 (CC63 + CC66)
42	CO42	Max	7.900			1/2 (CC1 + CC68) + 1/2 (CC70 + CC72) + 1/2 CC2
43	CO43	Max	7.900			1/2 (CC1 + CC67) + 1/2 CC72 + 1/2 CC2
44	CO44	Max	7.900			1/2 (CC1 + CC69) + 1/2 (CC71 + CC72) + 1/2 CC2
45	CO45	Max	7.900			1/2 (CC1 + CC69) + 1/2 (CC71 + CC73) + 1/2 CC2
46	CO46	Max	7.900			1/2 (CC1 + CC69) + 1/2 (CC71 + CC74)
47	CO47	Max	8.900			1/2 (CC1 + CC76) + 1/2 (CC78 + CC80) + 1/2 CC2
48	CO48	Max	8.900			1/2 (CC1 + CC75) + 1/2 CC80 + 1/2 CC2
49	CO49	Max	8.900			1/2 (CC1 + CC77) + 1/2 (CC79 + CC80) + 1/2 CC2
50	CO50	Max	8.900			1/2 (CC1 + CC77) + 1/2 (CC79 + CC81) + 1/2 CC2
51	CO51	Max	8.900			1/2 (CC1 + CC77) + 1/2 (CC79 + CC82)
52	CO52	Max	9.900			1/2 (CC1 + CC84) + 1/2 (CC86 + CC88) + 1/2 CC2
53	CO53	Max	9.900			1/2 (CC1 + CC83) + 1/2 CC88 + 1/2 CC2
54	CO54	Max	9.900			1/2 (CC1 + CC85) + 1/2 (CC87 + CC88) + 1/2 CC2
55	CO55	Max	9.900			1/2 (CC1 + CC85) + 1/2 (CC87 + CC89) + 1/2 CC2
56	CO56	Max	9.900			1/2 (CC1 + CC85) + 1/2 (CC87 + CC90)
57	CO57	Max	10.900			1/2 (CC1 + CC92) + 1/2 (CC94 + CC96) + 1/2 CC2
58	CO58	Max	10.900			1/2 (CC1 + CC91) + 1/2 CC96 + 1/2 CC2
59	CO59	Max	10.900			1/2 (CC1 + CC93) + 1/2 (CC95 + CC96) + 1/2 CC2
60	CO60	Max	10.900			1/2 (CC1 + CC93) + 1/2 (CC95 + CC97) + 1/2 CC2
61	CO61	Max	10.900			1/2 (CC1 + CC93) + 1/2 (CC95 + CC98)
62	CO62	Max	11.900			1/2 (CC1 + CC100) + 1/2 (CC102 + CC104) + 1/2 CC2
63	CO63	Max	11.900			1/2 (CC1 + CC99) + 1/2 CC104 + 1/2 CC2
64	CO64	Max	11.900			1/2 (CC1 + CC101) + 1/2 (CC103 + CC104) + 1/2 CC2
65	CO65	Max	11.900			1/2 (CC1 + CC101) + 1/2 (CC103 + CC105) + 1/2 CC2
66	CO66	Max	11.900			1/2 (CC1 + CC101) + 1/2 (CC103 + CC106)
67	CO67	Max	12.900			1/2 (CC1 + CC108) + 1/2 (CC110 + CC112) + 1/2 CC2
68	CO68	Max	12.900			1/2 (CC1 + CC107) + 1/2 CC112 + 1/2 CC2
69	CO69	Max	12.900			1/2 (CC1 + CC109) + 1/2 (CC111 + CC112) + 1/2 CC2
70	CO70	Max	12.900			1/2 (CC1 + CC109) + 1/2 (CC111 + CC113) + 1/2 CC2
71	CO71	Max	12.900			1/2 (CC1 + CC109) + 1/2 (CC111 + CC114)
72	CO72	Max	13.900			1/2 (CC1 + CC116) + 1/2 (CC118 + CC120) + 1/2 CC2
73	CO73	Max	13.900			1/2 (CC1 + CC115) + 1/2 CC120 + 1/2 CC2
74	CO74	Max	13.900			1/2 (CC1 + CC117) + 1/2 (CC119 + CC120) + 1/2 CC2
75	CO75	Max	13.900			1/2 (CC1 + CC117) + 1/2 (CC119 + CC121) + 1/2 CC2
76	CO76	Max	13.900			1/2 (CC1 + CC117) + 1/2 (CC119 + CC122)
77	CO77	Max	14.900			1/2 (CC1 + CC124) + 1/2 (CC126 + CC128) + 1/2 CC2
78	CO78	Max	14.900			1/2 (CC1 + CC123) + 1/2 CC128 + 1/2 CC2

79	CO79	Max	14.900		$\gamma_G (CC1 + CC125) + \gamma_Q (CC127 + CC128) + \gamma_{acc} CC2$
80	CO80	Max	14.900		$\gamma_G (CC1 + CC125) + \gamma_Q (CC127 + CC129) + \gamma_{acc} CC2$
81	CO81	Max	14.900		$\gamma_G (CC1 + CC125) + \gamma_Q (CC127 + CC130)$
82	CO82	Max	15.900		$\gamma_G (CC1 + CC132) + \gamma_Q (CC134 + CC136) + \gamma_{acc} CC2$
83	CO83	Max	15.900		$\gamma_G (CC1 + CC131) + \gamma_Q (CC136 + \gamma_{acc} CC2)$
84	CO84	Max	15.900		$\gamma_G (CC1 + CC133) + \gamma_Q (CC135 + CC136) + \gamma_{acc} CC2$
85	CO85	Max	15.900		$\gamma_G (CC1 + CC133) + \gamma_Q (CC135 + CC137) + \gamma_{acc} CC2$
86	CO86	Max	15.900		$\gamma_G (CC1 + CC133) + \gamma_Q (CC135 + CC138)$
87	CO87	Max	16.900		$\gamma_G (CC1 + CC140) + \gamma_Q (CC142 + CC144) + \gamma_{acc} CC2$
88	CO88	Max	16.900		$\gamma_G (CC1 + CC139) + \gamma_Q (CC144 + \gamma_{acc} CC2)$
89	CO89	Max	16.900		$\gamma_G (CC1 + CC141) + \gamma_Q (CC143 + CC144) + \gamma_{acc} CC2$
90	CO90	Max	16.900		$\gamma_G (CC1 + CC141) + \gamma_Q (CC143 + CC145) + \gamma_{acc} CC2$
91	CO91	Max	16.900		$\gamma_G (CC1 + CC141) + \gamma_Q (CC143 + CC146)$
92	CO92	Max	17.900		$\gamma_G (CC1 + CC148) + \gamma_Q (CC150 + CC152) + \gamma_{acc} CC2$
93	CO93	Max	17.900		$\gamma_G (CC1 + CC147) + \gamma_Q (CC152 + \gamma_{acc} CC2)$
94	CO94	Max	17.900		$\gamma_G (CC1 + CC149) + \gamma_Q (CC151 + CC152) + \gamma_{acc} CC2$
95	CO95	Max	17.900		$\gamma_G (CC1 + CC149) + \gamma_Q (CC151 + CC153) + \gamma_{acc} CC2$
96	CO96	Max	17.900		$\gamma_G (CC1 + CC149) + \gamma_Q (CC151 + CC154)$
97	CO97	Max	18.900		$\gamma_G (CC1 + CC156) + \gamma_Q (CC159 + CC160) + \gamma_{acc} CC2$
98	CO98	Max	18.900		$\gamma_G (CC1 + CC155) + \gamma_Q (CC160 + \gamma_{acc} CC2)$
99	CO99	Max	18.900		$\gamma_G (CC1 + CC157) + \gamma_Q (CC159 + CC160) + \gamma_{acc} CC2$
100	CO100	Max	18.900		$\gamma_G (CC1 + CC157) + \gamma_Q (CC159 + CC161) + \gamma_{acc} CC2$
101	CO101	Max	18.900		$\gamma_G (CC1 + CC157) + \gamma_Q (CC159 + CC162)$
102	CO102	Max	19.900		$\gamma_G (CC1 + CC164) + \gamma_Q (CC166 + CC168) + \gamma_{acc} CC2$
103	CO103	Max	19.900		$\gamma_G (CC1 + CC163) + \gamma_Q (CC168 + \gamma_{acc} CC2)$
104	CO104	Max	19.900		$\gamma_G (CC1 + CC165) + \gamma_Q (CC167 + CC168) + \gamma_{acc} CC2$
105	CO105	Max	19.900		$\gamma_G (CC1 + CC165) + \gamma_Q (CC167 + CC169) + \gamma_{acc} CC2$
106	CO106	Max	19.900		$\gamma_G (CC1 + CC165) + \gamma_Q (CC167 + CC170)$
107	CO107	Max	20.900		$\gamma_G (CC1 + CC172) + \gamma_Q (CC174 + CC176) + \gamma_{acc} CC2$
108	CO108	Max	20.900		$\gamma_G (CC1 + CC171) + \gamma_Q (CC176 + \gamma_{acc} CC2)$
109	CO109	Max	20.900		$\gamma_G (CC1 + CC173) + \gamma_Q (CC175 + CC176) + \gamma_{acc} CC2$
110	CO110	Max	20.900		$\gamma_G (CC1 + CC173) + \gamma_Q (CC175 + CC177) + \gamma_{acc} CC2$
111	CO111	Max	20.900		$\gamma_G (CC1 + CC173) + \gamma_Q (CC175 + CC178)$
112	CO112	Max	21.900		$\gamma_G (CC1 + CC180) + \gamma_Q (CC182 + CC184) + \gamma_{acc} CC2$
113	CO113	Max	21.900		$\gamma_G (CC1 + CC179) + \gamma_Q (CC184 + \gamma_{acc} CC2)$

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m]			Descripción de la carga
			Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	
114	CO114	Max	21.900			$\gamma_G (CC1 + CC181) + \gamma_Q (CC183 + CC184) + \gamma_{acc} CC2$
115	CO115	Max	21.900			$\gamma_G (CC1 + CC181) + \gamma_Q (CC183 + CC185) + \gamma_{acc} CC2$
116	CO116	Max	21.900			$\gamma_G (CC1 + CC181) + \gamma_Q (CC183 + CC186)$
117	CO117	Max	22.900			$\gamma_G (CC1 + CC188) + \gamma_Q (CC190 + CC192) + \gamma_{acc} CC2$
118	CO118	Max	22.900			$\gamma_G (CC1 + CC187) + \gamma_Q (CC192 + \gamma_{acc} CC2)$
119	CO119	Max	22.900			$\gamma_G (CC1 + CC189) + \gamma_Q (CC191 + CC192) + \gamma_{acc} CC2$
120	CO120	Max	22.900			$\gamma_G (CC1 + CC189) + \gamma_Q (CC191 + CC193) + \gamma_{acc} CC2$
121	CO121	Max	22.900			$\gamma_G (CC1 + CC189) + \gamma_Q (CC191 + CC194)$
122	CO122	Max	23.900			$\gamma_G (CC1 + CC196) + \gamma_Q (CC198 + CC200) + \gamma_{acc} CC2$
123	CO123	Max	23.900			$\gamma_G (CC1 + CC195) + \gamma_Q (CC200 + \gamma_{acc} CC2)$
124	CO124	Max	23.900			$\gamma_G (CC1 + CC197) + \gamma_Q (CC199 + CC200) + \gamma_{acc} CC2$
125	CO125	Max	23.900			$\gamma_G (CC1 + CC197) + \gamma_Q (CC199 + CC201) + \gamma_{acc} CC2$
126	CO126	Max	23.900			$\gamma_G (CC1 + CC197) + \gamma_Q (CC199 + CC202)$
127	CO127	Max	24.900			$\gamma_G (CC1 + CC204) + \gamma_Q (CC206 + CC208) + \gamma_{acc} CC2$
128	CO128	Max	24.900			$\gamma_G (CC1 + CC203) + \gamma_Q (CC208 + \gamma_{acc} CC2)$
129	CO129	Max	24.900			$\gamma_G (CC1 + CC205) + \gamma_Q (CC207 + CC208) + \gamma_{acc} CC2$
130	CO130	Max	24.900			$\gamma_G (CC1 + CC205) + \gamma_Q (CC207 + CC209) + \gamma_{acc} CC2$
131	CO131	Max	24.900			$\gamma_G (CC1 + CC205) + \gamma_Q (CC207 + CC210)$
132	CO132	Max	25.900			$\gamma_G (CC1 + CC212) + \gamma_Q (CC214 + CC216) + \gamma_{acc} CC2$
133	CO133	Max	25.900			$\gamma_G (CC1 + CC211) + \gamma_Q (CC216 + \gamma_{acc} CC2)$
134	CO134	Max	25.900			$\gamma_G (CC1 + CC213) + \gamma_Q (CC215 + CC216) + \gamma_{acc} CC2$
135	CO135	Max	25.900			$\gamma_G (CC1 + CC213) + \gamma_Q (CC215 + CC217) + \gamma_{acc} CC2$
136	CO136	Max	25.900			$\gamma_G (CC1 + CC213) + \gamma_Q (CC215 + CC218)$
137	CO137	Max	26.900			$\gamma_G (CC1 + CC220) + \gamma_Q (CC222 + CC224) + \gamma_{acc} CC2$
138	CO138	Max	26.900			$\gamma_G (CC1 + CC219) + \gamma_Q (CC224 + \gamma_{acc} CC2)$
139	CO139	Max	26.900			$\gamma_G (CC1 + CC221) + \gamma_Q (CC223 + CC224) + \gamma_{acc} CC2$
140	CO140	Max	26.900			$\gamma_G (CC1 + CC221) + \gamma_Q (CC223 + CC225) + \gamma_{acc} CC2$
141	CO141	Max	26.900			$\gamma_G (CC1 + CC221) + \gamma_Q (CC223 + CC226)$
142	CO142	Max	27.900			$\gamma_G (CC1 + CC228) + \gamma_Q (CC230 + CC232) + \gamma_{acc} CC2$
143	CO143	Max	27.900			$\gamma_G (CC1 + CC227) + \gamma_Q (CC232 + \gamma_{acc} CC2)$
144	CO144	Max	27.900			$\gamma_G (CC1 + CC229) + \gamma_Q (CC231 + CC232) + \gamma_{acc} CC2$
145	CO145	Max	27.900			$\gamma_G (CC1 + CC229) + \gamma_Q (CC231 + CC233) + \gamma_{acc} CC2$
146	CO146	Max	27.900			$\gamma_G (CC1 + CC229) + \gamma_Q (CC231 + CC234)$
147	CO147	Max	28.900			$\gamma_G (CC1 + CC236) + \gamma_Q (CC238 + CC240) + \gamma_{acc} CC2$
148	CO148	Max	28.900			$\gamma_G (CC1 + CC235) + \gamma_Q (CC240 + \gamma_{acc} CC2)$
149	CO149	Max	28.900			$\gamma_G (CC1 + CC237) + \gamma_Q (CC239 + CC240) + \gamma_{acc} CC2$
150	CO150	Max	28.900			$\gamma_G (CC1 + CC237) + \gamma_Q (CC239 + CC241) + \gamma_{acc} CC2$
151	CO151	Max	28.900			$\gamma_G (CC1 + CC237) + \gamma_Q (CC239 + CC242)$
152	CO152	Max	29.900			$\gamma_G (CC1 + CC244) + \gamma_Q (CC246 + CC248) + \gamma_{acc} CC2$
153	CO153	Max	29.900			$\gamma_G (CC1 + CC243) + \gamma_Q (CC248 + \gamma_{acc} CC2)$
154	CO154	Max	29.900			$\gamma_G (CC1 + CC245) + \gamma_Q (CC247 + CC248) + \gamma_{acc} CC2$
155	CO155	Max	29.900			$\gamma_G (CC1 + CC245) + \gamma_Q (CC247 + CC249) + \gamma_{acc} CC2$
156	CO156	Max	29.900			$\gamma_G (CC1 + CC245) + \gamma_Q (CC247 + CC250)$
157	CO157	Max	30.900			$\gamma_G (CC1 + CC252) + \gamma_Q (CC254 + CC256) + \gamma_{acc} CC2$
158	CO158	Max	30.900			$\gamma_G (CC1 + CC251) + \gamma_Q (CC256 + \gamma_{acc} CC2)$
159	CO159	Max	30.900			$\gamma_G (CC1 + CC253) + \gamma_Q (CC255 + CC256) + \gamma_{acc} CC2$
160	CO160	Max	30.900			$\gamma_G (CC1 + CC253) + \gamma_Q (CC255 + CC257) + \gamma_{acc} CC2$
161	CO161	Max	30.900			$\gamma_G (CC1 + CC253) + \gamma_Q (CC255 + CC258)$
162	CO162	Max	31.900			$\gamma_G (CC1 + CC260) + \gamma_Q (CC262 + CC264) + \gamma_{acc} CC2$

163	CO163	Max	31.900		$\gamma_G (CC1 + CC259) + \gamma_Q CC264 + \gamma_{acc} CC2$
164	CO164	Max	31.900		$\gamma_G (CC1 + CC261) + \gamma_Q (CC263 + CC264) + \gamma_{acc} CC2$
165	CO165	Max	31.900		$\gamma_G (CC1 + CC261) + \gamma_Q (CC263 + CC265) + \gamma_{acc} CC2$
166	CO166	Max	31.900		$\gamma_G (CC1 + CC261) + \gamma_Q (CC263 + CC266)$
167	CO167	Max	32.900		$\gamma_G (CC1 + CC268) + \gamma_Q (CC270 + CC272) + \gamma_{acc} CC2$
168	CO168	Max	32.900		$\gamma_G (CC1 + CC267) + \gamma_Q CC272 + \gamma_{acc} CC2$
169	CO169	Max	32.900		$\gamma_G (CC1 + CC269) + \gamma_Q (CC271 + CC272) + \gamma_{acc} CC2$
170	CO170	Max	32.900		$\gamma_G (CC1 + CC269) + \gamma_Q (CC271 + CC273) + \gamma_{acc} CC2$
171	CO171	Max	32.900		$\gamma_G (CC1 + CC269) + \gamma_Q (CC271 + CC274)$
172	CO172	Max	33.900		$\gamma_G (CC1 + CC276) + \gamma_Q (CC278 + CC280) + \gamma_{acc} CC2$
173	CO173	Max	33.900		$\gamma_G (CC1 + CC275) + \gamma_Q CC280 + \gamma_{acc} CC2$
174	CO174	Max	33.900		$\gamma_G (CC1 + CC277) + \gamma_Q (CC279 + CC280) + \gamma_{acc} CC2$
175	CO175	Max	33.900		$\gamma_G (CC1 + CC277) + \gamma_Q (CC279 + CC281) + \gamma_{acc} CC2$
176	CO176	Max	33.900		$\gamma_G (CC1 + CC277) + \gamma_Q (CC279 + CC282)$
177	CO177	Max	34.900		$\gamma_G (CC1 + CC284) + \gamma_Q (CC286 + CC288) + \gamma_{acc} CC2$
178	CO178	Max	34.900		$\gamma_G (CC1 + CC283) + \gamma_Q CC288 + \gamma_{acc} CC2$
179	CO179	Max	34.900		$\gamma_G (CC1 + CC285) + \gamma_Q (CC287 + CC288) + \gamma_{acc} CC2$
180	CO180	Max	34.900		$\gamma_G (CC1 + CC285) + \gamma_Q (CC287 + CC289) + \gamma_{acc} CC2$
181	CO181	Max	34.900		$\gamma_G (CC1 + CC285) + \gamma_Q (CC287 + CC290)$
182	CO182	Max	35.900		$\gamma_G (CC1 + CC292) + \gamma_Q (CC294 + CC296) + \gamma_{acc} CC2$
183	CO183	Max	35.900		$\gamma_G (CC1 + CC291) + \gamma_Q CC296 + \gamma_{acc} CC2$
184	CO184	Max	35.900		$\gamma_G (CC1 + CC293) + \gamma_Q (CC295 + CC296) + \gamma_{acc} CC2$
185	CO185	Max	35.900		$\gamma_G (CC1 + CC293) + \gamma_Q (CC295 + CC297) + \gamma_{acc} CC2$
186	CO186	Max	35.900		$\gamma_G (CC1 + CC293) + \gamma_Q (CC295 + CC298)$
187	CO187	Max	36.900		$\gamma_G (CC1 + CC300) + \gamma_Q (CC302 + CC304) + \gamma_{acc} CC2$
188	CO188	Max	36.900		$\gamma_G (CC1 + CC299) + \gamma_Q CC304 + \gamma_{acc} CC2$
189	CO189	Max	36.900		$\gamma_G (CC1 + CC301) + \gamma_Q (CC303 + CC304) + \gamma_{acc} CC2$
190	CO190	Max	36.900		$\gamma_G (CC1 + CC301) + \gamma_Q (CC303 + CC305) + \gamma_{acc} CC2$
191	CO191	Max	36.900		$\gamma_G (CC1 + CC301) + \gamma_Q (CC303 + CC306)$
192	CO192	Max	37.900		$\gamma_G (CC1 + CC308) + \gamma_Q (CC310 + CC312) + \gamma_{acc} CC2$
193	CO193	Max	37.900		$\gamma_G (CC1 + CC307) + \gamma_Q CC312 + \gamma_{acc} CC2$
194	CO194	Max	37.900		$\gamma_G (CC1 + CC309) + \gamma_Q (CC311 + CC312) + \gamma_{acc} CC2$
195	CO195	Max	37.900		$\gamma_G (CC1 + CC309) + \gamma_Q (CC311 + CC313) + \gamma_{acc} CC2$
196	CO196	Max	37.900		$\gamma_G (CC1 + CC309) + \gamma_Q (CC311 + CC314)$
197	CO197	Max	38.900		$\gamma_G (CC1 + CC316) + \gamma_Q (CC318 + CC320) + \gamma_{acc} CC2$
198	CO198	Max	38.900		$\gamma_G (CC1 + CC315) + \gamma_Q CC320 + \gamma_{acc} CC2$

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m]			Descripción de la carga
			Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	
199	CO199	Max	38.900			$\gamma_G (CC1 + CC317) + \gamma_Q (CC319 + CC320) + \gamma_{acc} CC2$
200	CO200	Max	38.900			$\gamma_G (CC1 + CC317) + \gamma_Q (CC319 + CC321) + \gamma_{acc} CC2$
201	CO201	Max	38.900			$\gamma_G (CC1 + CC317) + \gamma_Q (CC319 + CC322)$
202	CO202	Max	39.900			$\gamma_G (CC1 + CC324) + \gamma_Q (CC326 + CC328) + \gamma_{acc} CC2$
203	CO203	Max	39.900			$\gamma_G (CC1 + CC323) + \gamma_Q CC328 + \gamma_{acc} CC2$
204	CO204	Max	39.900			$\gamma_G (CC1 + CC325) + \gamma_Q (CC327 + CC328) + \gamma_{acc} CC2$
205	CO205	Max	39.900			$\gamma_G (CC1 + CC325) + \gamma_Q (CC327 + CC329) + \gamma_{acc} CC2$
206	CO206	Max	39.900			$\gamma_G (CC1 + CC325) + \gamma_Q (CC327 + CC330)$
207	CO207	Max	40.000			$\gamma_G (CC1 + CC332) + \gamma_Q (CC334 + CC336) + \gamma_{acc} CC2$
208	CO208	Max	40.000			$\gamma_G (CC1 + CC331) + \gamma_Q CC336 + \gamma_{acc} CC2$
209	CO209	Max	40.000			$\gamma_G (CC1 + CC333) + \gamma_Q (CC335 + CC336) + \gamma_{acc} CC2$
210	CO210	Max	40.000			$\gamma_G (CC1 + CC333) + \gamma_Q (CC335 + CC337) + \gamma_{acc} CC2$
211	CO211	Max	40.000			$\gamma_G (CC1 + CC333) + \gamma_Q (CC335 + CC338)$
212	CO212	Max	41.000			$\gamma_G (CC1 + CC340) + \gamma_Q (CC342 + CC344) + \gamma_{acc} CC2$
213	CO213	Max	41.000			$\gamma_G (CC1 + CC339) + \gamma_Q CC344 + \gamma_{acc} CC2$
214	CO214	Max	41.000			$\gamma_G (CC1 + CC341) + \gamma_Q (CC343 + CC344) + \gamma_{acc} CC2$
215	CO215	Max	41.000			$\gamma_G (CC1 + CC341) + \gamma_Q (CC343 + CC345) + \gamma_{acc} CC2$
216	CO216	Max	41.000			$\gamma_G (CC1 + CC341) + \gamma_Q (CC343 + CC346)$
217	CO217	Max	42.000			$\gamma_G (CC1 + CC348) + \gamma_Q (CC350 + CC352) + \gamma_{acc} CC2$
218	CO218	Max	42.000			$\gamma_G (CC1 + CC347) + \gamma_Q CC352 + \gamma_{acc} CC2$
219	CO219	Max	42.000			$\gamma_G (CC1 + CC349) + \gamma_Q (CC351 + CC352) + \gamma_{acc} CC2$
220	CO220	Max	42.000			$\gamma_G (CC1 + CC349) + \gamma_Q (CC351 + CC353) + \gamma_{acc} CC2$
221	CO221	Max	42.000			$\gamma_G (CC1 + CC349) + \gamma_Q (CC351 + CC354)$
222	CO222	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC356) + \gamma_Q (CC358 + CC360) + \gamma_{acc} CC2$
223	CO223	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC355) + \gamma_Q CC360 + \gamma_{acc} CC2$
224	CO224	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC357) + \gamma_Q (CC359 + CC360) + \gamma_{acc} CC2$
225	CO225	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC357) + \gamma_Q (CC359 + CC361) + \gamma_{acc} CC2$
226	CO226	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC357) + \gamma_Q (CC359 + CC362)$
227	CO227	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC364) + \gamma_Q (CC366 + CC368) + \gamma_{acc} CC2$
228	CO228	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC363) + \gamma_Q CC368 + \gamma_{acc} CC2$
229	CO229	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC365) + \gamma_Q (CC367 + CC368) + \gamma_{acc} CC2$
230	CO230	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC365) + \gamma_Q (CC367 + CC369) + \gamma_{acc} CC2$
231	CO231	Max	42.900			$\gamma_G (CC1 + CC365) + \gamma_Q (CC367 + CC370)$

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA - FATIGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m]			Descripción de la carga
			Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	
1	CO1	Max	0,000			CC1 + CC2 + CC3
2	CO2	Max	1,000			CC1 + CC4 + CC5
3	CO3	Max	2,000			CC1 + CC6 + CC7
4	CO4	Max	2,900			CC1 + CC8 + CC9
5	CO5	Max	3,900			CC1 + CC10 + CC11
6	CO6	Max	4,900			CC1 + CC12 + CC13
7	CO7	Max	5,900			CC1 + CC14 + CC15
8	CO8	Max	6,900			CC1 + CC16 + CC17
9	CO9	Max	7,900			CC1 + CC18 + CC19
10	CO10	Max	8,900			CC1 + CC20 + CC21
11	CO11	Max	9,900			CC1 + CC22 + CC23
12	CO12	Max	10,900			CC1 + CC24 + CC25
13	CO13	Max	11,900			CC1 + CC26 + CC27
14	CO14	Max	12,900			CC1 + CC28 + CC29
15	CO15	Max	13,900			CC1 + CC30 + CC31
16	CO16	Max	14,900			CC1 + CC32 + CC33
17	CO17	Max	15,900			CC1 + CC34 + CC35
18	CO18	Max	16,900			CC1 + CC36 + CC37
19	CO19	Max	17,900			CC1 + CC38 + CC39
20	CO20	Max	18,900			CC1 + CC40 + CC41
21	CO21	Max	19,900			CC1 + CC42 + CC43
22	CO22	Max	20,900			CC1 + CC44 + CC45
23	CO23	Max	21,900			CC1 + CC46 + CC47
24	CO24	Max	22,900			CC1 + CC48 + CC49
25	CO25	Max	23,900			CC1 + CC50 + CC51
26	CO26	Max	24,900			CC1 + CC52 + CC53
27	CO27	Max	25,900			CC1 + CC54 + CC55
28	CO28	Max	26,900			CC1 + CC56 + CC57
29	CO29	Max	27,900			CC1 + CC58 + CC59
30	CO30	Max	28,900			CC1 + CC60 + CC61
31	CO31	Max	29,900			CC1 + CC62 + CC63
32	CO32	Max	30,900			CC1 + CC64 + CC65
33	CO33	Max	31,900			CC1 + CC66 + CC67
34	CO34	Max	32,900			CC1 + CC68 + CC69
35	CO35	Max	33,900			CC1 + CC70 + CC71
36	CO36	Max	34,900			CC1 + CC72 + CC73
37	CO37	Max	35,900			CC1 + CC74 + CC75
38	CO38	Max	36,900			CC1 + CC76 + CC77
39	CO39	Max	37,900			CC1 + CC78 + CC79
40	CO40	Max	38,900			CC1 + CC80 + CC81
41	CO41	Max	39,900			CC1 + CC82 + CC83
42	CO42	Max	40,000			CC1 + CC84 + CC85
43	CO43	Max	41,000			CC1 + CC86 + CC87
44	CO44	Max	42,000			CC1 + CC88 + CC89
45	CO45	Max	42,900			CC1 + CC90 + CC91
46	CO46	Max	42,900			CC1 + CC92 + CC93

IMPERFECCIONES

Tipo de definición	:	Calcular automáticamente por el método de valores propios
Curva de pandeo	Bsc ₂	b

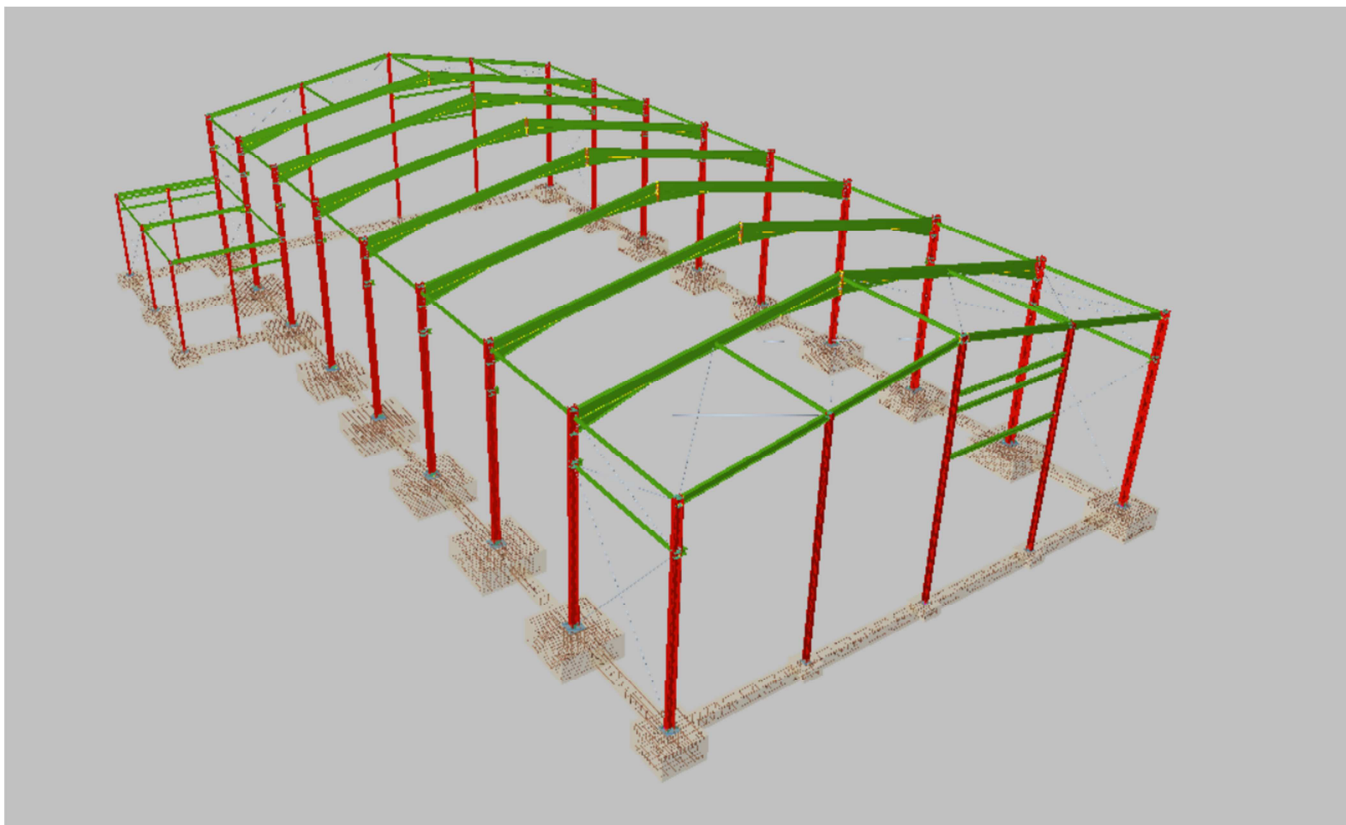
IMPERFECCIONES - PARÁMETROS

CO núm.	Deform. del modo núm.	Long. de refer. L [m]	Altura de flecha w ₀ [cm]
CO1	1	5,000	1,000
CO12	1	5,000	1,000
CO17	1	5,000	1,000
CO24	1	5,000	-1,000
CO27	1	5,000	-1,000
CO32	1	5,000	-1,000
CO42	1	5,000	1,000
CO44	1	5,000	1,000
CO50	1	5,000	1,000
CO52	1	5,000	-1,000
CO67	1	5,000	1,000
CO76	1	5,000	1,000
CO77	1	5,000	-1,000
CO87	1	5,000	1,000
CO92	1	5,000	1,000
CO94	1	5,000	1,000
CO101	1	5,000	1,000
CO102	1	5,000	-1,000
CO117	1	5,000	1,000
CO119	1	5,000	1,000
CO125	1	5,000	1,000
CO127	1	5,000	-1,000
CO137	1	5,000	1,000
CO142	1	5,000	1,000
CO151	1	5,000	1,000
CO152	1	5,000	-1,000
CO162	1	5,000	1,000
CO167	1	5,000	1,000
CO176	1	5,000	1,000
CO177	1	5,000	-1,000
CO187	1	5,000	1,000
CO192	1	5,000	1,000
CO194	1	5,000	1,000
CO201	1	5,000	1,000
CO207	1	5,000	-1,000

RESUMEN DE CÁLCULO

Tipo de cálculo	Barra núm.	Posición x [m]	Criterio de cálculo		Comb. de carga determinante
			Existente	Límite	
2.4 Análisis de tensiones	1	4.900	0.980	< 1.00	CO27
2.5 Análisis de deformación - Horizontal	8	2.740	3500.582	> 1000.000	CO192
2.5 Análisis de deformación - Vertical	8	2.660	864.716	> 750.000	CO201
2.6 Cálculo a fatiga	1	4.900	0.694	< 1.00	
2.7 Análisis de abolladura	1	4.900	0.781	< 1.00	
2.8 Soldaduras - Análisis de tensiones	1	4.900	0.485	< 1.00	CO27
2.9 Soldaduras - Cálculo a fatiga	1	0.100	0.694	< 1.00	
2.10 Factor de carga crítica	1		4.320	> 1.00	CO192

3.2.3. Cálculo de la nave con el NUEVO METAL 3D



Para realizar el cálculo de la estructura se ha utilizado el programa CYPE.

La utilización del programa consta de dos partes: el Generador de Pórticos y el Metal3D.

El generador de pórticos es una aplicación informática que permite al usuario diseñar las correas metálicas, tanto en cubierta como en los laterales de la nave. Permite también generar la geometría de los pórticos para posteriormente exportarlo al NUEVO METAL 3D.

Una vez exportado se genera la estructura con las cargas automáticamente.

Hay que completar una serie de parámetros que el programa no introduce, además de hacer una estimación de los perfiles de toda la estructura para después, mediante el cálculo de la estructura, optimizarlo.

3.2.3.1. Parámetros que se deben introducir a mano

1. COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO

Se articularán los extremos de las barras de arriostramiento entre pórticos, así como los pilarillos de los hastiales.

2. CARGAS

Las cargas son generadas automáticamente por el programa una vez se introducen los parámetros que pide.

Las cargas del puente grúa son necesarias introducirlas manualmente.

En el caso del adosado, en el generador de pórticos se ha diseñado de 8 vanos, ya que no es posible introducir el adosado con un número diferente de vanos de la nave principal, por lo que en el CYPE 3D se realizará la adaptación a lo que realmente se necesita.

Se reducirá el número de vanos a dos, por lo que habrá que borrar todos los paños y cargas superficiales introducidas por el programa.

Previamente se ha diseñado un adosado independiente de dos vanos, del que copiaremos las cargas para introducirlas a mano el adosado del CYPE 3D de la nave junto el adosado.

3. PANDEO

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

En ingeniería estructural el fenómeno aparece principalmente en pilares y columnas, y se traduce en la aparición de una flexión adicional en el pilar cuando se halla sometido a la acción de esfuerzos axiales de cierta importancia.

La aparición de deflexión por pandeo limita severamente la resistencia en compresión de un pilar o cualquier tipo de pieza esbelta. Eventualmente, a partir de cierto valor de la carga axial de compresión, denominada carga crítica de pandeo, puede producirse una situación de inestabilidad elástica y entonces fácilmente la deformación aumentará produciendo tensiones adicionales que superarán la tensión de rotura, provocando la ruina del elemento estructural.

Para comprobar a pandeo las barras de una estructura en Metal 3D, se define un coeficiente de pandeo β , el cual depende en gran medida de las ligaduras del elemento en sus extremos. El coeficiente de pandeo es un valor mayor o igual que 0 que pondera la longitud de la barra, llamada longitud de pandeo.

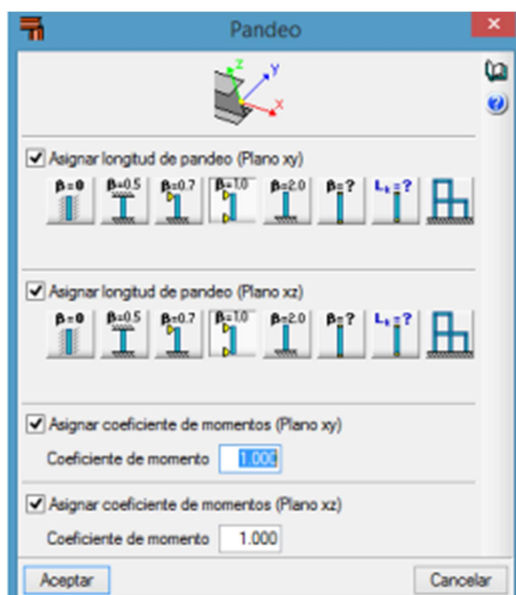
Esta longitud, rigurosamente hablando es la distancia que hay entre dos puntos de inflexión consecutivos en la deformada de la barra para ese plano de pandeo.

Como a priori no se sabe qué piezas de la estructura trabajaran a compresión y bajo qué combinación de hipótesis, se asignan coeficientes de pandeo a todas las piezas y en sus planos principales. Hay que considerar que las cruces de San Andrés, son tirantes que trabajan a tracción como su propio nombre indica y si no es así no trabajan, por lo tanto a estas no se le asignan ningún coeficiente de pandeo.

En la asignación de los coeficientes de pandeos, los ejes o los planos de los que se habla son locales para cada barra. Así el plano débil de las barras (xy) es el paralelo a las alas que equidistan de ellas, es decir, que pasa por su eje de gravedad. Por otro lado el plano fuerte (xz) coincide con el plano del alma de la pieza.

Para asignar los coeficientes de pandeo en el programa hay que acceder a BARRA/PANDEO y se seleccionan las barras que se quieren editar.

Se abrirá una ventana como la siguiente, en la que se pueden variar la longitud de pandeo en plano xy (debil) y en el plano xz además de los coeficientes de momentos.



Los coeficientes de momentos para esta estructura son los siguientes:

Dinteles hastiales: para el plano de inercia débil (xy) se define directamente la longitud de pandeo Lk con la distancia entre correas de la cubierta 1,6m, debido a que las correas arriostran en dicho plano los cabíos. Para el plano de inercia fuerte (xz) se define Lk como la longitud máxima que tiene el dintel entre pilarillo y pilarillo que es 5,077.

Pilares de los pórticos hastiales: en el plano débil (xy) se dispone de un $\beta = 0$ considerando q los pilares no pandean hacia afuera y para el plano fuerte (xz) $\beta = 0,7$.

Pilarillos: en el plano débil (xy) se dispone de un $Lk = 1.5m$ considerando la presencia de las correas laterales y para el plano fuerte (xz) $\beta = 1$ dado que son barras biarticuladas.

Pilares centrales: en este caso no se considera la ménsula como empotramiento efectivo por lo que $\beta = 0,7$ para el plano fuerte y una $Lk = 1.5m$ para el plano débil debido al efecto de las correas.

Dinteles centrales: para el plano de inercia débil (xy) se define directamente la longitud de pandeo Lk con la distancia entre correas de la cubierta 1,6m, debido a que las correas arriostran en dicho plano los cabíos. Para el plano de inercia fuerte (xz) se define un $Lk = 10,154m$.

Ménsula: para el plano (xy) débil $\beta = 1$ puesto que está biempotrada traslacionalmente y en el plano (xz) fuerte $\beta = 2$ por tratarse de un empotramiento libre.

Dinteles de las puertas: $\beta = 1$ para ambos planos por ser barras biarticuladas

Dinteles hastiales adosado: para el plano de inercia débil (xy) se define directamente la longitud de pandeo Lk con la distancia entre correas de la cubierta 1,6m, debido a que las correas arriostran en dicho plano los cabíos. Para el plano de inercia fuerte (xz) se define Lk como la longitud máxima que tiene el dintel entre pilarillo y pilarillo que es 2,5.

Pilares pórtico hastial adosado: en el plano débil (xy) se dispone de un $\beta = 0,7$ afuera y para el plano fuerte (xz) $\beta = 0,7$.

Pilarillos adosado: en el plano débil (xy) se dispone de un $Lk = 1.5m$ considerando la presencia de las correas laterales y para el plano fuerte (xz) $\beta = 1$ dado que son barras biarticuladas.

Pilares centrales adosado: en este caso $\beta = 0,375$ para el plano fuerte y una $\beta = 1.195m$ para el plano débil debido al efecto de las correas.

Dinteles centrales adosado: para el plano de inercia débil (xy) se define directamente la longitud de pandeo Lk con la distancia entre correas de la cubierta 1,6m, debido a que las correas arriostran en dicho plano los cabíos. Para el plano de inercia fuerte (xz) se define un $Lk = 0,745m$.

Dinteles puertas ventanas adosado: : $\beta = 1$ para ambos planos por ser barras biarticuladas

4. PANDEL LATERAL

Este fenómeno se encuentra en elementos sometidos a flexión cuya ala comprimida no posee arriostramientos transversales a distancias adecuadas, o éstos no son suficientemente rígidos como para impedir su desplazamiento. El efecto del pandeo lateral puede llegar a producir el vuelco de la viga pudiendo verse comprometida la estabilidad de la estructura.

En este caso, solo se estudiará el pandeo lateral de los dinteles que en el ala superior tendrá un $Lb=1,69m$, que es la distancia entre correas, y en ala inferior se pondrán tornapuntas cada dos correas, luego la $Lb= 3,38m$.

Los coeficientes de momentos para esta estructura son los siguientes:

Dinteles hastiales: En ala superior $Lb=1,6m$, en ala inferior $Bv=1$.

Pilares de los pórticos hastiales: En ala superior $Bv=1$ en ala inferior $Lb=1,5m$.

Pilarillos: En ala superior $Bv=0$, en ala inferior $Bv=0$.

Pilares centrales: En ala superior $Lb=1,5m$, en ala inferior $Lb=1,5m$.

Dinteles centrales: En ala superior $Lb=1,6m$, en ala inferior $Lb=4,8m$.

Ménsula: En ala superior $Bv=0$, en ala inferior $Bv=0$.

Dinteles de las puertas: En ala superior $Bv=0$, en ala inferior $Bv=0$.

Dinteles hastiales adosado: : En ala superior $Lb=1,6m$, en ala inferior $Bv=1$.

Pilares pórtico hastial adosado: : En ala superior $Lb=1,5m$, en ala inferior $Bv=1$.

Pilarillos adosado: En ala superior $Bv=0$, en ala inferior $Bv=0$.

Pilares centrales adosado: : En ala superior $Bv=1$ en ala inferior $Lb=1,5m$.

Dinteles centrales adosado: En ala superior $Lb=1,6m$, en ala inferior $Lb=3,34m$.

Dinteles puertas ventanas adosado: En ala superior $B_v=0$, en ala inferior $B_v=0$.

5. FLECHA

Es necesario limitar la deformación debida a la flexión de la barra para obtener de esta manera “buena aptitud al servicio”, por lo tanto, se limita la flecha relativa en el plano xz a $L/300$.

6. CARGAS

Los diferentes tipos de cargas que soporta la nave y en base a las cuales se ha diseñado las nave para poder soportar las solicitaciones y cumplir la normativa son las siguientes:

- **Carga permanente:** Presente en toda la vida útil de la nave. Todos los elementos que vaya a soportar la nave constantemente pueden aglutinarse en una sola hipótesis de carga que es la permanente. Dentro de esta hipótesis tendremos la carga correspondiente al muro de dos metros y medio construido en la periferia de la nave.
- **Sobrecarga de uso cubierta:** Es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de uso. En el caso de la nave a construir la categoría de uso es la G1 (según tabla 3.1 del DB SE-AE).
- **Sobrecarga de viento:** El programa considera los siguientes casos de viento:

- 1 - $V(0^\circ)$ H1, Viento a 0° , presión exterior tipo 1 con succión interior
- 2 - $V(0^\circ)$ H2, Viento a 0° , presión exterior tipo 1 con presión interior
- 3 - $V(0^\circ)$ H3, Viento a 0° , presión exterior tipo 2 con succión interior
- 4 - $V(0^\circ)$ H4, Viento a 0° , presión exterior tipo 2 con presión interior
- 5 - $V(90^\circ)$ H1, Viento a 90° con succión interior
- 6 - $V(90^\circ)$ H2, Viento a 90° con presión interior
- 7 - $V(180^\circ)$ H1, Viento a 180° , presión exterior tipo 1 con succión interior
- 8 - $V(180^\circ)$ H2, Viento a 180° , presión exterior tipo 1 con presión interior

- 9 - V(180°) H3, Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con succión interior
- 10 - V(180°) H4, Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con presión interior
- 11 - V(270°) H1, Viento a 270° con succión interior
- 12 - V(270°) H2, Viento a 270° con presión interior

- **Sobrecarga de viento:** El programa tiene en cuenta tres casos distintos de nieve:

Nieve posada simétricamente.

Nieve posada en la parte derecha de la cubierta.

Nieve posada en la parte izquierda de la cubierta.

Conocidos todos los datos necesarios para poder calcular la nave, el programa realiza el estudio obteniendo los siguientes resultados:

7. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

Barras

Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axial (t)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (t)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (t)

Mt: Momento torsor (t·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (t·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (t·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100\%$.

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p \acute{e} simos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N1/N71	42.92	0.000	-1.837	-0.288	-0.549	0.008	-0.981	-0.276	GV	Cumple
N71/N73	27.21	0.500	-1.327	0.119	-1.659	0.008	1.016	0.046	GV	Cumple
N73/N2	28.44	0.110	-1.296	0.141	-0.613	0.008	1.084	0.032	GV	Cumple
N2/N66	76.75	2.500	0.256	0.283	0.166	0.027	0.046	-0.696	GV	Cumple
N66/N4	84.95	0.000	-3.816	-0.250	-0.956	-0.021	-0.389	-0.525	GV	Cumple
N6/N119	36.61	0.000	-2.579	-0.550	-2.686	0.000	-6.557	-0.615	GV	Cumple
N119/N7	9.61	0.080	0.694	-0.622	-0.229	-0.005	1.140	-0.438	GV	Cumple
N5/N62	70.18	0.112	-0.929	0.013	-1.070	0.001	-2.025	0.055	GV	Cumple
N62/N8	49.30	0.000	-1.322	-0.027	-1.386	-0.002	-1.397	-0.036	GV	Cumple
N7/N64	56.74	0.112	-1.479	0.017	-1.223	0.000	-1.684	0.001	GV	Cumple
N64/N8	40.90	0.000	-0.100	-0.012	-1.210	0.000	-1.234	-0.015	GV	Cumple
N9/N10	69.05	0.000	-1.970	-0.013	-1.651	0.000	-2.559	-0.051	GV	Cumple
N10/N12	77.70	4.381	1.502	-0.001	1.591	-0.001	-1.804	0.002	GV	Cumple
N14/N117	55.00	5.420	-8.845	0.035	5.926	0.004	-13.684	-0.118	GV	Cumple
N117/N15	77.60	0.973	-8.625	-0.088	6.462	0.004	-20.090	-0.036	GV	Cumple
N13/N121	89.49	0.122	-7.849	0.000	-5.825	0.004	-20.289	-0.003	GV	Cumple
N121/N16	62.08	2.578	2.170	0.000	1.367	-0.005	-9.094	-0.016	GV	Cumple
N15/N122	93.78	0.122	-8.195	0.004	-6.763	-0.010	-21.261	0.006	GV	Cumple
N122/N16	64.40	2.578	2.152	0.000	1.222	-0.001	-9.434	0.016	GV	Cumple
N17/N18	68.66	0.000	-0.892	0.262	-1.103	-0.008	-2.058	0.174	GV	Cumple
N18/N68	68.17	2.500	-0.609	-0.209	-0.250	-0.020	-0.516	0.513	GV	Cumple
N68/N20	87.57	2.380	-1.127	0.254	-1.788	0.021	3.365	-0.091	GV	Cumple
N22/N115	55.74	5.420	-8.962	-0.001	5.599	-0.003	-14.010	-0.006	GV	Cumple
N115/N23	78.68	0.973	-8.724	0.000	6.554	-0.005	-20.434	-0.007	GV	Cumple
N21/N24	91.26	0.122	-7.317	-0.004	-5.933	-0.009	-20.691	-0.070	GV	Cumple
N23/N24	95.32	0.122	-8.306	-0.004	-6.833	0.006	-21.610	-0.006	GV	Cumple
N27/N113	55.05	5.420	-8.916	-0.002	5.422	0.000	-13.832	-0.004	GV	Cumple
N113/N28	77.22	0.973	-8.675	-0.002	6.368	0.000	-20.054	-0.001	GV	Cumple
N26/N29	96.73	0.122	-7.017	0.000	-6.111	0.000	-21.930	0.000	GV	Cumple
N28/N29	93.36	0.122	-8.114	0.000	-6.828	0.000	-21.167	0.000	GV	Cumple
N32/N111	55.05	5.420	-8.916	-0.003	5.422	0.000	-13.832	-0.004	GV	Cumple
N111/N33	77.22	0.973	-8.675	-0.003	6.368	0.000	-20.054	-0.002	GV	Cumple
N31/N34	96.73	0.122	-7.017	0.000	-6.111	0.000	-21.930	0.000	GV	Cumple
N33/N34	93.36	0.122	-8.114	0.000	-6.828	0.000	-21.167	0.000	GV	Cumple
N37/N109	55.05	5.420	-8.916	-0.003	5.422	0.000	-13.832	-0.005	GV	Cumple
N109/N38	77.22	0.973	-8.675	-0.004	6.368	0.000	-20.054	-0.002	GV	Cumple
N36/N39	96.73	0.122	-7.017	0.000	-6.111	0.000	-21.930	0.000	GV	Cumple
N38/N39	93.36	0.122	-8.114	0.000	-6.828	0.000	-21.167	0.000	GV	Cumple
N42/N107	55.06	5.420	-8.916	-0.004	5.422	0.000	-13.832	-0.006	GV	Cumple
N107/N43	77.23	0.973	-8.675	-0.005	6.368	0.000	-20.054	-0.002	GV	Cumple
N41/N44	96.73	0.122	-7.017	0.000	-6.111	0.000	-21.930	0.000	GV	Cumple
N43/N44	93.36	0.122	-8.114	0.000	-6.828	0.000	-21.167	0.000	GV	Cumple
N47/N125	50.11	0.000	-10.345	-0.045	3.834	-0.004	12.283	-0.125	GV	Cumple
N125/N105	55.03	1.620	-9.136	-0.045	5.800	-0.004	-13.748	0.120	GV	Cumple
N105/N48	77.36	0.973	-8.671	0.090	6.336	-0.004	-20.020	0.036	GV	Cumple
N46/N120	93.24	0.122	-7.414	0.001	-5.986	-0.004	-21.139	0.004	GV	Cumple

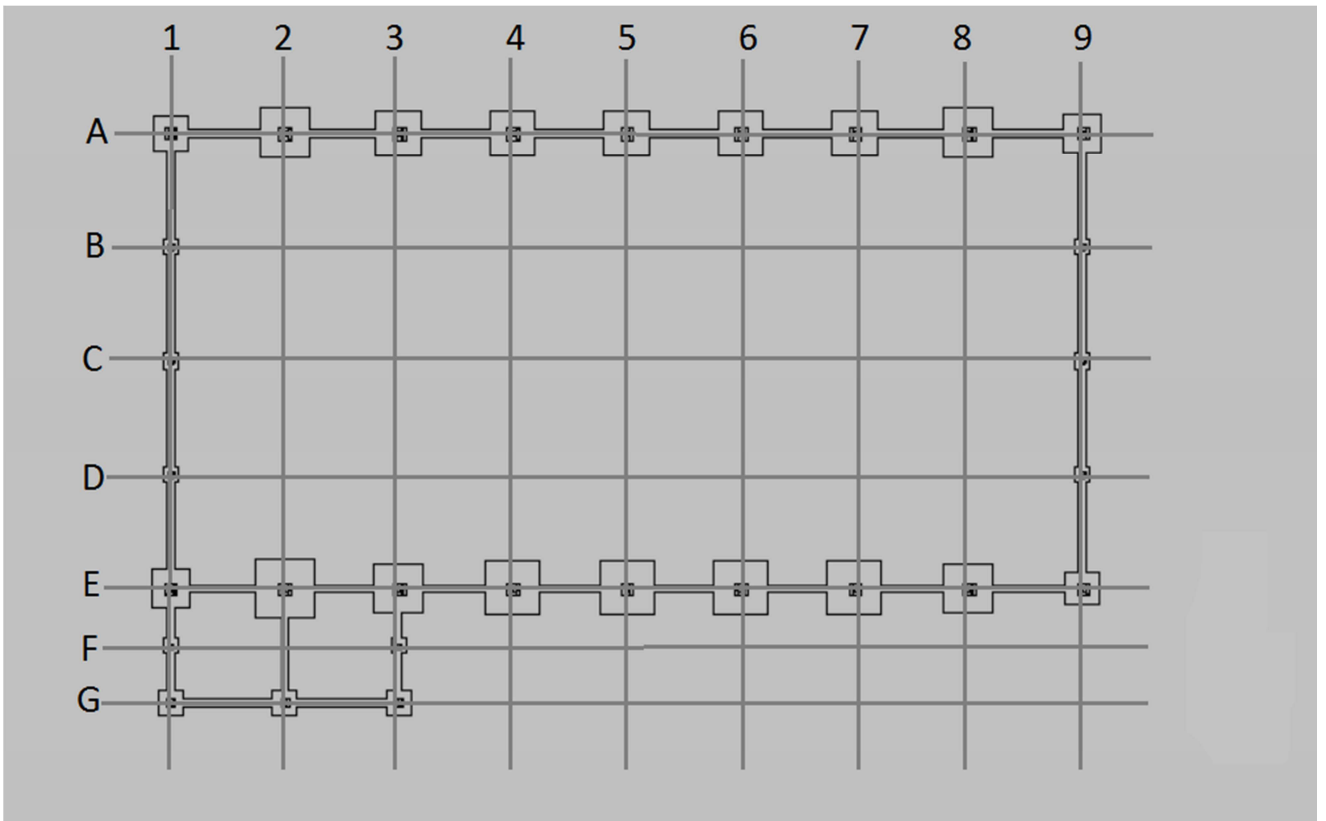
Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p \acute{e} simos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N120/N49	59.47	2.578	-6.854	0.006	-1.027	-0.004	13.373	0.004	GV	Cumple
N48/N124	93.30	0.122	-8.082	-0.002	-6.840	0.010	-21.153	-0.006	GV	Cumple
N124/N49	57.74	2.578	7.533	0.003	0.607	0.001	-8.459	0.005	GV	Cumple
N52/N103	39.75	0.000	-2.363	0.548	-2.845	0.000	-7.298	0.602	GV	Cumple
N103/N53	9.59	0.080	0.692	0.622	-0.222	0.005	1.137	0.437	GV	Cumple
N51/N56	85.20	0.112	-1.060	0.001	-1.213	-0.001	-2.581	0.002	GV	Cumple
N56/N54	44.75	0.000	-1.558	0.023	-1.356	0.002	-1.286	0.016	GV	Cumple
N53/N58	57.66	5.077	-0.361	-0.023	1.693	0.001	-1.735	0.018	GV	Cumple
N58/N54	41.09	0.000	0.078	0.013	-1.211	0.000	-1.250	0.015	GV	Cumple
N25/N94	77.96	0.000	-9.191	0.008	-7.037	0.000	-19.890	0.057	GV	Cumple
N94/N26	80.17	0.973	-7.729	0.008	-5.462	0.000	20.941	0.004	GV	Cumple
N30/N92	77.97	0.000	-9.191	0.008	-7.037	0.000	-19.890	0.059	GV	Cumple
N92/N31	80.17	0.973	-7.729	0.008	-5.462	0.000	20.941	0.004	GV	Cumple
N35/N90	77.98	0.000	-9.191	0.009	-7.037	0.000	-19.890	0.061	GV	Cumple
N90/N36	80.17	0.973	-7.729	0.009	-5.462	0.000	20.941	0.005	GV	Cumple
N40/N88	78.00	0.000	-9.191	0.009	-7.037	0.000	-19.890	0.064	GV	Cumple
N88/N41	80.17	0.973	-7.729	0.009	-5.462	0.000	20.941	0.005	GV	Cumple
N45/N86	75.21	0.000	-8.966	0.011	-6.820	0.003	-19.162	0.071	GV	Cumple
N86/N46	77.59	0.973	-7.569	0.008	-5.245	0.003	20.268	0.000	GV	Cumple
N50/N84	28.52	0.000	-3.276	-0.002	-1.625	0.002	-5.897	0.035	GV	Cumple
N84/N51	12.65	1.407	-1.620	0.015	-0.823	0.002	2.644	0.000	GV	Cumple
N12/N20	5.91	2.500	0.735	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	GV	Cumple
N5/N13	25.37	2.500	-4.279	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N13/N21	14.58	2.500	-2.243	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N21/N26	15.05	2.500	-2.332	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N26/N31	14.57	2.500	-2.241	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N31/N36	14.11	2.500	-2.153	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N36/N41	14.02	2.500	3.991	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N41/N46	14.19	2.500	-2.169	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N46/N51	23.37	2.500	-3.901	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N7/N15	24.32	2.500	-4.080	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N15/N23	15.05	2.500	-2.331	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N23/N28	14.56	2.500	-2.239	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N28/N33	14.54	2.500	4.172	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N33/N38	14.54	2.500	4.173	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N38/N43	14.56	2.500	4.179	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N43/N48	14.59	2.500	4.191	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N48/N53	23.47	2.500	-3.920	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N55/N56	50.71	3.884	-2.125	0.000	-0.057	0.000	4.329	0.000	GV	Cumple
N57/N77	51.93	3.750	-2.414	-0.038	-0.035	0.000	4.433	0.143	GV	Cumple
N127/N58	18.64	0.060	-1.633	-0.103	1.954	-0.003	1.199	0.219	GV	Cumple
N59/N76	64.07	4.500	1.864	0.006	-0.091	0.000	-5.882	-0.025	GV	Cumple
N76/N78	62.89	0.000	1.967	0.006	-0.402	0.000	-5.759	-0.028	GV	Cumple
N78/N126	49.44	0.000	2.170	-0.109	-1.335	0.000	-4.456	-0.036	GV	Cumple
N126/N54	39.80	0.060	2.269	0.014	-1.642	0.012	-3.613	0.000	GV	Cumple
N60/N80	66.38	4.500	1.888	0.005	0.095	0.000	6.099	-0.024	GV	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p \acute{e} simos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N80/N82	65.15	0.000	1.991	-0.005	0.417	0.000	5.971	-0.027	GV	Cumple
N82/N128	50.34	0.060	1.811	-0.265	1.383	-0.003	4.535	-0.050	GV	Cumple
N128/N8	41.79	0.060	2.288	0.042	1.702	-0.012	3.747	0.026	GV	Cumple
N61/N62	52.25	3.884	-0.405	0.000	0.004	0.000	4.847	0.000	GV	Cumple
N63/N81	52.18	4.000	-2.302	-0.043	-0.116	0.000	-4.426	0.170	GV	Cumple
N81/N83	48.47	0.000	-2.043	-0.025	-0.728	0.000	-4.004	0.213	GV	Cumple
N83/N129	27.77	0.060	-1.745	0.073	-1.646	0.001	-2.124	0.186	GV	Cumple
N129/N64	17.64	0.060	-1.596	-0.066	-1.953	0.003	-1.206	0.172	GV	Cumple
N2/N10	12.24	2.500	-0.992	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	GV	Cumple
N10/N18	6.14	2.500	-0.320	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	GV	Cumple
N65/N75	27.47	2.063	-0.306	0.032	-0.014	0.000	0.030	0.572	GV	Cumple
N75/N74	15.23	0.000	-0.158	0.404	-0.232	0.000	0.047	0.302	GV	Cumple
N74/N66	19.13	0.000	-0.562	0.417	-3.230	0.000	-0.355	0.047	GV	Cumple
N67/N69	27.99	2.325	-1.451	-0.084	0.135	0.000	-0.314	-0.417	GV	Cumple
N69/N68	24.19	0.000	-1.406	-0.259	-0.517	0.000	-0.419	-0.284	GV	Cumple
N69/N70	3.15	1.220	-0.219	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	GV	Cumple
N73/N74	14.42	1.250	-1.060	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	GV	Cumple
N71/N75	22.63	1.250	-1.661	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	GV	Cumple
N75/N72	19.69	1.225	-1.443	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	GV	Cumple
N76/N77	2.56	2.500	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.113	0.000	GV	Cumple
N78/N79	2.76	2.500	0.186	0.000	0.000	0.000	0.113	0.000	GV	Cumple
N80/N81	2.57	2.500	0.019	0.000	0.000	0.000	0.113	0.000	GV	Cumple
N82/N83	5.68	0.080	0.192	0.000	-0.162	0.000	-0.240	0.001	GV	Cumple
N84/N85	49.11	0.110	0.240	0.000	-13.352	0.000	-2.535	0.000	G	Cumple
N86/N87	49.11	0.120	0.000	0.210	-13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N88/N89	49.11	0.120	0.000	0.210	-13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N90/N91	49.11	0.120	0.000	0.210	-13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N92/N93	49.11	0.120	0.000	0.210	-13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N94/N95	49.11	0.120	0.240	0.000	-13.352	0.000	-2.401	0.000	G	Cumple
N96/N97	49.11	0.120	0.000	0.210	-13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N98/N99	49.11	0.120	0.000	0.210	-13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N100/N101	49.11	0.110	0.240	0.000	-13.352	0.000	-2.535	0.000	G	Cumple
N102/N103	49.11	0.190	-0.240	0.000	13.352	0.000	-2.535	0.000	G	Cumple
N104/N105	49.11	0.180	0.000	-0.210	13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N106/N107	49.11	0.180	0.000	-0.210	13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N108/N109	49.11	0.180	0.000	-0.210	13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N110/N111	49.11	0.180	0.000	-0.210	13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N112/N113	49.11	0.180	-0.240	0.000	13.352	0.000	-2.401	0.000	G	Cumple
N114/N115	49.11	0.180	-0.240	0.000	13.352	0.000	-2.401	0.000	G	Cumple
N116/N117	49.11	0.180	0.000	-0.210	13.352	0.000	-2.401	0.038	G	Cumple
N118/N119	49.11	0.190	0.000	-0.210	13.352	0.000	-2.535	0.040	G	Cumple
N49/N54	15.53	2.460	-2.438	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	GV	Cumple
N86/N84	19.23	2.500	-3.120	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N45/N84	67.66	0.000	3.632	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N50/N86	72.77	0.000	3.906	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N84/N46	46.29	0.000	2.485	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p \acute{e} simos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N86/N51	43.71	0.000	2.346	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N46/N56	73.65	0.172	4.822	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N120/N54	57.98	0.000	1.751	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N56/N49	58.88	0.000	1.778	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N105/N103	19.39	2.500	-3.149	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N103/N48	41.27	0.000	2.216	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N105/N53	42.10	0.000	2.260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N52/N105	72.25	0.000	3.878	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N47/N103	70.38	0.000	3.778	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N98/N5	42.54	0.000	2.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N100/N98	16.21	2.500	-2.549	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N100/N13	42.95	0.000	2.306	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N12/N100	47.51	0.000	2.550	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N4/N98	46.60	0.000	2.501	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N11/N4	72.92	0.000	3.914	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N3/N12	68.40	0.000	3.672	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N62/N121	43.72	0.080	-3.956	0.009	-0.088	0.000	-0.262	0.026	GV	Cumple
N13/N62	81.52	0.172	5.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N62/N16	61.77	0.000	1.865	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N64/N122	88.81	0.080	-3.991	-0.010	-0.214	0.000	-0.872	-0.032	GV	Cumple
N122/N8	60.56	0.000	1.829	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N15/N64	79.09	0.172	5.178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N117/N7	42.19	0.000	2.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N119/N117	19.62	2.500	-3.193	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	GV	Cumple
N119/N15	42.99	0.000	2.308	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N14/N119	70.08	0.000	3.762	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N6/N117	73.30	0.000	3.935	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N8/N16	16.03	2.540	-2.533	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	GV	Cumple
N121/N8	60.84	0.000	1.837	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N5/N121	85.88	0.157	5.622	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N2/N12	61.16	0.085	1.282	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N9/N2	41.51	0.000	1.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N1/N10	54.41	0.000	1.643	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N74/N123	15.71	1.225	-1.145	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	GV	Cumple
N3/N72	36.22	0.000	-1.846	-0.186	-3.388	-0.043	-7.792	-0.018	GV	Cumple
N72/N123	16.40	0.500	-15.493	0.017	-1.182	0.002	2.017	-0.093	G	Cumple
N123/N4	17.19	0.110	-15.449	0.017	-1.579	0.002	2.193	-0.095	G	Cumple
N4/N100	20.65	1.420	-14.451	-0.118	-0.256	0.027	3.097	0.071	G	Cumple
N100/N5	10.32	0.080	-0.960	-0.086	0.296	0.076	0.048	-0.014	GV	Cumple
N11/N12	72.10	0.000	-8.166	0.141	-7.691	-0.002	-18.079	0.304	GV	Cumple
N12/N98	51.98	1.420	-8.293	-0.123	-5.827	-0.003	13.099	-0.076	GV	Cumple
N98/N13	73.85	0.973	-8.021	-0.048	-5.625	-0.003	19.168	-0.019	GV	Cumple
N19/N70	78.20	0.000	-7.349	0.463	-7.867	0.050	-19.299	0.546	GV	Cumple
N70/N20	30.58	0.810	-6.459	-0.123	-5.342	0.050	7.338	-0.144	GV	Cumple
N20/N96	52.41	1.420	-8.267	-0.049	-5.668	-0.041	13.221	-0.074	GV	Cumple
N96/N21	75.11	0.973	-7.623	-0.040	-5.794	-0.071	19.560	-0.014	GV	Cumple

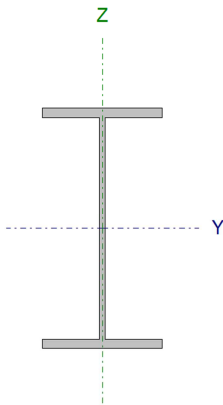
Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N10/N4	67.84	0.085	1.422	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N51/N120	82.85	0.157	5.424	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N120/N56	41.78	4.920	-3.815	-0.008	0.072	0.000	-0.254	0.023	GV	Cumple
N58/N49	57.34	0.115	1.731	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N124/N58	85.62	4.920	-3.844	0.010	0.208	0.000	-0.845	-0.032	GV	Cumple
N124/N54	57.01	0.000	1.722	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N53/N124	83.76	0.157	5.484	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N48/N58	76.29	0.172	4.994	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	GV	Cumple
N4/N12	35.26	2.500	-3.531	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	GV	Cumple
N126/N127	5.82	0.080	-0.369	0.000	-0.154	0.000	-0.218	-0.001	GV	Cumple
N128/N129	4.08	0.080	-0.395	0.000	-0.121	0.000	-0.141	0.000	GV	Cumple

3.2.3.2. Resultados del cálculo realizado por CYPE 3D
Se muestran los estudios límites últimos de cada una de las barras más restrictivas de cada agrupación.



DINTEL PÓRTICO 1 Y 9 NAVE

Barra N51/N56

Perfil: IPE 220 Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
	N51	N56	5.077	33.40	2772.00	205.00
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	0.32	1.00	0.32	1.00		
L _K	1.600	5.080	1.600	5.077		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	λ̄	λ _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
N51/N56	λ̄ < 2.0 Cumple	λ _w ≤ λ _{w,máx} Cumple	x: 5.077 m η = 1.8	x: 0.112 m η = 5.2	x: 0.112 m η = 83.3	x: 5.077 m η = 7.2	x: 0.112 m η = 6.3	x: 0.112 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.112 m η = 85.2	η < 0.1	η = 1.3	x: 5.077 m η = 2.7	η < 0.1	CUMPLE η = 85.2
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 axial combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axial 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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

λ̄ : **0.94** ✓

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 33.40 cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 104.898 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$N_{cr,y} : \underline{226.942} \text{ t}$

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

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

$N_{cr,z} : \underline{169.186} \text{ t}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$N_{cr,T} : \underline{104.898} \text{ t}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{2772.00} \text{ cm}^4$

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

$I_z : \underline{205.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{9.07} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{22700.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{5.080} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{1.600} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{5.077} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : \underline{9.44} \text{ cm}$

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{9.11} \text{ cm}$

$i_z : \underline{2.48} \text{ cm}$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$34.17 \leq 248.36 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : \underline{201.60} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{5.90} \text{ mm}$

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$A_w : \underline{11.89} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{10.12} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.018} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H3+0.75·N(R)2.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{1.594} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{89.170} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{33.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.033} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.052} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N51, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H4+0.75·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$: 2.915 t

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

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

$N_{c,Rd}$: 89.170 t

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 33.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$N_{b,Rd}$: 56.389 t

Donde:

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

A : 33.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : 0.87

χ_z : 0.76

χ_T : 0.63

Siendo:

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

Φ_y : 0.75

Φ_z : 0.87

Φ_T : 1.07

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

α_T : 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

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

λ̄_y : 0.64

λ̄_z : 0.74

λ̄_T : 0.94

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

N_{cr} : 104.898 t

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

N_{cr,y} : 226.942 t

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

N_{cr,z} : 169.186 t

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

N_{cr,T} : 104.898 t

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.339} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.833} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.865} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.581} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{7.609} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{285.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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)

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{6.716} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{3.100} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{285.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

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

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.88}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.41}$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.74}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.64}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.62}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.42}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{20.846} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{3.952} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{11.256} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{3.547} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{LTw}^+ : \underline{17.546} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{1.743} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{252.00} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{205.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{9.07} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$L_c^+ : \underline{1.600} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{5.077} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{r,z}$: 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.

$$i_{r,z}^+ : \underline{2.90} \text{ cm}$$

$$i_{r,z}^- : \underline{2.90} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.072} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.112} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N56, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1.$$

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.111} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{1.551} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{58.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.063} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N51, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1.$$

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

$$V_{Ed} : \underline{1.550} \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{24.525} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.91} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.90} \text{ mm}$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

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

$$30.10 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{30.10}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

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

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEM URODEHORMIGÓN+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{0.091} \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{33.149} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 21.51 cm²

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 33.40 cm²

d : Altura del alma.

d : 201.60 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.90 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$1.550 \text{ t} \leq 12.262 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

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

V_{Ed} : 1.550 t

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

$V_{c,Rd}$: 24.525 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.091 \text{ t} \leq 16.574 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

V_{Ed} : 0.091 t

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

$V_{c,Rd}$: 33.149 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.352} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.852} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.848} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	$N_{c,Ed}$: <u>1.060</u> t
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo p ^{ésimos} , según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}$: <u>2.581</u> t·m
	$M_{z,Ed}^+$: <u>0.002</u> t·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 : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$: <u>89.170</u> t
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$: <u>7.609</u> t·m
	$M_{pl,Rd,z}$: <u>1.551</u> t·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>33.40</u> cm ²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$: <u>285.00</u> cm ³
	$W_{pl,z}$: <u>58.10</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>

	$C_{m,LT}$:	<u>1.00</u>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	<u>0.87</u>
	χ_z :	<u>0.76</u>
χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	χ_{LT} :	<u>0.41</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.64</u>
	$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.74</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	<u>0.60</u>
	α_z :	<u>0.60</u>

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 para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

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

$$1.550 \text{ t} \leq 12.223 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{1.550} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{24.447} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.152} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.027 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en el nudo N56,
para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^{ésimo}.

V_{Ed} : 0.665 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$M_{T,Ed}$: 0.001 t·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 24.447 t

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 24.525 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 12.28 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 9.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen para la
combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^{ésimo}.

V_{Ed} : 0.002 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{33.043} \text{ t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{33.149} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{12.28} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

PILAR PÓRTICO 1 Y 9 NAVE

Barra N52/N103

Perfil: HE 220 B Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N52	N103	5.500	91.00	8091.00	2843.00	76.57
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
Pandeo	Plano XY		Plano XZ		Pandeo lateral	
	Ala sup.	Ala inf.	Ala sup.	Ala inf.	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.70	1.00	0.27		
L _K	0.000	3.850	5.500	1.500		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ̄	λ _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
N52/N103	λ̄ < 2.0 Cumple	λ _w ≤ λ _{w,máx} Cumple	x: 5.42 m η = 0.9	x: 0 m η = 8.1	x: 0 m η = 33.9	x: 0 m η = 15.2	x: 0 m η = 6.7	x: 0 m η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 39.8	η < 0.1	η = 2.1	η = 2.0	η < 0.1	CUMPLE η = 39.8
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

λ̄ : 0.60 ✓

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 91.00 cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 697.894 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{1153.269} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$$N_{cr,T} : \underline{697.894} \text{ t}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{8091.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{2843.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{76.57} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{295400.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.850} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{5.500} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{10.96} \text{ cm}$$

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{9.43} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{5.59} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$$19.79 \leq 163.18 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{188.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$A_w : \underline{17.86} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{35.20} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.420 m del nudo N52, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H3.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{2.090} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{242.949} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.064} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.081} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q4$.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed}: \underline{15.433} \text{ t}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd}: \underline{242.949} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 91.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}:** 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd}: \underline{190.148} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 91.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}:** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_v: \underline{0.90}$$

$$\chi_T: \underline{0.78}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \Phi_v: \underline{0.66}$$

$$\Phi_T: \underline{0.78}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v: \underline{0.34}$$

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

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_v: \underline{0.47}$$

$$\bar{\lambda}_T: \underline{0.60}$$

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

$$N_{cr} : \underline{697.894} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1153.269} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: 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.

$$N_{cr,T} : \underline{697.894} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.332} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.339} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.960} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

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

$$M_{Ed}^- : \underline{7.336} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{22.079} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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)

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{18.068} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{21.665} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

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

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.82}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.98}$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.85}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{0.55}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.76}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.28}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{40.255} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{287.876} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{35.431} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{129.915} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{LTw}^+ : \underline{19.108} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{256.894} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{735.55} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{2843.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{76.57} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$L_c^+ : \underline{5.500} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{1.500} \text{ m}$$

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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{6.10} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{6.10} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.152} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(90°)H3.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.463} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H4+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.602} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{10.516} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.067} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.863} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{42.974} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{220.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 16.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{16.00}$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$

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

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.92}$

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 1.262 \text{ t}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 112.738 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 73.14 \text{ cm}^2$

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : 91.00 \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : 188.00 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 9.50 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.863 \text{ t} \leq 21.487 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 2.863 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 42.974 \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

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

$$1.262 \text{ t} \leq 56.369 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.262} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{112.738} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.398} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.377} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.265} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N52, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{2.363} \text{ t}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{7.298} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.602} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{242.949} \text{ t}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.079} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.516} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : 1.00$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : 1.00$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : 0.60$$

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

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$$C_{m,LT} : 1.00$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.90$$

$$\chi_z : 1.00$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : 1.00$$

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

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

$$\bar{\lambda}_z : 0.00$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

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 para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURRODEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4.

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

$$2.863 \text{ t} \leq 21.471 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : 2.863 \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : 42.942 \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.021 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURRODEHORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.015 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.738} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.020} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q4.$$

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

$$V_{Ed} : \underline{0.854} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{42.942} \text{ t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{42.974} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.86} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (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 p^simos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q4.$$

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^simo.

$$V_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo p^simo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{112.654} \text{ t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{112.738} \text{ t}$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.86} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

DINTEL CENTRAL NAVE (PÓRTICO 2 AL 8)

Barra N41/N44

Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.50 m. Cartela final inferior: 2.50 m.) Material: Acero (S275)									
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾							
		Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	Y _a ⁽⁴⁾ (mm)	Z _a ⁽⁴⁾ (mm)
N41	N44	10.154	119.77	70880.32	1564.32	54.34	0.00	165.58	
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N41) ⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad									
		Pandeo			Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
β		0.16	1.00	0.16	0.47				
L _K		1.600	10.154	1.600	4.800				
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000				
C ₁		-			1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ̄	λ _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 _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N41/N44	x: 0.278 m λ̄ < 2.0 Cumple	x: 0.746 m λ _w ≤ λ _{w,max} Cumple	x: 2.621 m η = 3.6	x: 2.621 m η = 5.9	x: 0.122 m η = 96.7	x: 2.623 m η = 0.9	x: 2.466 m η = 11.4	x: 2.621 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.122 m η = 80.0	η < 0.1	x: 2.621 m η = 1.6	x: 2.466 m η = 6.6	x: 2.621 m η < 0.1	CUMPLE η = 96.7
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

λ̄ : 1.14 ✓

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 : 119.39 cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 256.620 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{1429.353} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{1291.010} \text{ t}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$$N_{cr,T} : \underline{256.620} \text{ t}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{69753.13} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{1564.30} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{54.26} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{1183150.46} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{10.154} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.600} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{4.800} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{24.44} \text{ cm}$$

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{24.17} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.62} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$$74.80 \leq 341.13 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>598.39</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>47.87</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>21.59</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.036} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.621 m del nudo N41, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H3.$$

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

$$N_{t,Ed} : \underline{7.080} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{194.093} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.039} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.059} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.621 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$: 7.548 t

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

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

$N_{c,Rd}$: 194.093 t

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: 72.70 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$N_{b,Rd}$: 128.024 t

Donde:

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

A: 72.70 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : 0.81

χ_z : 0.89

χ_T : 0.66

Siendo:

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

Φ_y : 0.87

Φ_z : 0.67

Φ_T : 1.03

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

α_T : 0.34

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

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

$\bar{\lambda}_y$: 0.78

$\bar{\lambda}_z$: 0.49

$\bar{\lambda}_T$: 0.90

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

$$N_{cr} : \underline{250.236} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{333.398} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{860.784} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{250.236} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.394} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.967} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.122 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{15.967} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.122 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{21.930} \text{ t·m}$$

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

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

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{55.679} \text{ t·m}$$

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

$$M_{c,Rd}^- : \underline{55.679} \text{ t·m}$$

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.

$$\text{Clase}^+ : \underline{3}$$

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

$$W_{el,y}^+ : \underline{2085.54} \text{ cm}^3$$

$W_{el,y}^-$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$$W_{el,y}^- : \underline{2085.54} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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)

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{el,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{50.762} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{ef,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{22.672} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{el,y}^+ : \underline{2085.54} \text{ cm}^3$$

$W_{ef,y}^-$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$$W_{ef,y}^- : \underline{2085.54} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

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

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.91}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.41}$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.63}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.59}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.34}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{el,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.44}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{ef,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.34}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{308.107} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{32.464} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{76.285} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{LTW}^+ : \underline{298.514} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{32.464} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y}^+ : \underline{2130.81} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,y}^- : \underline{2085.54} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1564.38} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{54.59} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>825688</u> kp/cm ²
L_c⁺ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c⁺ : <u>1.600</u> m
L_c⁻ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c⁻ : <u>4.800</u> m
C₁ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	C₁ : <u>1.00</u>
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}⁺ : <u>4.12</u> cm
	i_{f,z}⁻ : <u>4.12</u> cm

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.623 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.044} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{5.099} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{191.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.466 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESÓDEM URO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{5.549} \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{48.538} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{31.49} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

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

$$37.32 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{37.32}$$

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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 2.621 m del nudo N41, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.002} \text{ t}$

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

$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$ $V_{c,Rd} : \underline{70.799} \text{ t}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{45.93} \text{ cm}^2$

$A_v = A - d \cdot t_w$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : \underline{334.60} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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 $V_{c,Rd}$.

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$ $8.072 \text{ t} \leq 43.504 \text{ t}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{8.072} \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{87.009} \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.002 \text{ t} \leq 52.039 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·Q2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.002} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{104.078} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.360} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.800} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.795} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.122 m del nudo N41, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{7.017} \text{ t}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{21.930} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{322.834} \text{ t}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{64.818} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{7.370} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{120.92} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2427.85} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{276.07} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.93}$$

$$\chi_z : \underline{0.88}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.44}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.51}$$

α_y, α_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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

$$8.072 \text{ t} \leq 43.504 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{8.072} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{87.009} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.621 m del nudo N41, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.007} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.453} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{29.37} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.066} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.466 m del nudo N41, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{3.181} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{48.329} \text{ t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{48.538} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{16.58} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{38.79} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

f_v : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.621 m del nudo N41, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q2.

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

V_{Ed} : 0.002 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.006 t·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 70.396 t

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 70.799 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 21.90 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 29.37 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

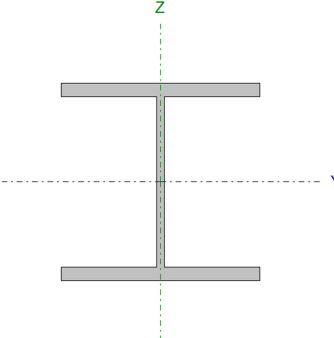
f_v : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

PILAR CENTRAL NAVE (PÓRTICO 2 AL 8)

Barra N88/N41

Perfil: HE 240 B Material: Acero (S275)							
Nudo	Longitud (m)		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N88	N41	1.500	106.00	11260.00	3923.00	102.70	
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	1.00	0.70	1.00	1.00		
	L _K	1.500	1.050	1.500	1.500		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	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 _z V _y
N88/N41	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	x: 0.971 m η = 2.4	x: 0.08 m η = 3.8	x: 0.973 m η = 77.3	x: 0.08 m η = 1.4	x: 0.973 m η = 11.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.973 m η = 80.2	η < 0.1	η = 5.4	η = 7.0	η < 0.1	CUMPLE η = 80.2
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _{wv} : 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 _z V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.28** ✓

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 : 106.00 cm²

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 3683.713 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$N_{cr,y} : \underline{21577.932} \text{ t}$

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

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

$N_{cr,z} : \underline{3683.713} \text{ t}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$N_{cr,T} : \underline{3783.964} \text{ t}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{11260.00} \text{ cm}^4$

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

$I_z : \underline{3923.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{102.70} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{486900.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{1.050} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{1.500} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{1.500} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : \underline{11.97} \text{ cm}$

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{10.31} \text{ cm}$

$i_z : \underline{6.08} \text{ cm}$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$20.60 \leq 168.93 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : \underline{206.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

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

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$A_w : \underline{20.60} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{40.80} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.024} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.971 m del nudo N88, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{6.647} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{272.705} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{106.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.037} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.038} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N88, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : 10.040 \text{ t}$

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

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$ $N_{c,Rd} : 272.705 \text{ t}$

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 : 106.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$ $N_{b,Rd} : 261.782 \text{ t}$

Donde:

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

A : 106.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : 1.00

χ_z : 0.96

χ_T : 0.96

Siendo:

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

φ_y : 0.49

φ_z : 0.56

φ_T : 0.56

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

α_T : 0.49

λ̄: Esbeltez reducida.

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

λ̄_y : 0.12

λ̄_z : 0.28

λ̄_T : 0.28

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

N_{cr} : 3683.713 t

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

N_{cr,y} : 21577.932 t

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

$$N_{cr,z} : \underline{3683.713} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{3783.964} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.773} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.973 m del nudo N88, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{20.941} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.973 m del nudo N88, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{15.022} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{27.090} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1053.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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)

Para esbelteces $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.26}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{428.322} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv} : \underline{176.741} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2 \quad M_{LTW} : 390.157 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.	$W_{el,y} : 938.33 \text{ cm}^3$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 3923.00 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 102.70 \text{ cm}^4$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$
L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$L_c^+ : 1.500 \text{ m}$
L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_c^- : 1.500 \text{ m}$
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.	$i_{f,z}^+ : 6.65 \text{ cm}$ $i_{f,z}^- : 6.65 \text{ cm}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.014 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q1.

$$M_{Ed}^+ : 0.185 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H4.

$$M_{Ed}^- : 0.129 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : 12.822 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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. $W_{pl,z} : 498.40 \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.119 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.973 m del nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR ODEHORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

V_{Ed} : 5.888 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 49.373 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 33.24 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 240.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

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

16.40 < 65.92 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 16.40

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.94

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q1.

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

V_{Ed} : 0.128 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 126.848 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 85.40 cm²

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 106.00 cm²

d : Altura del alma.

d : 206.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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 $V_{c,Rd}$.

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

5.799 t ≤ 24.686 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

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

V_{Ed} : 5.799 t

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

$V_{c,Rd}$: 49.373 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

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

0.128 t ≤ 63.424 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q1.$$

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

V_{Ed} : 0.128 t

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

$V_{c,Rd}$: 126.848 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : **0.802** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : **0.802** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : **0.709** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.973 m del nudo N88, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

Donde:

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

$N_{c,Ed}$: 7.729 t

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

$M_{y,Ed}^+$: 20.941 t·m

y Z, respectivamente.

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{272.705} \text{ t}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{27.090} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{12.822} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{106.00} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{1053.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{498.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.88}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.96}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.12}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.28}$$

α_y , α_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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

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

$$5.799 \text{ t} \leq 24.686 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$V_{Ed,z}$: 5.799 t

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

$V_{c,Rd,z}$: 49.373 t

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.054 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.049 t·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: 0.897 t·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 60.41 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.070 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q2.

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

V_{Ed} : 3.426 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.014 t·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 49.058 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 49.373 t
 $\tau_{T,Ed}$: 23.62 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 60.41 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q2.

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

V_{Ed} : 0.049 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.014 t·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 126.039 t

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 126.848 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 23.62 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 60.41 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

PILARILLO NAVE

Barra N60/N80

Perfil: HE 160 B Material: Acero (S275)						
Nudos Inicial	Nudos Final	Longitud (m)	Características mecánicas			
			Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N60	N80	5.000	54.30	2492.00	889.20	31.24
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 _K	5.000	5.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_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
N60/N80	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.25 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5 m η = 1.3	x: 0 m η = 8.3	x: 4.25 m η = 64.6	x: 5 m η = 6.3	x: 0 m η = 10.3	η = 0.1	x: 0.25 m η < 0.1	x: 0.25 m η < 0.1	x: 4.5 m η = 66.4	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE η = 66.4
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (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.

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

$\bar{\lambda}$: 1.42 ✓

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 cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 75.147 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{210.600} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{75.147} \text{ t}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{2492.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{889.20} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{31.24} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{47940.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : 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_y, i_z : 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_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$$16.75 \leq 164.47 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>134.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>10.72</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>20.80</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (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 N80,
para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H4.$$

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

$$N_{t,Ed} : \underline{1.938} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{144.969} \text{ t}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.083} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGADEBIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 4.107 t

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

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$ $N_{c,Rd}$: 144.969 t

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 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$ $N_{b,Rd}$: 49.397 t

Donde:

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

A : 54.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : 0.69

χ_z : 0.34

Siendo:

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

ϕ_y : 0.97

ϕ_z : 1.81

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

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

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

$\bar{\lambda}_y$: 0.85

$\bar{\lambda}_z$: 1.42

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

N_{cr} : 75.147 t

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

$N_{cr,y}$: 210.600 t

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

$N_{cr,z}$: 75.147 t

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

$N_{cr,T}$: ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.646 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.250 m del nudo N60, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H4$.

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

M_{Ed}^+ : 6.103 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.250 m del nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

M_{Ed}^- : 5.642 t·m

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

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

$M_{c,Rd}$: 9.451 t·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 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

η : 0.063 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N80, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

M_{Ed}^+ : 0.286 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N80, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

$$M_{Ed} : 0.143 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 4.539 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,z} : 170.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.103 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H4.$$

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

$$V_{Ed} : 2.805 \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : 27.190 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 17.64 \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 160.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 8.00 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

f_v : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{13.00} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 13.00

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_v : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

V_{Ed} : 0.057 t

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \mathbf{67.174} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 43.58 cm²

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 54.30 cm²

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} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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 $V_{c,Rd}$.

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

2.644 t ≤ 13.595 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N60, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORODEHORMIGÓN+1.5·V(90°)H4.

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

V_{Ed} : 2.644 t

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

$V_{c,Rd}$: 27.190 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

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

0.057 t ≤ 33.587 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N60, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORODEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

V_{Ed} : 0.057 t

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

$V_{c,Rd}$: 67.174 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.664} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.640} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.500 m del nudo N60, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H4.

Donde:

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

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{1.888} \text{ t}$$

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

$$\mathbf{M_{y,Ed}^+} : \underline{6.099} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{z,Ed}^-} : \underline{0.024} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

$$\mathbf{N_{pl,Rd}} : \underline{144.969} \text{ t}$$

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.

$$\mathbf{M_{pl,Rd,y}} : \underline{9.451} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{pl,Rd,z}} : \underline{4.539} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$\mathbf{M_{ef,Ed}} : \underline{6.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{ef,Ed}} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\mathbf{\sigma_{com,Ed}} : \underline{1695.12} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\sigma_{com,Ed}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$\mathbf{W_{y,com}} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

$$\mathbf{M_{b,Rd,y}} : \underline{9.451} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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 un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N60, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H4.

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

$$\mathbf{2.644 \text{ t} \leq 13.595 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\mathbf{V_{Ed,z}} : \underline{2.644} \text{ t}$$

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

$V_{c,Rd,z}$: 27.190 t

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.

VIGA ATADO NAVE

Barra N5/N13

Perfil: IPE 120 Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N5	N13	5.000	13.20	318.00	27.70	1.74	
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	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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
N5/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 0.8	η = 22.2	x: 2.5 m η = 2.7	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.4	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 25.4	x: 0.313 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 25.4
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
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.																

Limitación de esbeltez (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.

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

$\bar{\lambda}$: 1.17 ✓

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 : 13.20 cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{26.874} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{26.874} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{318.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{890.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.91} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.45} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$$24.41 \leq 248.01 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>107.40</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.40</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.73</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>4.03</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H3.

$$N_{t,Ed}: \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed} : \underline{0.295} \text{ t}$$

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{35.241} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>13.20</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR ODEHORMIGÓN+1.5·V(90°)H4+0.75·N(R)2.

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

$N_{c,Ed}$: 4.279 t

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

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

$N_{c,Rd}$: 35.241 t

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: 13.20 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$N_{b,Rd}$: 19.277 t

Donde:

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

A: 13.20 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : 0.55

Siendo:

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

ϕ_y : 1.29

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

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

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

$\bar{\lambda}_y$: 1.17

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

N_{cr} : 26.874 t

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>26.874</u> t
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>∞</u>
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>∞</u>

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N5, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.044} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{1.621} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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 (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:

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

η : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO A PESO DE MURO DE HORMIGÓN.

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

V_{Ed} : 0.035 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 6.30 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 120.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.40 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

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

21.23 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 21.23

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_v : 2803.26 kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

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

0.031 t ≤ 4.852 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN.

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

V_{Ed} : 0.031 t

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

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.148 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.254 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.140 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H4+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \frac{4.279}{1} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \frac{0.044}{1} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+ : \frac{0.000}{1} \text{ t}\cdot\text{m}$
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 : $\frac{1}{1}$
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \frac{35.241}{1} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \frac{1.621}{1} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \frac{0.363}{1} \text{ t}\cdot\text{m}$
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{13.20}{1} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \frac{60.70}{1} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \frac{13.60}{1} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \frac{2669.77}{1} \text{ kp/cm}^2$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \frac{2803.26}{1} \text{ kp/cm}^2$
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{1}$
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : \frac{1.18}{1}$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : \frac{1.00}{1}$
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \frac{1.00}{1}$ $C_{m,z} : \frac{1.00}{1}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \frac{0.55}{1}$ $\chi_z : \frac{1.00}{1}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \frac{1.17}{1}$ $\bar{\lambda}_z : \frac{0.00}{1}$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \frac{0.60}{1}$ $\alpha_z : \frac{0.60}{1}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (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 0.313 m del nudo N5, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN.

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

$$0.031 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$V_{Ed,z}$: 0.031 t

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

$V_{c,Rd,z}$: 9.703 t

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.

CRUZ DE SAN ANDRÉS INFERIOR FACHADA NAVE

Barra N6/N117

Perfil: R 16 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N6	N117	7.433	2.01	0.32	0.32	0.64
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	0.00	
L _K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														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 _t V _z	M _t V _y	
N6/N117	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 73.3	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 73.3
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez 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 _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 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 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.															

Limitación de esbeltez (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.

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

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: $\underline{2.01}$ cm²

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

f_y: $\underline{2803.26}$ kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr}: $\underline{\infty}$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.733} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2.$$

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

$$N_{t,Ed} : \underline{3.935} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{5.368} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{2.01} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

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

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)

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

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 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 (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)

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 (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 (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.

CRUZ DE SAN ANDRÉS SUPERIOR FACHADA NAVE

Barra N84/N46

Perfil: R 16 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N84	N46	5.220	2.01	0.32	0.32	0.64
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	0.00	
L _K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														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 _t V _z	M _t V _y	
N84/N46	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 46.3	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 46.3
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez 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 _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 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 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.															

Limitación de esbeltez (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.

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

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: $\underline{2.01}$ cm²

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

f_y: $\underline{2803.26}$ kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr}: $\underline{\infty}$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.463 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed}$: 2.485 t

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

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

$N_{t,Rd}$: 5.368 t

Donde:

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

A : 2.01 cm²

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

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

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)

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

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 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 (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)

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 (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 (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.

CRUZ SAN ANDRÉS INFERIOR CUIERTA NAVE

Barra N7/N122

Perfil: R 18 Material: Acero (S275)							
Nudos	Inicial	Final	Longitud (m)	Características mecánicas			
				Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N7	N122		7.126	2.54	0.52	0.52	1.03
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 _K	0.000		0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000		1.000	1.000	1.000		
C ₁			-	1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														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 _t V _z	M _t V _y	
N7/N122	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 87.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 87.4
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez 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 _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 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 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.															

Limitación de esbeltez (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.

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

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{2.54} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.874} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2.$$

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

$$N_{t,Ed} : \underline{5.723} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{6.547} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{2.54} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

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

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)

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

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 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 (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)

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 (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 (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)

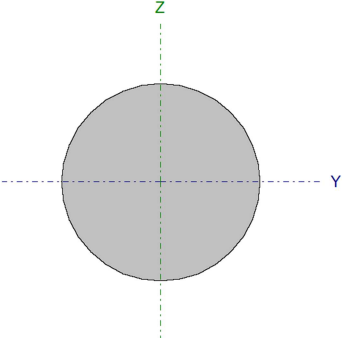
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

CRUZ SAN ANDRÉS SUPERIOR CUBIERTA NAVE

Barra N62/N16

Perfil: R 12 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N62	N16	7.126	1.13	0.10	0.10	0.20
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 _K	0.000	0.000	0.000	0.000	
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														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 _t V _z	M _t V _y	
N62/N16	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 61.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 61.8
Notación: λ: Limitación de esbeltez 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 _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 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 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.															

Limitación de esbeltez (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.

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

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A: 1.13 cm²

f_y: 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.618} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H4+0.75·N(R)2.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{1.865} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{3.019} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{1.13} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

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

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)

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

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 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 (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)

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 (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 (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.

DINTEL VENTANA NAVE

Barra N126/N127

Perfil: HE 120 B Material: Acero (S275)							
Nudos	Inicial	Final	Longitud (m)	Características mecánicas			
				Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N126	N127		5.000	34.00	864.40	317.50	13.84
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 _K	5.000	5.000	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{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
N126/N127	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	η = 0.2	η = 2.1	x: 0.08 m η = 5.0	x: 0.08 m η = 0.6	x: 0.08 m η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 5.8	η < 0.1	η = 0.9	x: 4.92 m η = 0.6	η < 0.1	CUMPLE η = 5.8
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (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.

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

$\bar{\lambda}$: 1.88 ✓

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 : 34.00 cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 26.832 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

$N_{cr,y} : \underline{73.051} \text{ t}$

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

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

$N_{cr,z} : \underline{26.832} \text{ t}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{864.40} \text{ cm}^4$

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

$I_z : \underline{317.50} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{13.84} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{9410.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : \underline{5.90} \text{ cm}$

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

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{5.04} \text{ cm}$

$i_z : \underline{3.06} \text{ cm}$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

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

$15.08 \leq 159.14 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : \underline{98.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$A_w : \underline{6.37} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{0.199} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{90.772} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.021} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{0.423} \text{ t}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{90.772 \text{ t}}$$

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.

$$A : \underline{34.00 \text{ cm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{19.705 \text{ t}}$$

Donde:

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

$$A : \underline{34.00 \text{ cm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.51}$$

$$\chi_z : \underline{0.22}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{1.31}$$

$$\Phi_z : \underline{2.69}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.14}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.88}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{26.832 \text{ t}}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{73.051 \text{ t}}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{26.832 \text{ t}}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.050 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N126, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.022 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N126, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.218 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 4.410 t·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.

$W_{pl,y}$: 165.20 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.006 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N126, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.012 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N126, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.013 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{2.162} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N126, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURRODEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.154} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{16.886} \text{ t}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{10.96} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$11.38 < 64.71 \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{11.38}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

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 para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.004} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{42.589} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.154 \text{ t} \leq 8.443 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.154 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 16.886 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.004 \text{ t} \leq 21.294 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.004 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 42.589 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.054} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.058} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.049} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N126, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEM URODEHORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{0.369} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^- : \underline{0.218} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^- : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : $\underline{1}$
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{90.772} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{4.410} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{2.162} \text{ t}\cdot\text{m}$
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : $\underline{34.00} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$
Siendo: f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$ $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : \underline{1.01}$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : \underline{1.03}$
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.51}$ $\chi_z : \underline{0.22}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{1.14}$ $\bar{\lambda}_z : \underline{1.88}$
α_y, α_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 (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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEM URODEHORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.154 \text{ t} \leq 8.443 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.154} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{16.886} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H3.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.194} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.920 m del nudo N126, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.102} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{16.843} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{16.886} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.73} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (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

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{42.481} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{42.589} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.73} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

BASTIDOR CRUZ DE SAN ANDRÉS

Barra N64/N122

Perfil: IPE 120		Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Caract rísticas mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
	N64	N122	5.000	13.20	318.00	27.70	1.74	
	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	1.00	0.00	0.00			
	L _k	0.000	5.000	0.000	0.000			
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
	C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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 _y V _z		M _z V _y
N64/N122	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 20.9	x: 0.08 m η = 55.0	x: 0.08 m η = 8.9	x: 0.08 m η = 2.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 88.8	η < 0.1	η = 0.7	x: 5 m η = 2.0	η = 0.1	CUMPLE η = 88.8
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_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 _z V _y : 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.																

Limitación de esbeltez (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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : 1.17 \checkmark$

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.

A : 13.20 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 26.874 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$$N_{cr,y} : \underline{26.874} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{318.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{890.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.91} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.45} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$24.41 \leq 248.01 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>107.40</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.40</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.73</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>4.03</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.209} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{4.025} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{35.241} \text{ t}$$

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.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{19.277 \text{ t}}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{13.20 \text{ cm}^2}$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.55}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{1.29}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.17}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{26.874 \text{ t}}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{26.874 \text{ t}}$$

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.550} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N64, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.891 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.872} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{1.621} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.089} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N64, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.032} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.032} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.363} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEM URODEHORMIGÓN+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.214} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{9.703} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.30} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$21.23 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{21.23}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{\max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{\text{ref}} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.010} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$$V_{\text{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{13.062} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{8.47} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{107.40} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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 $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.214 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.214} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{9.703} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.010 \text{ t} \leq 6.531 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.010} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{13.062} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.741} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.888} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.579} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N64, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.991} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.872} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.032} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{35.241} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{1.621} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.363} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.17}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.55}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

α_y , α_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 (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

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.214 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.214} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{9.703} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.007}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.000}$ t·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd} : \underline{0.043}$ t·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{2.76}$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{2669.77}$ kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{2803.26}$ kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.020}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N122, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{0.194}$ t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.000}$ t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd} : \underline{9.679}$ t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd} : \underline{9.703}$ t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : \underline{9.80}$ kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{2.76 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (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 para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.009 \text{ t}}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{13.029 \text{ t}}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{13.062 \text{ t}}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.80 \text{ kp/cm}^2}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{2.76 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

MÉNSULA GRÚA PUENTE

Barra N84/N85

Perfil: HE 160 B Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N84	N85	0.300	54.30	2492.00	889.20	31.24
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	2.00	0.00	0.00		
L _K	0.300	0.600	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_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
N84/N85	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	x: 0.11 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	η = 0.2	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.11 m η = 26.8	x: 0.11 m η = 0.9	x: 0.11 m η = 49.1	η = 0.3	x: 0.11 m η < 0.1	x: 0.11 m η < 0.1	x: 0.11 m η = 27.7	x: 0.11 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE η = 49.1
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 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 compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.10** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A : 54.30 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 14624.990 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{14624.990 \text{ t}}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{20874.062 \text{ t}}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

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_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{2492.00 \text{ cm}^4}$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{889.20 \text{ cm}^4}$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{31.24 \text{ cm}^4}$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{47940.00 \text{ cm}^6}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673 \text{ kp/cm}^2}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688 \text{ kp/cm}^2}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{0.600 \text{ m}}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.300 \text{ m}}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000 \text{ m}}$$

i_0 : 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_y, i_z : 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_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$16.75 \leq 164.47 \checkmark$$

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.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$A_w : \underline{10.72} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{20.80} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q_4$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.240} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{144.969} \text{ t}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.268} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones
 $1.35\cdot PP + 0.8\cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5\cdot Q1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.535} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{9.451} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones
 $0.8\cdot PP + 0.8\cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5\cdot Q1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.040} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{4.539} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

deformación y 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.

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.491} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·Q3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{13.352} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{27.190} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.64} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 13.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.00}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.210} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{67.174} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{43.58} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{134.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_v : 2803.26 kp/cm²
 γ_{M0} : 1.05

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

13.352 t ≤ 13.595 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·Q3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 13.352 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 27.190 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.210 t ≤ 33.587 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.210 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 67.174 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : **0.277** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.273} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.170} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO A PESO DE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 0.000 t

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{y,Ed}** : 2.535 t·m
M_{z,Ed} : 0.040 t·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}** : 144.969 t

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}** : 9.451 t·m

M_{pl,Rd,z} : 4.539 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : 54.30 cm²

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}** : 354.00 cm³

W_{pl,z} : 170.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 2669.77 kp/cm²

f_{yd} = f_y / γ_{M1} **f_y** : 2803.26 kp/cm²

Siendo: **f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente. **C_{m,y}** : 1.00

C_{m,z} : 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y** : 1.00

χ_z : 1.00

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que **λ̄_y** : 0.10

1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.09}$$

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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 un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N84, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot Q3$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$13.352 \text{ t} \leq 13.595 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{13.352} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{27.190} \text{ t}$$

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.

DINTEL PÓRTICO 1 Y 3 ADOSADO

Barra N68/N20

Perfil: IPE 180 Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N68	N20	2.500	23.90	1317.00	101.00	4.79
	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	0.64	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.600	2.500	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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
N68/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	η = 2.2	η = 2.7	x: 2.38 m η = 75.9	x: 0 m η = 64.3	x: 2.38 m η = 10.4	η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.38 m η = 87.6	η < 0.1	η = 26.1	x: 2.38 m η = 0.7	η = 1.0	CUMPLE η = 87.6
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.90** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 23.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 83.355 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y} : \underline{445.201} \text{ t}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z} : \underline{83.355} \text{ t}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{1317.00} \text{ cm}^4$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{101.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{4.79} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{7430.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{2.500} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{1.600} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : \underline{7.70} \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{7.42} \text{ cm}$

$i_z : \underline{2.06} \text{ cm}$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$30.94 \leq 250.32 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : \underline{164.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{vf} = f_y$$

$$A_w : \underline{8.69} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{7.28} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1.$$

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.378} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{63.808} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.027} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35 · PP + 0.8 · CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN + 1.5 · V(180°)H4 + 0.75 · N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 1.127 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 63.808 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase: 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 23.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0}: 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 42.331 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 23.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1}: 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y: 0.96

χ_z: 0.66

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

φ_y: 0.59

φ_z: 1.02

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y: 0.21

α_z: 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄_y: 0.39

λ̄_z: 0.90

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr}: 83.355 t

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y}: 445.201 t

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z}: 83.355 t

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T}: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.759 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.380 m del nudo N68, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DEBIDO APESODEMURORODEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 3.365 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.380 m del nudo N68, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DEBIDO APESODEMURORODEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 1.325 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 4.432 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 166.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.643 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DEBIDO APESODEMURORODEHORMIGÓN+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.594 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DEBIDO APESODEMURORODEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.444 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.924} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.104} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.380 m del nudo N68, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO A PESO DE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.788} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{17.270} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{11.20} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 27.55 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 27.55

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MUR O DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1.$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.296 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{23.442} \text{ t}$$

Donde:

A_v : rea transversal a cortante. A_v : 15.21 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : rea de la sección bruta. A : 23.90 cm²

d : Altura del alma. d : 164.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 5.30 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.624 \text{ t} \leq 8.635 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.624} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{17.270} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.296 \text{ t} \leq 11.721 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1.$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.296} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{23.442} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.876} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.842} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta : 0.586$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 2.380 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo p^{ésimo}.

N_{c,Ed} : $\frac{1.127}{1}$ t

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo p^{ésimos}, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed}⁺ : $\frac{3.365}{1}$ t·m

M_{z,Ed}⁻ : $\frac{0.091}{1}$ t·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 : $\frac{1}{1}$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

N_{pl,Rd} : $\frac{63.808}{1}$ t

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{pl,Rd,y} : $\frac{4.432}{1}$ t·m

M_{pl,Rd,z} : $\frac{0.924}{1}$ t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : $\frac{23.90}{1}$ cm²

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

W_{pl,y} : $\frac{166.00}{1}$ cm³

W_{pl,z} : $\frac{34.60}{1}$ cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : $\frac{2669.77}{1}$ kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\frac{2803.26}{1}$ kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : $\frac{1.05}{1}$

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 : $\frac{1.00}{1}$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : $\frac{1.03}{1}$

C_{m,y}, **C_{m,z}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

C_{m,y} : $\frac{1.00}{1}$

C_{m,z} : $\frac{1.00}{1}$

χ_y, **χ_z**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : $\frac{0.96}{1}$

χ_z : $\frac{0.66}{1}$

λ̄_y, **λ̄_z**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

λ̄_y : $\frac{0.39}{1}$

λ̄_z : $\frac{0.90}{1}$

α_y, **α_z**: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : $\frac{0.60}{1}$

α_z : $\frac{0.60}{1}$

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 p^{ésimo} **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.624 \text{ t} \leq 8.635 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.624} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{17.270} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.261} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.024} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.092} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.380 m del nudo N68, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.110} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.018 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 15.862 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 17.270 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 301.38 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 5.99 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.010 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.219 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.018 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 21.530 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 23.442 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 301.38 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 5.99 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

PILAR PÓRTICO 1 Y 3 ADOSADO

Barra N17/N18

Perfil: HE 120 B		Material: Acero (S275)		Características mecánicas			
Nudos Inicial	Nudos Final	Longitud (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N17	N18	4.000	34.00	864.40	317.50	13.84	
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	0.70	0.70	0.38	1.00			
L _K	2.800	2.800	1.500	4.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.91 m η = 0.6	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 58.6	x: 0 m η = 16.0	x: 3.91 m η = 7.1	x: 0 m η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 68.7	η < 0.1	η = 4.8	η = 1.7	η < 0.1	CUMPLE η = 68.7
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.06 ✓

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 : 34.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 85.561 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y} : \underline{232.942} \text{ t}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z} : \underline{85.561} \text{ t}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T} : \underline{364.483} \text{ t}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{864.40} \text{ cm}^4$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{317.50} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{13.84} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{9410.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{2.800} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{2.800} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{4.000} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : \underline{5.90} \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{5.04} \text{ cm}$

$i_z : \underline{3.06} \text{ cm}$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$15.08 \leq 159.14 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : \underline{98.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$A_w : \underline{6.37} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.910 m del nudo N17, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.544} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{90.772} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.021} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : 0.986 \text{ t}$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$ $N_{c,Rd} : 90.772 \text{ t}$

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 : 34.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$ $N_{b,Rd} : 46.154 \text{ t}$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.82

χ_z : 0.51

χ_T : 0.84

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

Φ_y : 0.78

Φ_z : 1.27

Φ_T : 0.71

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

α_T : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.64

$\bar{\lambda}_z$: 1.06

$\bar{\lambda}_T$: 0.51

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 85.561 t

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y} : 232.942 \text{ t}$
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z} : 85.561 \text{ t}$
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T} : 364.483 \text{ t}$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.467 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.586 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.844 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 2.058 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : 4.410 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 165.20 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : 4.153 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : 3.510 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor

$$W_{pl,y} : 165.20 \text{ cm}^3$$

tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.94}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.80}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.62}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{0.88}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.44}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.80}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{23.802} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{7.237} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{18.458} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{6.922} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : \underline{15.029} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{2.113} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{144.07} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{317.50} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{13.84} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.500} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{4.000} \text{ m}$$

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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.33} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.33} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.160 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1.$$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.346 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.251 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 2.162 t·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.

$W_{pl,z}$: 80.97 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.071 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.910 m del nudo N17, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1.$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.206 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{16.886} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{10.96} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{120.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 11.38 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{11.38}$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.92}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17,
para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.378 \text{ t}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 42.589 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 27.63 \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : 34.00 \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : 98.00 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 6.50 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.103 \text{ t} \leq 8.443 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 1.103 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 16.886 \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.378 \text{ t} \leq 21.294 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.378} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{42.589} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.557} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.651} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.687} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.892} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{2.058} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.174} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{90.772} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{4.410} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{2.162} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.03}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.82}$$

$$\chi_z : \underline{0.51}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.80}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.64}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.06}$$

α_y , α_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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.103 \text{ t} \leq 8.443 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.103} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{16.886} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.009} \text{ t·m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.194} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.286} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{16.879} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{16.886} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.54} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (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+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.009} \text{ t}$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{42.572} \text{ t}$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{42.589} \text{ t}$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.54} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

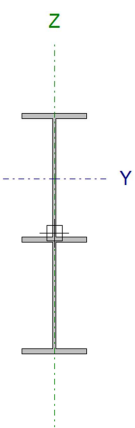
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

DINTEL PÓRTICO 2 ADOSADO
Barra N10/N12

Perfil: IPE 180, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 0.50 m. Cartela final inferior: 0.50 m.)
Material: Acero (S275)

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾						
		Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽⁴⁾ (mm)
N10	N12	5.000	38.87	5342.47	151.42	7.06	0.00	76.51

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N10)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme
(4) Coordenadas del centro de gravedad



	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.32	0.15	0.32	0.67
L _K	1.600	0.745	1.600	3.340
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000
C ₁	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C₁: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ̄	λ _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
N10/N12	x: 0.06 m λ̄ < 2.0 Cumple	x: 0.06 m λ _w ≤ λ _{w,max} Cumple	x: 0.559 m η = 2.9	x: 0.559 m η = 7.5	x: 4.381 m η = 77.7	x: 4.379 m η = 1.5	x: 4.411 m η = 10.3	x: 0.559 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.381 m η = 74.4	η < 0.1	x: 4.381 m η = 1.6	x: 4.379 m η = 7.4	x: 0.559 m η < 0.1	CUMPLE η = 77.7

Notación:
λ̄: Limitación de esbeltez
λ_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_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
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 1.22 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 39.73 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 74.418 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{22725.997} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{124.981} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{74.418} \text{ t}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{5970.15} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{151.44} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{7.14} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{29393.61} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{0.745} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.600} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{3.340} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{12.41} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{12.26} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.95} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$62.90 \leq 356.90 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>333.38</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.30</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>17.67</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>7.28</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²
Siendo:	
$f_{yf} = f_y$	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.559 m del nudo N10, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1.

$$N_{t,Ed}: \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed} : \underline{1.870} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{63.808} \text{ t}$$

Donde:

$$A: \text{Área bruta de la sección transversal de la barra.} \quad A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

$$f_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.050} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.075} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.559 m del nudo N10, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 3.179 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 63.808 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase: 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 23.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 42.331 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 23.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y : 1.00

χ_z : 0.66

χ_T : 0.69

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

Φ_y : 0.50

Φ_z : 1.02

Φ_T : 0.98

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

α_T : 0.34

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.12

$\bar{\lambda}_z$: 0.90

$\bar{\lambda}_T$: 0.86

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{83.355} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{5013.295} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{83.355} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{90.379} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.540} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.777} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.381 m del nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.392} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.381 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.804} \text{ t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{4.432} \text{ t·m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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)

El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{3.718} \text{ t·m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{2.322} \text{ t·m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.84}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.52}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.81}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.34}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.72}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.21}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{9.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{3.180} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{5.742} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{2.751} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : \underline{6.956} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{1.596} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{146.33} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{101.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{4.79} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.600} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{3.340} \text{ m}$$

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

$$i_{f,z}^+ : \underline{2.40} \text{ cm}$$

sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{r,z} : \underline{2.40} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.379 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN+1.5·Q1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.014} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.379 m del nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN+1.5·V(90°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.924} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.103} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.411 m del nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURODEHORMIGÓN+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.667} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{16.198} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{10.51} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 27.55 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{27.55}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (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 en un punto situado a una distancia de 0.559 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{23.442} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.21} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.538 \text{ t} \leq 14.271 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI).$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.538} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{28.542} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.001 \text{ t} \leq 17.331 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1.$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.001 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 34.663 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.433 ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.744 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.381 m del nudo N10, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 1.502 t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 1.804 t·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.002 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$: 63.808 t

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$: 4.432 t·m

$M_{pl,Rd,z}$: 0.924 t·m

Resistencia a pandeo (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed}$: -1.721 t·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed}$: 1036.52 kp/cm²

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com}$: 166.00 cm³

A: Área de la sección bruta.

A : 23.90 cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$: 2.322 t·m

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 para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.538 \text{ t} \leq 14.271 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{1.538}{1} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{28.542}{1} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.381 m del nudo N10, para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.092} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.379 m del nudo N10, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(270°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.272} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{17.253} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{17.270} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.73} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (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 en un punto situado a una distancia de 0.559 m del nudo N10, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·Q+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{23.407} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{23.442} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{5.61} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

VIGA ATADO ADOSADO

Barra N4/N12

Perfil: IPE 100 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N4	N12	5.000	10.30	171.00	15.90	1.20
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	1.00	0.00	0.00	0.00	
L _k	0.000	5.000	0.000	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ̄	λ _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
N4/N12	λ̄ < 2.0 Cumple	x: 0.313 m λ _w ≤ λ _{w,máx} Cumple	η = 1.8	η = 31.2	x: 2.5 m η = 3.2	M _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.3	V _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 35.3	x: 0.313 m η < 0.1	M _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 35.3
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
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.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : **1.41** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.30 cm²

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{14.451} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$$N_{cr,y} : \underline{14.451} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{171.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{15.90} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{350.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{4.26} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.07} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.24} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$21.61 \leq 246.60 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>88.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.10</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>3.63</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>3.14</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (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 para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H3.

N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : <u>0.505</u> t
---	--

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} = A · f _{yd}	N_{t,Rd} : <u>27.499</u> t
---	---

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>10.30</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.128} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.312} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.531} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{27.499} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{11.312} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.41}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{1.63}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.41}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{14.451} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>14.451</u> t
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>∞</u>
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>∞</u>

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N4, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.034} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{1.052} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{39.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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 (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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO A PESO DE MURO DE HORMIGÓN.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.027} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{7.802} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{5.06} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$18.20 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.20}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : $\underline{2395.51}$ kp/cm²

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_v : $\underline{2803.26}$ kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$0.024 \text{ t} \leq 3.901 \text{ t}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N4, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : $\underline{0.024}$ t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: $\underline{7.802}$ t

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : $\underline{0.161}$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : $\underline{0.353}$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : $\underline{0.153}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N4, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(90°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : $\frac{3.531}{}$ t
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : $\frac{0.034}{}$ t·m
	M_{z,Ed}⁺ : $\frac{0.000}{}$ t·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 : $\frac{1}{}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : $\frac{27.499}{}$ t
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : $\frac{1.052}{}$ t·m
	M_{pl,Rd,z} : $\frac{0.246}{}$ t·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{10.30}{}$ cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : $\frac{39.40}{}$ cm ³
	W_{pl,z} : $\frac{9.20}{}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{2669.77}{}$ kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\frac{2803.26}{}$ kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : $\frac{1.05}{}$
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 : $\frac{1.25}{}$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : $\frac{1.00}{}$
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : $\frac{1.00}{}$
	C_{m,z} : $\frac{1.00}{}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : $\frac{0.41}{}$
	χ_z : $\frac{1.00}{}$
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : $\frac{1.41}{}$
	λ̄_z : $\frac{0.00}{}$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : $\frac{0.60}{}$
	α_z : $\frac{0.60}{}$

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 un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N4, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.024 \text{ t} \leq 3.901 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.024} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{7.802} \text{ t}$$

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.

CRUZ SAN ANDRÉS FACHADA ADOSADO

Barra N1/N10

Perfil: R 12		Material: Acero (S275)					
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N1	N10	6.403	1.13	0.10	0.10	0.20
	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 _K	0.000	0.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												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 _t V _z	M _t V _y
N1/N10	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 54.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 54.4
Notación: λ: Limitación de esbeltez 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 _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 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 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.															

Limitación de esbeltez (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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{1.13} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.544 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 1.643 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 3.019 t

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 1.13 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 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 (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)

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 (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 (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.

CRUZ SAN ANDRÉS CUBIERTA ADOSADO

Barra N10/N4

Perfil: R 10 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N10	N4	7.071	0.79	0.05	0.05	0.10
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	.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: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												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 _t V _z	M _t V _y
N10/N4	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 67.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 67.8
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez 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 _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 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 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.															

Limitación de esbeltez (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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A: 0.79 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr}: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.678} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.422} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{2.097} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{0.79} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 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 (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)

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 (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 (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.

DINTEL VENTANA ADOSADO

Barra N71/N75

Perfil: IPE 120 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N71	N75	2.500	13.20	318.00	27.70	1.74
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 _K	2.500	2.500	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_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
N71/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.258 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 4.4	η = 22.3	x: 1.25 m η = 0.6	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.06 m η = 0.2	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.258 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 1.25 m η = 22.6	x: 0.258 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 22.6
Notación: λ: Limitación de esbeltez λ _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 _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 η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
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.																

Limitación de esbeltez (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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.99 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 13.20 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$N_{cr} : \underline{9.364} \text{ t}$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y} : \underline{107.497} \text{ t}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z} : \underline{9.364} \text{ t}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : \underline{318.00} \text{ cm}^4$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : \underline{890.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : \underline{2.500} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : \underline{2.500} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : \underline{4.91} \text{ cm}$

$i_z : \underline{1.45} \text{ cm}$

y_0, z_0 : 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 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$24.41 \leq 248.01 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{107.40} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{4.73} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{4.03} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.044} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODEMUR O DE HORMIGÓN+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.566} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{35.241} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.047} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.223} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
0.8·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURORDEHORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 1.661 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 35.241 t

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 : 13.20 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 7.462 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 13.20 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.89

χ_z : 0.21

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

φ_y : 0.71

φ_z : 2.78

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄_y : 0.59

λ̄_z : 1.99

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 9.364 t

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 107.497 t

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 9.364 t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.006 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N71, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.010 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 1.621 t·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.

$W_{pl,y}$: 60.70 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 (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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDO APESODE MURO DE HORMIGÓN.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.017 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 6.30 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 120.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.40 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

21.23 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 21.23

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_v : 2803.26 kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$0.014 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.258 m del nudo N71, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.014 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.053 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.059 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.226 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N71, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURO DE HORMIGÓN+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{1.661} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : $\underline{1}$
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{35.241} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{1.621} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{0.363} \text{ t}\cdot\text{m}$
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : \underline{1.02}$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : \underline{1.31}$
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.89}$ $\chi_z : \underline{0.21}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{0.59}$ $\bar{\lambda}_z : \underline{1.99}$
α_y, α_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 (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 0.258 m del nudo N71, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CARGA DE BIDOAPESODEMURRODEHORMIGÓN.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.014 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.014} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{9.703} \text{ t}$$

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.

3.2.3.3. Comprobaciones ELU resumido

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w,msk}$	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
N1/N71	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 3.3 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 26.7$	x: 0 m $\eta = 15.6$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 42.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.7$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 42.9$
N71/N73	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 0.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 0.5 m $\eta = 24.5$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 10.2$	x: 0.5 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 27.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.7$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 27.2$
N73/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 0.11 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0.11 m $\eta = 26.1$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0.11 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.11 m $\eta = 28.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 28.4$
N2/N66	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	$\eta = 0.6$	$\eta = 1.8$	x: 0.06 m $\eta = 37.5$	x: 2.5 m $\eta = 75.3$	x: 0.06 m $\eta = 3.5$	$\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.5 m $\eta = 76.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 28.8$	x: 2.5 m $\eta = 1.1$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 76.8$
N66/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	$\eta = 2.6$	$\eta = 9.0$	x: 2.39 m $\eta = 53.4$	x: 0 m $\eta = 75.3$	x: 2.39 m $\eta = 7.3$	$\eta = 1.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 85.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 29.7$	x: 2.39 m $\eta = 1.2$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 85.0$
N6/N119	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.42 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 30.5$	x: 0 m $\eta = 15.7$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 36.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.8$	$\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.6$
N119/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 1.407 m $\eta = 0.7$	x: 0.08 m $\eta = 0.8$	x: 1.407 m $\eta = 7.8$	x: 0.08 m $\eta = 4.2$	x: 1.407 m $\eta = 4.1$	x: 0.08 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 9.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.9$	$\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 9.6$
N5/N62	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.077 m $\eta = 1.3$	x: 0.112 m $\eta = 5.5$	x: 0.112 m $\eta = 65.3$	x: 0.112 m $\eta = 7.0$	x: 5.077 m $\eta = 6.4$	x: 0.112 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.112 m $\eta = 70.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	x: 5.077 m $\eta = 2.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 70.2$
N62/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 4.993 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 45.1$	x: 4.995 m $\eta = 12.6$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 49.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 49.3$
N7/N64	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.077 m $\eta = 1.6$	x: 0.112 m $\eta = 5.5$	x: 0.112 m $\eta = 54.3$	x: 5.077 m $\eta = 7.0$	x: 5.077 m $\eta = 6.5$	x: 0.112 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.112 m $\eta = 56.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.9$	x: 5.077 m $\eta = 3.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 56.7$
N64/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 4.993 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 39.8$	x: 4.995 m $\eta = 11.7$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 40.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.0$	x: 4.995 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 40.9$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 3.727 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 61.6$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 12.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 69.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.1$
N10/N12	x: 0.06 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.06 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 0.559 m $\eta = 2.9$	x: 0.559 m $\eta = 7.5$	x: 0.559 m $\eta = 77.7$	x: 0.559 m $\eta = 1.5$	x: 4.379 m $\eta = 10.3$	x: 0.559 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.381 m $\eta = 74.4$	$\eta < 0.1$	x: 4.381 m $\eta = 1.6$	x: 4.379 m $\eta = 7.4$	x: 0.559 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.7$
N14/N117	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.418 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 5.42 m $\eta = 50.7$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 5.42 m $\eta = 12.0$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.42 m $\eta = 55.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	$\eta = 7.4$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 55.0$
N117/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 0.971 m $\eta = 2.5$	x: 0.08 m $\eta = 3.4$	x: 0.973 m $\eta = 74.2$	x: 0.08 m $\eta = 3.7$	x: 0.973 m $\eta = 13.1$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.973 m $\eta = 77.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.3$	$\eta = 6.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.6$
N13/N121	x: 0.278 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.746 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.621 m $\eta = 3.9$	x: 2.621 m $\eta = 6.7$	x: 0.122 m $\eta = 89.5$	x: 5.077 m $\eta = 1.1$	x: 2.466 m $\eta = 11.4$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.122 m $\eta = 74.5$	$\eta < 0.1$	x: 2.623 m $\eta = 1.7$	x: 2.466 m $\eta = 6.5$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 89.5$
N121/N16	x: 4.921 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.453 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.576 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 2.578 m $\eta = 62.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.578 m $\eta = 60.7$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 62.1$
N15/N122	x: 0.278 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.746 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.621 m $\eta = 3.6$	x: 2.621 m $\eta = 6.2$	x: 0.122 m $\eta = 93.8$	x: 5.077 m $\eta = 1.0$	x: 2.466 m $\eta = 10.2$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.122 m $\eta = 78.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.621 m $\eta = 3.0$	x: 2.466 m $\eta = 6.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 93.8$
N122/N16	x: 4.921 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.453 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.576 m $\eta = 4.1$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 2.578 m $\eta = 64.4$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.578 m $\eta = 63.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.578 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 64.4$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 3.91 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 58.6$	x: 0 m $\eta = 16.0$	x: 3.91 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 68.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.8$	$\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.7$
N18/N68	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	$\eta = 1.9$	$\eta = 2.7$	x: 0.06 m $\eta = 30.8$	x: 2.5 m $\eta = 64.3$	x: 0.06 m $\eta = 3.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.5 m $\eta = 68.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 25.1$	x: 0.06 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 68.2$
N68/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	$\eta = 2.2$	$\eta = 2.7$	x: 2.38 m $\eta = 75.9$	x: 0 m $\eta = 64.3$	x: 2.38 m $\eta = 10.4$	$\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.38 m $\eta = 87.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 26.1$	x: 2.38 m $\eta = 0.7$	$\eta = 1.0$	CUMPLE $\eta = 87.6$
N22/N115	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.418 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 5.42 m $\eta = 51.7$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 5.42 m $\eta = 12.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.42 m $\eta = 55.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 7.2$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 55.7$
N115/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 0.971 m $\eta = 2.3$	x: 0.08 m $\eta = 3.4$	x: 0.973 m $\eta = 75.4$	x: 0.08 m $\eta = 1.4$	x: 0.973 m $\eta = 13.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.973 m $\eta = 78.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.5$	$\eta = 7.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 78.7$
N21/N24	x: 0.278 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.746 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.621 m $\eta = 3.4$	x: 2.621 m $\eta = 6.0$	x: 0.122 m $\eta = 91.3$	x: 2.623 m $\eta = 1.5$	x: 2.466 m $\eta = 11.2$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.122 m $\eta = 76.3$	$\eta < 0.1$	x: 2.621 m $\eta = 2.2$	x: 2.466 m $\eta = 6.4$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 91.3$
N23/N24	x: 0.278 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.746 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.621 m $\eta = 3.4$	x: 2.621 m $\eta = 6.2$	x: 0.122 m $\eta = 95.3$	x: 2.623 m $\eta = 0.9$	x: 2.466 m $\eta = 10.4$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.122 m $\eta = 79.4$	$\eta < 0.1$	x: 2.621 m $\eta = 1.7$	x: 2.466 m $\eta = 6.2$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 95.3$
N27/N113	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.418 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 5.42 m $\eta = 51.1$	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 5.42 m $\eta = 11.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.42 m $\eta = 55.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	$\eta = 7.0$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 55.0$
N113/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 0.971 m $\eta = 2.3$	x: 0.08 m $\eta = 3.4$	x: 0.973 m $\eta = 74.0$	x: 0.08 m $\eta = 1.4$	x: 0.973 m $\eta = 12.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.973 m $\eta = 77.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.4$	$\eta = 7.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.2$
N26/N29	x: 0.278 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.746 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.621 m $\eta = 3.4$	x: 2.621 m $\eta = 5.9$	x: 0.122 m $\eta = 96.7$	x: 2.623 m $\eta = 0.9$	x: 2.466 m $\eta = 11.4$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.122 m $\eta = 80.0$	$\eta < 0.1$	x: 2.621 m $\eta = 1.6$	x: 2.466 m $\eta = 6.6$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 96.7$
N28/N29	x: 0.278 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.746 m $\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 2.621 m $\eta = 3.3$	x: 2.621 m $\eta = 6.1$	x: 0.122 m $\eta = 93.4$	x: 2.623 m $\eta = 0.9$	x: 2.466 m $\eta = 10.4$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.122 m $\eta = 77.7$	$\eta < 0.1$	x: 2.621 m $\eta = 1.6$	x: 2.466 m $\eta = 6.2$	x: 2.621 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 93.4$
N32/N111	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,msk} \leq \lambda_{w,msk}$ Cumple	x: 5.418 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 5.42 m $\eta = 51.1$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 5.42 m $\eta = 11.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.42 m $\eta = 55.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	$\eta = 7$		

N38/N43	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 11.9$	$\eta = 10.7$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 14.6$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 14.6$
N43/N48	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 11.9$	$\eta = 11.2$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 14.6$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 14.6$
N48/N53	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta = 20.3$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 23.5$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 23.5$
N55/N56	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.388 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 7.766 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 7.1$	$x: 3.884 \text{ m}$ $\eta = 49.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 8.9$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.388 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 3.884 \text{ m}$ $\eta = 50.7$	$x: 0.388 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 50.7$
N57/N77	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.25 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.5$	$x: 3.75 \text{ m}$ $\eta = 47.0$	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 6.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 8.6$	$\eta = 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 3.75 \text{ m}$ $\eta = 51.9$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 51.9$
N59/N76	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.25 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.1$	$x: 4.25 \text{ m}$ $\eta = 62.3$	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 6.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.0$	$\eta = 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 64.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 64.1$
N76/N78	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 1.5 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 60.9$	$x: 1.5 \text{ m}$ $\eta = 8.0$	$x: 1.5 \text{ m}$ $\eta = 4.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 62.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 62.9$
N78/N126	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 47.1$	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 9.9$	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 6.1$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 49.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 49.4$
N126/N54	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 1.632 \text{ m}$ $\eta = 1.7$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 2.0$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 38.2$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 5.0$	$x: 1.634 \text{ m}$ $\eta = 9.1$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 39.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.8$
N60/N80	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.25 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 8.3$	$x: 4.25 \text{ m}$ $\eta = 64.6$	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 6.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.3$	$\eta = 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 66.4$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 66.4$
N80/N82	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 1.44 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 63.2$	$x: 1.44 \text{ m}$ $\eta = 8.6$	$x: 1.44 \text{ m}$ $\eta = 5.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 65.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 65.2$
N82/N128	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 2.2$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 48.0$	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 5.8$	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 6.3$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 50.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 50.3$
N128/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 1.632 \text{ m}$ $\eta = 1.7$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 2.0$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 39.7$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 3.0$	$x: 1.634 \text{ m}$ $\eta = 9.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 41.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 41.8$
N61/N62	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.388 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 7.766 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 7.3$	$x: 3.884 \text{ m}$ $\eta = 51.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.388 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 3.884 \text{ m}$ $\eta = 52.3$	$x: 0.388 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 52.3$
N63/N81	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.25 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.3$	$x: 3.75 \text{ m}$ $\eta = 48.7$	$x: 5 \text{ m}$ $\eta = 6.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.0$	$\eta = 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 4 \text{ m}$ $\eta = 52.2$	$x: 0.25 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 52.2$
N81/N83	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 1.44 \text{ m}$ $\eta = 1.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 43.7$	$x: 1.44 \text{ m}$ $\eta = 7.8$	$x: 1.44 \text{ m}$ $\eta = 6.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 48.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 48.5$
N83/N129	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 2.4$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 22.5$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 5.1$	$x: 0.44 \text{ m}$ $\eta = 7.7$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 27.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.0$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 27.8$
N129/N64	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.818 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 2.3$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 12.8$	$x: 0.82 \text{ m}$ $\eta = 7.3$	$x: 0.82 \text{ m}$ $\eta = 9.3$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 17.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.6$
N2/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 1.5$	$\eta = 9.7$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 3.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 12.2$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 12.2$
N10/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.313 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 1.6$	$\eta = 2.8$	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 3.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 6.1$	$x: 0.313 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 6.1$
N65/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.206 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 3.3 \text{ m}$ $\eta = 0.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$x: 3.3 \text{ m}$ $\eta = 3.4$	$x: 1.856 \text{ m}$ $\eta = 26.5$	$\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.4$	$x: 0.206 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.206 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 2.063 \text{ m}$ $\eta = 27.5$	$x: 0.206 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 27.5$
N75/N74	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.5 \text{ m}$ $\eta = 0.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$x: 0.5 \text{ m}$ $\eta = 8.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 14.0$	$\eta = 2.4$	$x: 0.5 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 15.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 15.2$
N74/N66	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.11 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 8.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.9$	$\eta = 19.1$	$x: 0.11 \text{ m}$ $\eta = 1.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 19.1$
N67/N69	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.194 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 3.1 \text{ m}$ $\eta = 0.8$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.2$	$x: 3.1 \text{ m}$ $\eta = 9.5$	$x: 1.938 \text{ m}$ $\eta = 23.2$	$\eta = 0.8$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 2.325 \text{ m}$ $\eta = 28.0$	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 28.0$
N69/N68	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$x: 0.808 \text{ m}$ $\eta = 0.8$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 15.2$	$\eta = 3.1$	$x: 0.81 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 24.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 24.2$
N69/N70	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.253 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 1.9$	$\eta = 2.9$	$x: 1.22 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 2.38 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.253 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 1.22 \text{ m}$ $\eta = 3.1$	$x: 0.253 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 3.1$
N73/N74	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.258 \text{ m}$ $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 1.6$	$\eta = 14.2$	$x: 1.25 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0.06 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.258 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 1.25 \text{ m}$ $\eta = 14.4$	$x: 0.258 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾			

Notación:

$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_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
 $N M_Y M_Z$: 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
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

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.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (7) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (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.
- (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

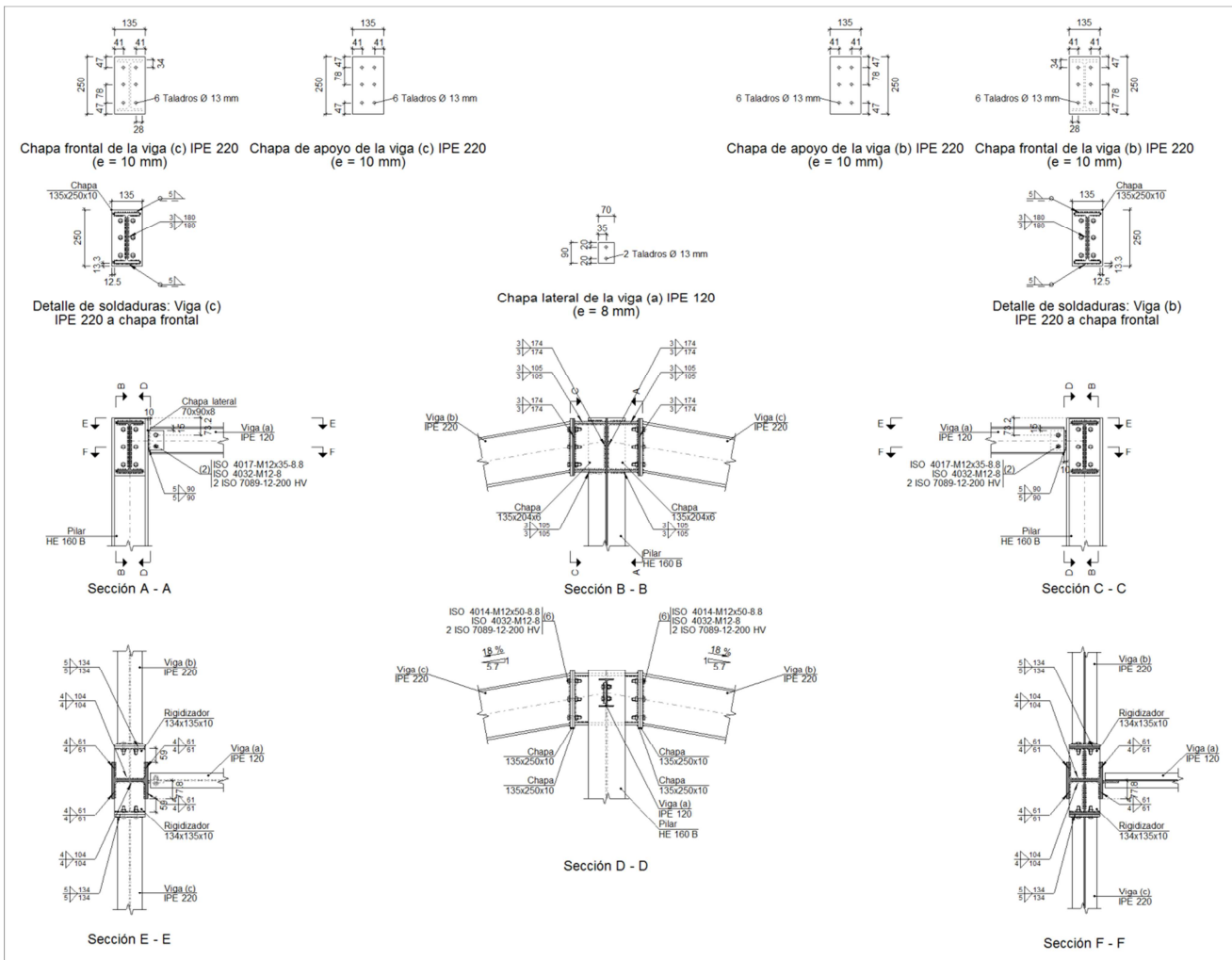
3.2.3.4. Cálculo de uniones

3.2.3.4.1. Nave principal

TIPO 39 PÓRTICO 9

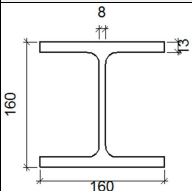
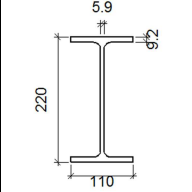
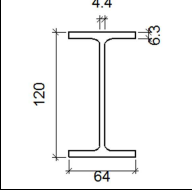
DINTEL-PILARILLO-BATIDOR CRUS DE SAN ANDRÉS

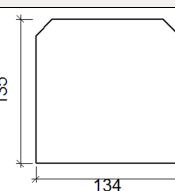
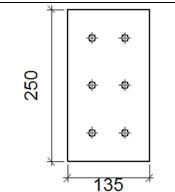
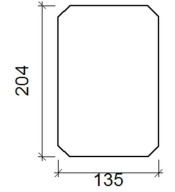
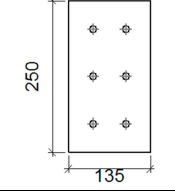
a) Detalle

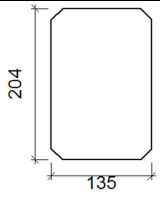
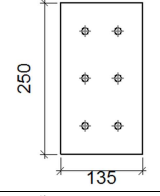
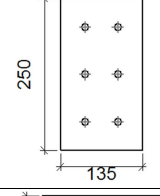
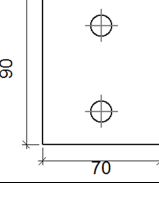


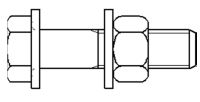
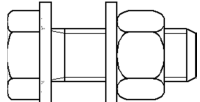
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
		Geometría				Acero			
Pieza	Descripción	Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 220		220	110	9.2	5.9	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		134	135	10	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 220		135	250	10	6	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 220		135	204	6	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 220		135	250	10	6	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 220		135	204	6	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (c) IPE 220		135	250	10	6	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 220		135	250	10	6	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (a) IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería							
Descripción	Geometría			Acero			
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9	
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9	

c) Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	25.89
	Cortante	kN	12.28	243.92	5.03

	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	82.90	261.90	31.65
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	95.68	261.90	36.53
	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	83.44	261.90	31.86
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	105.99	261.90	40.47
	Chapa frontal [Viga (c) IPE 220]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
		Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
	Chapa vertical [Viga (c) IPE 220]	Cortante	kN	62.74	95.26	65.86
	Chapa frontal [Viga (b) IPE 220]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
		Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
	Chapa vertical [Viga (b) IPE 220]	Cortante	kN	65.51	95.26	68.76
	Ala	Desgarro	N/mm ²	44.09	261.90	16.83
		Cortante	N/mm ²	48.25	261.90	18.42
Viga (c) IPE 220	Rigidizadores	Tracción	kN	14.19	144.05	9.85
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	53.69	97.11	55.29
	Chapa vertical	Tracción	kN	34.87	112.17	31.08
Viga (b) IPE 220	Rigidizadores	Tracción	kN	15.20	144.05	10.55
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	57.53	97.11	59.24
	Chapa vertical	Tracción	kN	36.57	112.17	32.60

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	61	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	5	135	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	61	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	5	135	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	61	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	5	135	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	61	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	5	135	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	174	6.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	174	6.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	105	6.0	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	105	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	174	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	174	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	105	6.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	105	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	59.8	103.6	26.86	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	6.0	10.4	2.70	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	25.1	25.1	1.1	50.2	13.00	25.1	7.64	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	69.1	119.6	30.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	8.5	14.7	3.80	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	37.2	37.2	6.0	75.1	19.45	37.2	11.33	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	60.2	104.3	27.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	6.0	10.3	2.67	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	26.9	26.9	0.2	53.8	13.94	26.9	8.20	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	76.5	132.5	34.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	9.1	15.7	4.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	40.1	40.1	6.3	81.0	20.99	40.1	12.23	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	11.9	20.6	5.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	11.9	20.6	5.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	72.6	125.7	32.58	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	99.6	172.5	44.70	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	11.7	20.3	5.27	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	11.7	20.3	5.27	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	74.2	128.6	33.32	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	104.0	180.1	46.67	0.0	0.00	410.0	0.85

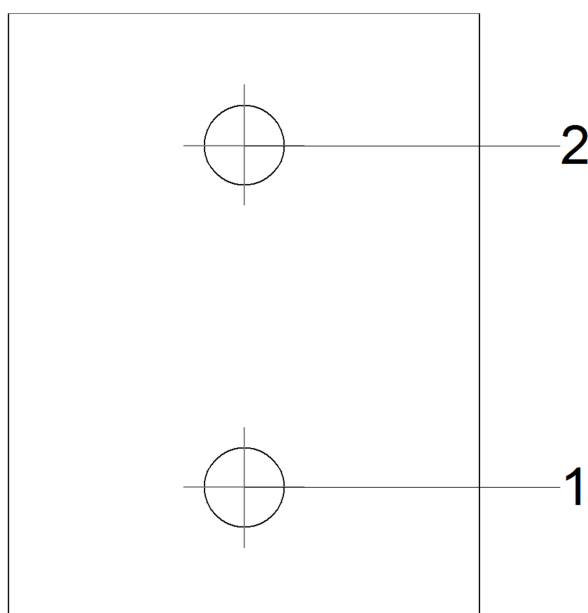
2) Viga (a) IPE 120

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29	
	Tensiones combinadas	--	--	--	13.12	
	Pandeo local	N/mm ²	34.35	241.98	14.20	
	Aplastamiento	kN	12.20	70.65	17.27	
	Desgarro	kN	23.95	77.42	30.94	
Alma	Aplastamiento	kN	12.20	43.30	28.18	
	Desgarro	kN	23.95	66.89	35.81	

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	18.8	18.8	0.2	37.6	9.75	18.8	5.74	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	11.835	26.976	43.87	Vástago	0.000	48.557	0.00	43.87	43.87
	Aplastamiento	11.835	70.640	16.75	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		
2	Sección transversal	12.201	26.976	45.23	Vástago	0.000	48.557	0.00	45.23	45.23
	Aplastamiento	12.201	70.648	17.27	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

3) Viga (c) IPE 220

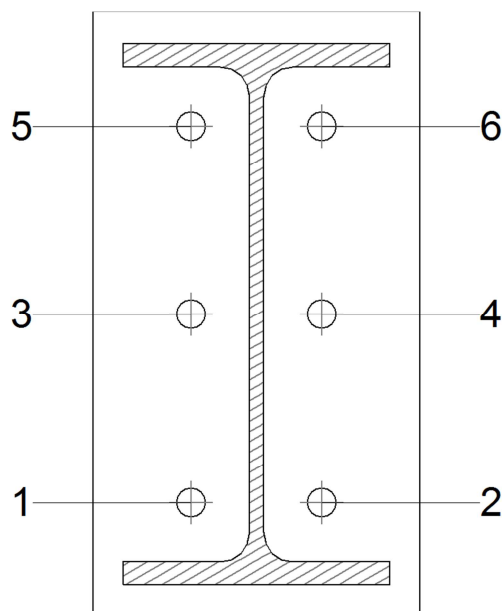
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	53.69	97.11	55.29
Ala	Compresión	kN	55.30	269.12	20.55
	Tracción	kN	13.97	132.52	10.54
Alma	Tracción	kN	34.87	110.87	31.45

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	110	9.2	80.02	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	180	5.9	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	110	9.2	80.02				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	43.8	52.2	0.8	100.5	26.05	50.3	15.32	410.0	0.85
Soldadura del alma	74.2	74.2	2.2	148.4	38.46	74.2	22.62	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	54.7	65.1	6.9	125.9	32.63	67.8	20.67	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-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
5	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
6	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0

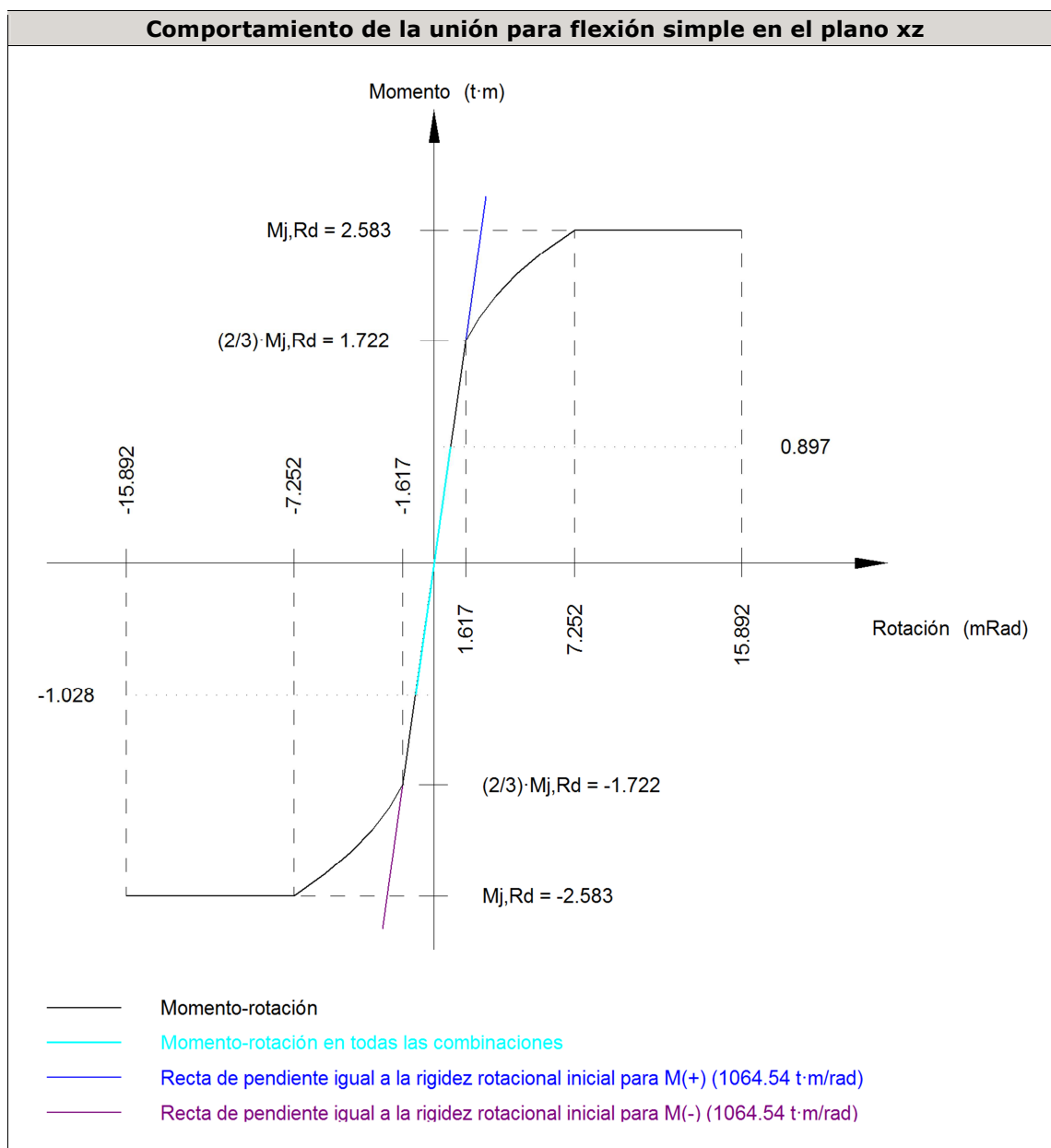
--: La comprobación no procede.

Resistencia					
Tornillo	Cortante	Tracción		Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)

	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	3.558	36.191	9.83	Vástago	26.845	48.557	55.29	46.77	55.29
	Aplastamiento	3.558	98.400	3.62	Punzonamiento	26.845	117.563	22.83		
2	Sección transversal	2.939	36.191	8.12	Vástago	23.868	48.557	49.15	39.47	49.15
	Aplastamiento	2.939	98.400	2.99	Punzonamiento	23.868	117.563	20.30		
3	Sección transversal	5.937	36.191	16.41	Vástago	22.316	48.557	45.96	37.95	45.96
	Aplastamiento	5.937	98.400	6.03	Punzonamiento	22.316	117.563	18.98		
4	Sección transversal	2.460	36.191	6.80	Vástago	16.700	48.557	34.39	28.91	34.39
	Aplastamiento	2.460	98.400	2.50	Punzonamiento	16.700	117.563	14.20		
5	Sección transversal	5.937	36.191	16.41	Vástago	17.733	48.557	36.52	32.89	36.52
	Aplastamiento	5.937	98.400	6.03	Punzonamiento	17.733	117.563	15.08		
6	Sección transversal	2.091	36.191	5.78	Vástago	15.628	48.557	32.18	27.98	32.18
	Aplastamiento	2.091	98.400	2.12	Punzonamiento	15.628	117.563	13.29		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	434.23	1064.54
Calculada para momentos negativos	434.23	1064.54

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	10.09	25.34	39.81
Capacidad de rotación	mRad	60.795	667	9.12

4) Viga (b) IPE 220

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	57.53	97.11	59.24
Ala	Compresión	kN	59.49	269.12	22.10
	Tracción	kN	14.97	132.52	11.30
Alma	Tracción	kN	36.57	110.87	32.98

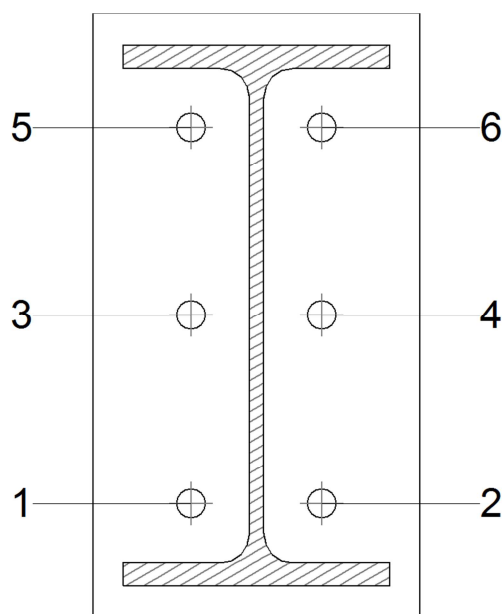
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	110	9.2	80.02
Soldadura del alma	En ángulo	3	180	5.9	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	110	9.2	80.02

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	45.0	53.6	1.0	103.2	26.74	51.7	15.77	410.0	0.85
Soldadura del alma	79.5	79.5	2.2	159.0	41.21	79.5	24.23	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	59.0	70.3	7.3	135.9	35.22	73.4	22.37	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-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
5	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0
6	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	41	78	54	24.0

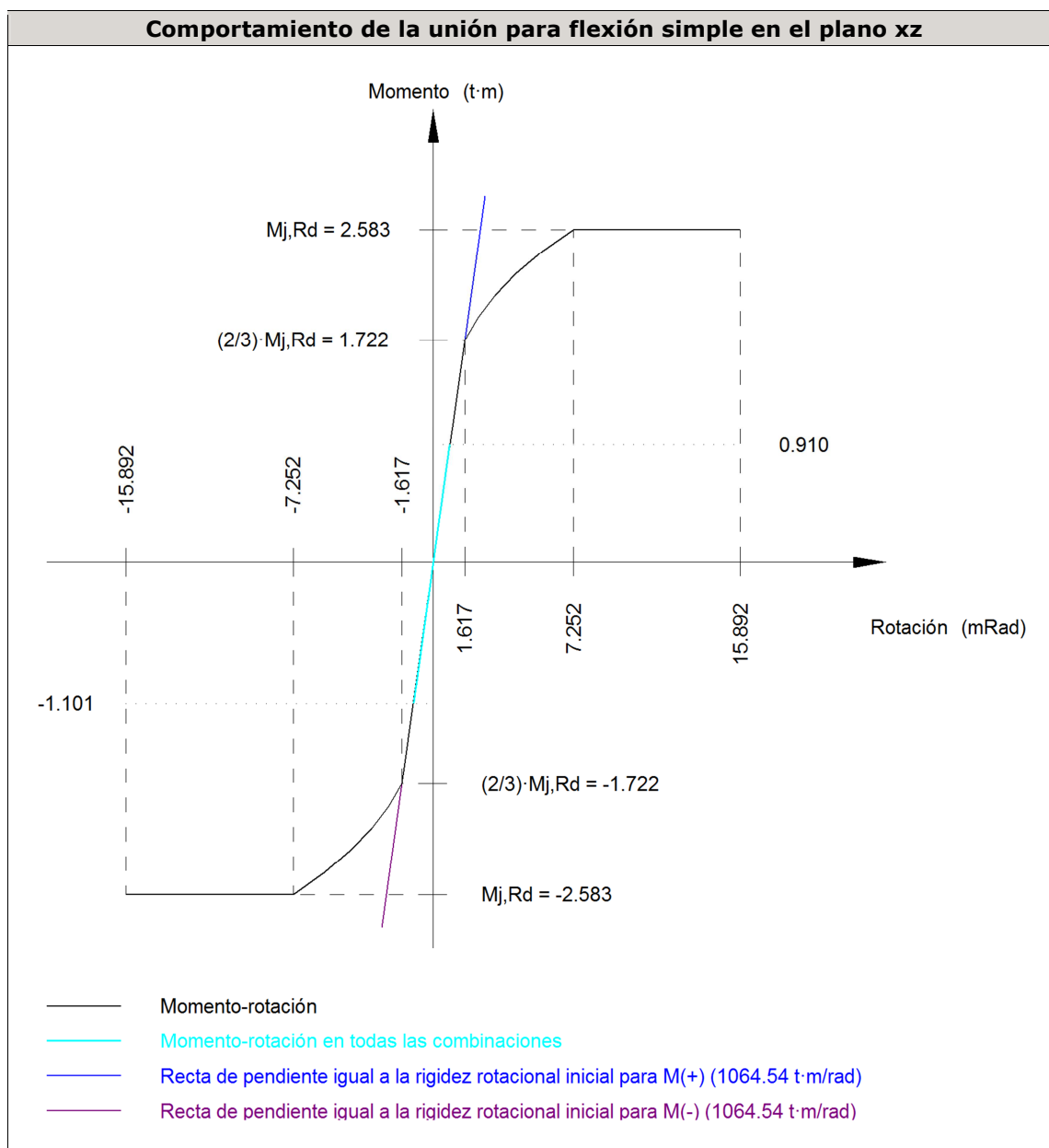
--: La comprobación no procede.

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	3.094	36.191	8.55	Vástago	24.823	48.557	51.12	41.75	51.12
	Aplastamiento	3.094	98.400	3.14	Punzonamiento	24.823	117.563	21.11		
2	Sección transversal	3.678	36.191	10.16	Vástago	28.763	48.557	59.24	50.10	59.24
	Aplastamiento	3.678	98.400	3.74	Punzonamiento	28.763	117.563	24.47		
3	Sección transversal	2.528	36.191	6.98	Vástago	17.366	48.557	35.76	30.21	35.76
	Aplastamiento	2.528	98.400	2.57	Punzonamiento	17.366	117.563	14.77		
4	Sección transversal	5.990	36.191	16.55	Vástago	23.405	48.557	48.20	39.77	48.20
	Aplastamiento	5.990	98.400	6.09	Punzonamiento	23.405	117.563	19.91		
5	Sección transversal	2.037	36.191	5.63	Vástago	17.446	48.557	35.93	30.44	35.93
	Aplastamiento	2.037	98.400	2.07	Punzonamiento	17.446	117.563	14.84		
6	Sección transversal	5.990	36.191	16.55	Vástago	17.909	48.557	36.88	32.91	36.88
	Aplastamiento	5.990	98.400	6.09	Punzonamiento	17.909	117.563	15.23		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	434.23	1064.54
Calculada para momentos negativos	434.23	1064.54

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	10.80	25.34	42.63
Capacidad de rotación	mRad	65.087	667	9.76

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	2954
			4	1808
			5	2095

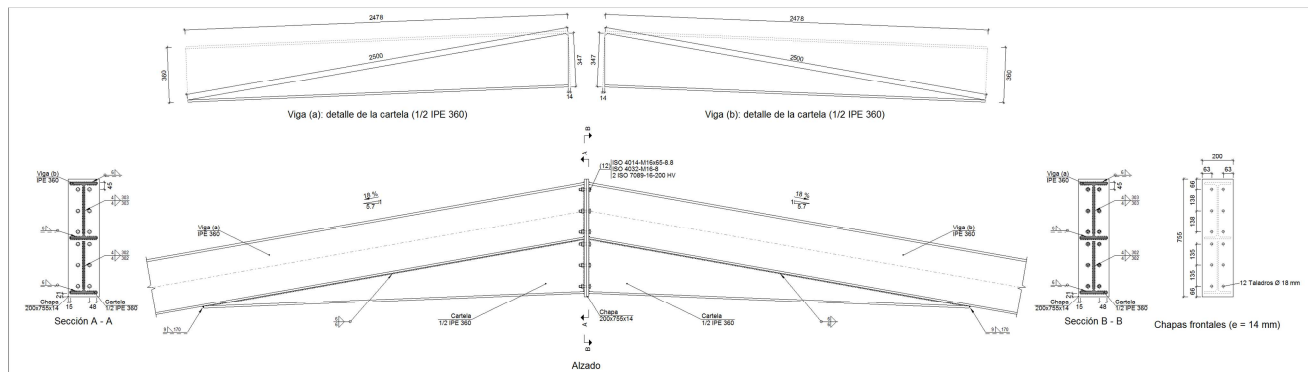
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	134x135x10	5.68
	Chapas	2	135x204x6	2.59
		1	70x90x8	0.40
		4	135x250x10	10.60
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4014-M12x50
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	14	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	28	ISO 7089-12

TIPO 63 PÓRTICO 8

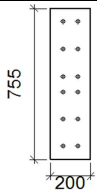
DINTEL-DINTEL

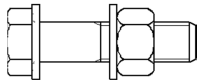
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 360		360	170	12.7	8	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal		200	755	14	12	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 360

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	75.78	180.86	41.90
Ala	Aplastamiento	kN	206.62	574.14	35.99
	Tracción	kN	20.06	269.05	7.46
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	35.08	315.31	11.13
	Tracción	kN	57.90	206.67	28.02

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma	En ángulo	4	303	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	317	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	87.71	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	2500	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	82.31	

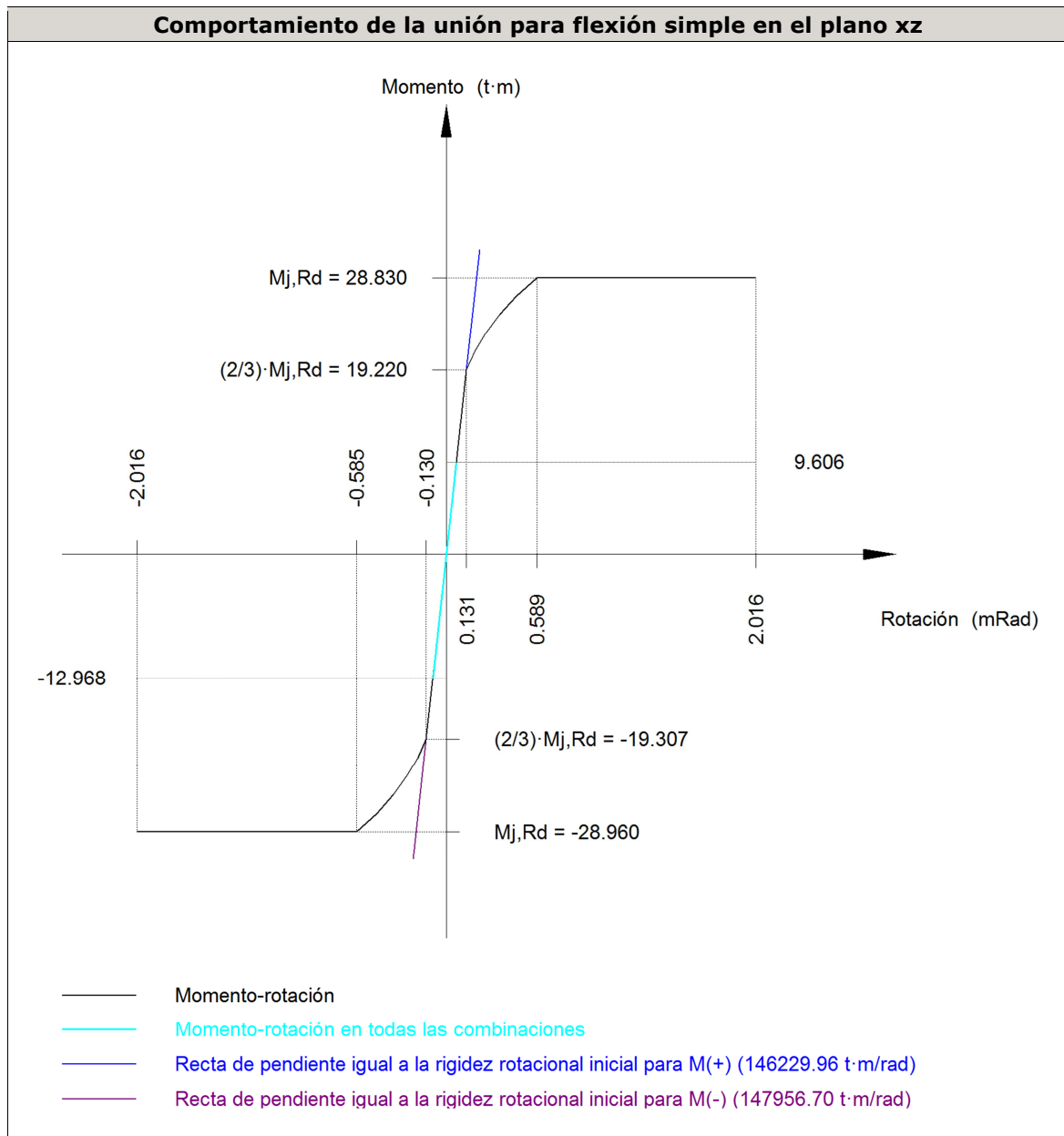
*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	51.4	61.3	0.5	117.9	30.56	58.3	17.78	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	53.8	53.8	0.3	107.5	27.86	53.8	16.39	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	20.2	24.1	0.3	46.4	12.02	20.2	6.16	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	56.1	56.1	1.0	112.2	29.08	56.1	17.11	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	49.2	47.3	0.1	95.5	24.76	49.2	15.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.7	4.6	1.19	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 (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	11192.34	146229.96
Calculada para momentos negativos	11192.34	147956.70

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	127.21	284.10	44.78
Capacidad de rotación	mRad	43.480	667	6.52

2) Viga (b) IPE 360

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	75.78	180.86	41.90
Ala	Compresión	kN	206.62	574.14	35.99
	Tracción	kN	20.06	269.05	7.46
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	35.08	315.31	11.13
	Tracción	kN	57.90	206.67	28.02

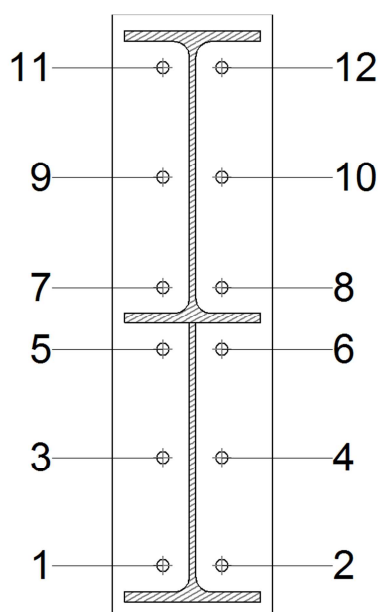
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma	En ángulo	4	303	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	317	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	87.71	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	2500	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	82.31	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	51.4	61.2	0.5	117.8	30.54	58.3	17.77	410.0	0.85
Soldadura del alma	53.8	53.8	0.4	107.5	27.86	53.8	16.39	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	20.2	24.1	0.3	46.4	12.02	20.2	6.16	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	56.1	56.1	0.9	112.2	29.08	56.1	17.11	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	49.2	47.2	0.1	95.4	24.73	49.2	14.98	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.2	3.9	1.00	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



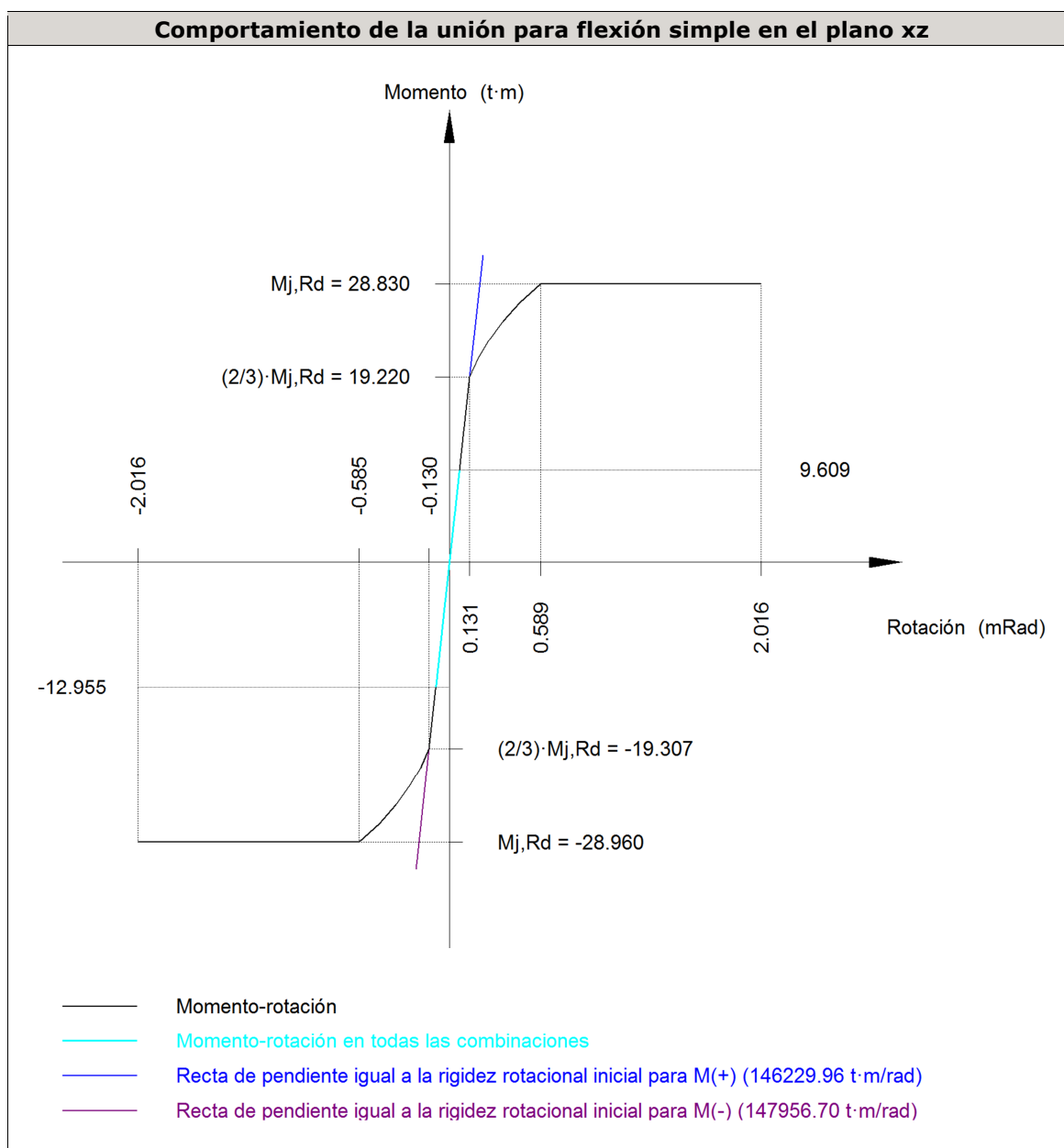
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	32.5
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	32.5
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	33.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.5
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.5
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	33.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	33.0
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	32.5
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	32.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.812	64.340	7.48	Vástago	37.812	90.432	41.81	30.54	41.81
	Aplastamiento	4.812	183.680	2.62	Punzonamiento	37.812	219.639	17.22		
2	Sección transversal	4.812	64.340	7.48	Vástago	37.892	90.432	41.90	30.55	41.90
	Aplastamiento	4.812	183.680	2.62	Punzonamiento	37.892	219.639	17.25		
3	Sección transversal	1.903	64.340	2.96	Vástago	33.790	90.432	37.36	27.36	37.36
	Aplastamiento	1.903	183.680	1.04	Punzonamiento	33.790	219.639	15.38		
4	Sección transversal	1.903	64.340	2.96	Vástago	33.884	90.432	37.47	27.38	37.47
	Aplastamiento	1.903	183.680	1.04	Punzonamiento	33.884	219.639	15.43		
5	Sección transversal	1.204	64.340	1.87	Vástago	20.655	90.432	22.84	17.00	22.84
	Aplastamiento	1.204	183.680	0.66	Punzonamiento	20.655	219.639	9.40		
6	Sección transversal	1.204	64.340	1.87	Vástago	20.739	90.432	22.93	17.01	22.93
	Aplastamiento	1.204	183.680	0.66	Punzonamiento	20.739	219.639	9.44		
7	Sección transversal	1.204	64.340	1.87	Vástago	20.317	90.432	22.47	16.44	22.47
	Aplastamiento	1.204	183.680	0.66	Punzonamiento	20.317	219.639	9.25		
8	Sección transversal	1.237	64.340	1.92	Vástago	20.304	90.432	22.45	16.38	22.45
	Aplastamiento	1.237	183.680	0.67	Punzonamiento	20.304	219.639	9.24		
9	Sección transversal	2.412	64.340	3.75	Vástago	32.535	90.432	35.98	26.18	35.98
	Aplastamiento	2.412	183.680	1.31	Punzonamiento	32.535	219.639	14.81		
10	Sección transversal	2.412	64.340	3.75	Vástago	32.520	90.432	35.96	26.14	35.96
	Aplastamiento	2.412	183.680	1.31	Punzonamiento	32.520	219.639	14.81		
11	Sección transversal	6.583	64.340	10.23	Vástago	36.172	90.432	40.00	29.17	40.00
	Aplastamiento	6.583	183.680	3.58	Punzonamiento	36.172	219.639	16.47		
12	Sección transversal	6.583	64.340	10.23	Vástago	36.159	90.432	39.98	29.13	39.98
	Aplastamiento	6.583	183.680	3.58	Punzonamiento	36.159	219.639	16.46		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
----------------------------	-----------------------	-----------------------

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	11192.34	146229.96
Calculada para momentos negativos	11192.34	147956.70



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	127.09	284.10	44.73
Capacidad de rotación	mRad	43.436	667	6.52

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	2420
			6	11819
			9	340

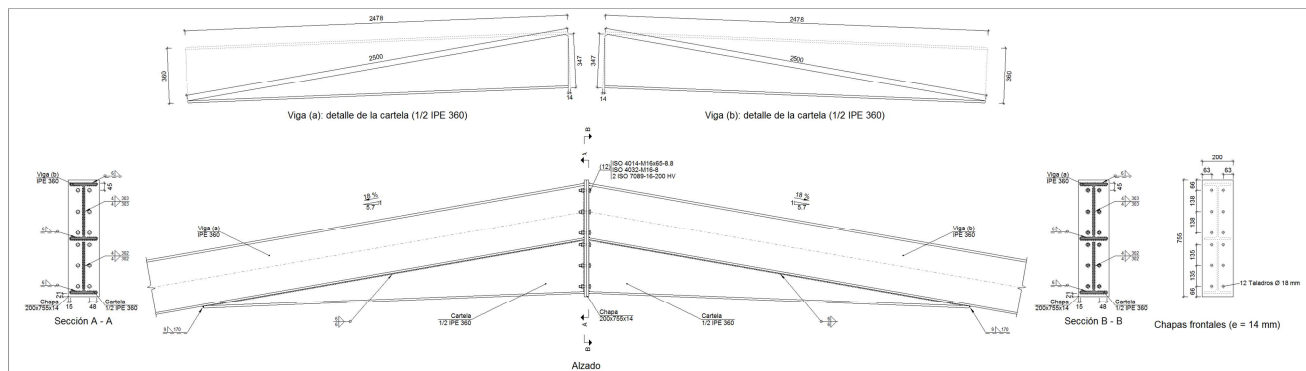
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	200x755x14	33.19
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4014-M16x65
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-16

TIPO 26 PÓRTICO INTERMEDIO

DINTEL-DINTEL

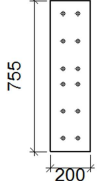
a) Detalle

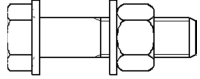


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 360		360	170	12.7	8	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios

Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal		200	755	14	12	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 360

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	73.79	180.86	40.80
Ala	Aplastamiento	kN	203.41	574.14	35.43
	Tracción	kN	19.54	269.05	7.26
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	30.00	315.31	9.52
	Tracción	kN	56.34	206.67	27.26

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma	En ángulo	4	303	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	317	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	87.71	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	2500	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	82.31	

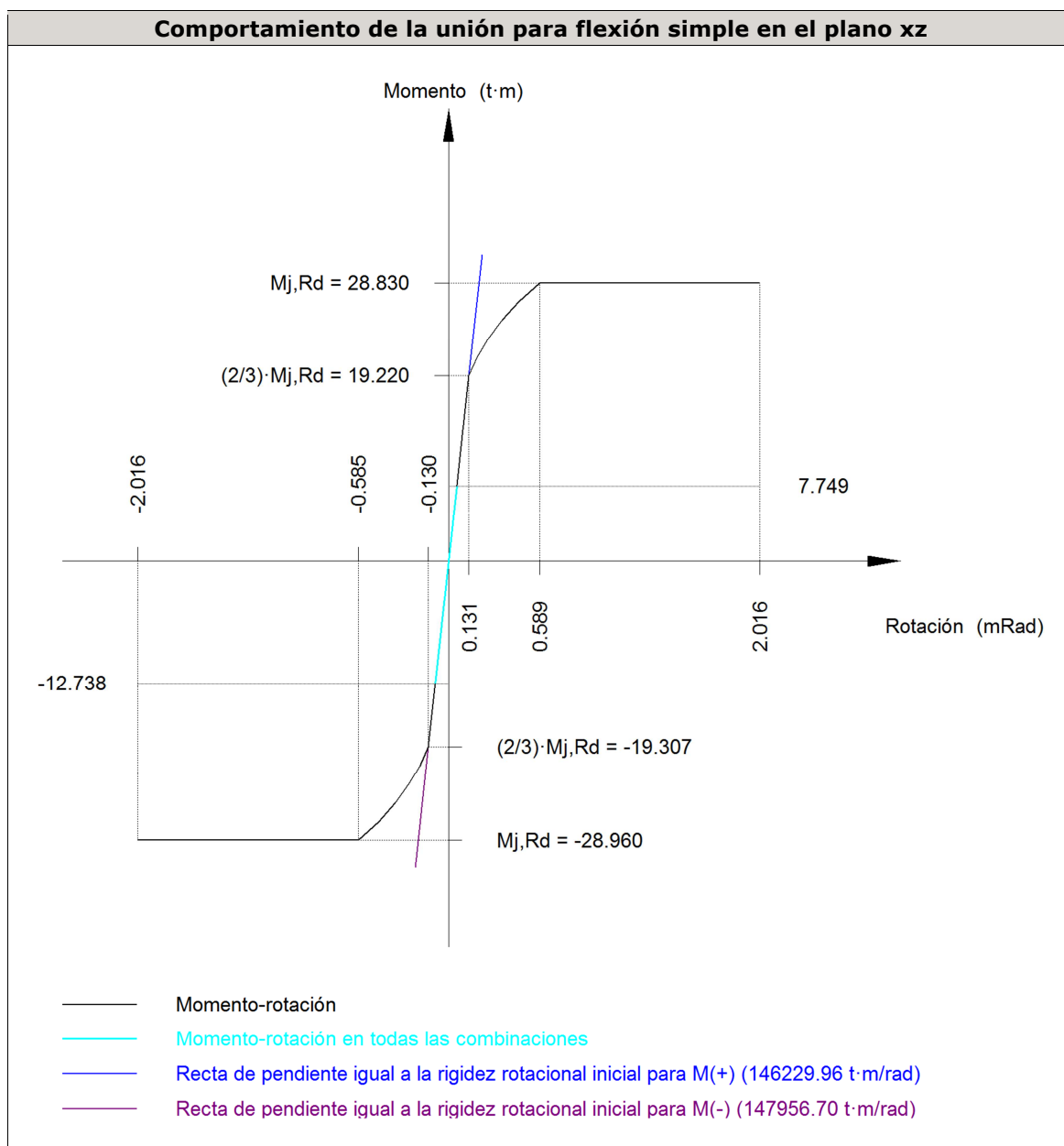
*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	50.2	59.9	0.5	115.2	29.85	57.0	17.36	410.0	0.85
Soldadura del alma	50.4	50.4	0.9	100.8	26.13	50.4	15.37	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala inferior	18.7	22.3	0.0	43.0	11.14	18.7	5.71	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	54.6	54.6	0.9	109.3	28.32	54.6	16.66	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	47.6	45.8	0.1	92.5	23.96	47.6	14.52	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.4	4.2	1.08	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 (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	11192.34	146229.96
Calculada para momentos negativos	11192.34	147956.70

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	124.96	284.10	43.98
Capacidad de rotación	mRad	42.709	667	6.41

2) Viga (b) IPE 360

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	73.79	180.86	40.80
Ala	Compresión	kN	203.41	574.14	35.43
	Tracción	kN	19.54	269.05	7.26
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	33.40	315.31	10.59
	Tracción	kN	56.34	206.67	27.26

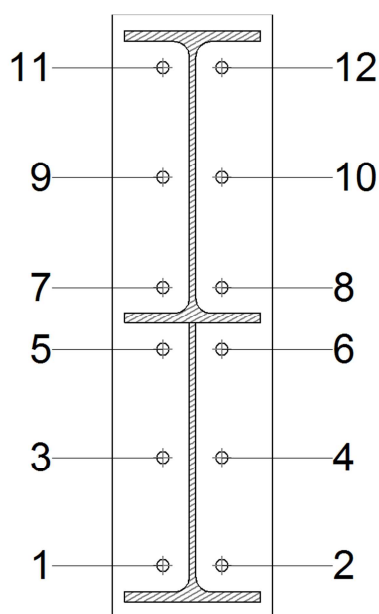
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma	En ángulo	4	303	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	317	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	87.71	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	2500	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	82.31	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	50.3	59.9	0.5	115.3	29.87	57.0	17.37	410.0	0.85
Soldadura del alma	50.4	50.4	1.0	100.9	26.15	50.4	15.38	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	18.7	22.3	0.0	43.0	11.14	18.7	5.71	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	54.6	54.6	1.0	109.3	28.32	54.6	16.66	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	47.7	45.8	0.1	92.5	23.98	47.7	14.53	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.6	4.6	1.18	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



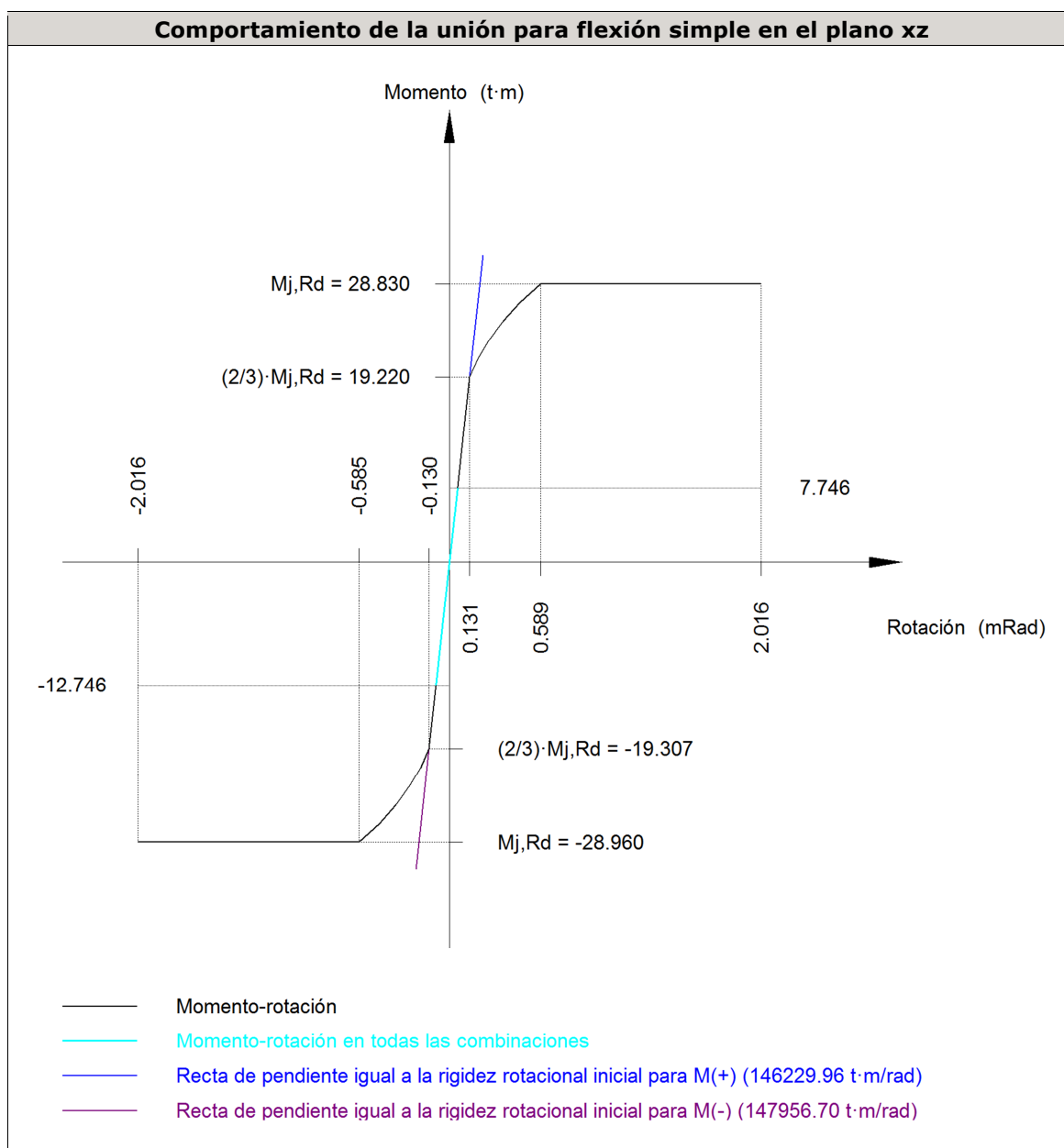
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	32.5
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	32.5
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	135	74	33.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.5
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.5
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	33.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	33.0
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	32.5
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	138	74	32.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	2.267	64.340	3.52	Vástago	36.896	90.432	40.80	29.14	40.80
	Aplastamiento	2.267	183.680	1.23	Punzonamiento	36.896	219.639	16.80		
2	Sección transversal	2.610	64.340	4.06	Vástago	36.896	90.432	40.80	29.14	40.80
	Aplastamiento	2.610	183.680	1.42	Punzonamiento	36.896	219.639	16.80		
3	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	32.968	90.432	36.46	26.04	36.46
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	32.968	219.639	15.01		
4	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	32.968	90.432	36.46	26.04	36.46
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	32.968	219.639	15.01		
5	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	20.149	90.432	22.28	15.92	22.28
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	20.149	219.639	9.17		
6	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	20.149	90.432	22.28	15.92	22.28
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	20.149	219.639	9.17		
7	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	18.828	90.432	20.82	14.87	20.82
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	18.828	219.639	8.57		
8	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	18.828	90.432	20.82	14.87	20.82
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	18.828	219.639	8.57		
9	Sección transversal	0.440	64.340	0.68	Vástago	30.264	90.432	33.47	23.90	33.47
	Aplastamiento	0.440	183.680	0.24	Punzonamiento	30.264	219.639	13.78		
10	Sección transversal	3.111	64.340	4.84	Vástago	30.264	90.432	33.47	23.90	33.47
	Aplastamiento	3.111	183.680	1.69	Punzonamiento	30.264	219.639	13.78		
11	Sección transversal	6.803	64.340	10.57	Vástago	33.717	90.432	37.28	26.63	37.28
	Aplastamiento	6.803	183.680	3.70	Punzonamiento	33.717	219.639	15.35		
12	Sección transversal	6.803	64.340	10.57	Vástago	33.717	90.432	37.28	26.63	37.28
	Aplastamiento	6.803	183.680	3.70	Punzonamiento	33.717	219.639	15.35		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
----------------------------	-----------------------	-----------------------

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	11192.34	146229.96
Calculada para momentos negativos	11192.34	147956.70



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	125.04	284.10	44.01
Capacidad de rotación	mRad	42.736	667	6.41

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	2420
			6	11819
			9	340

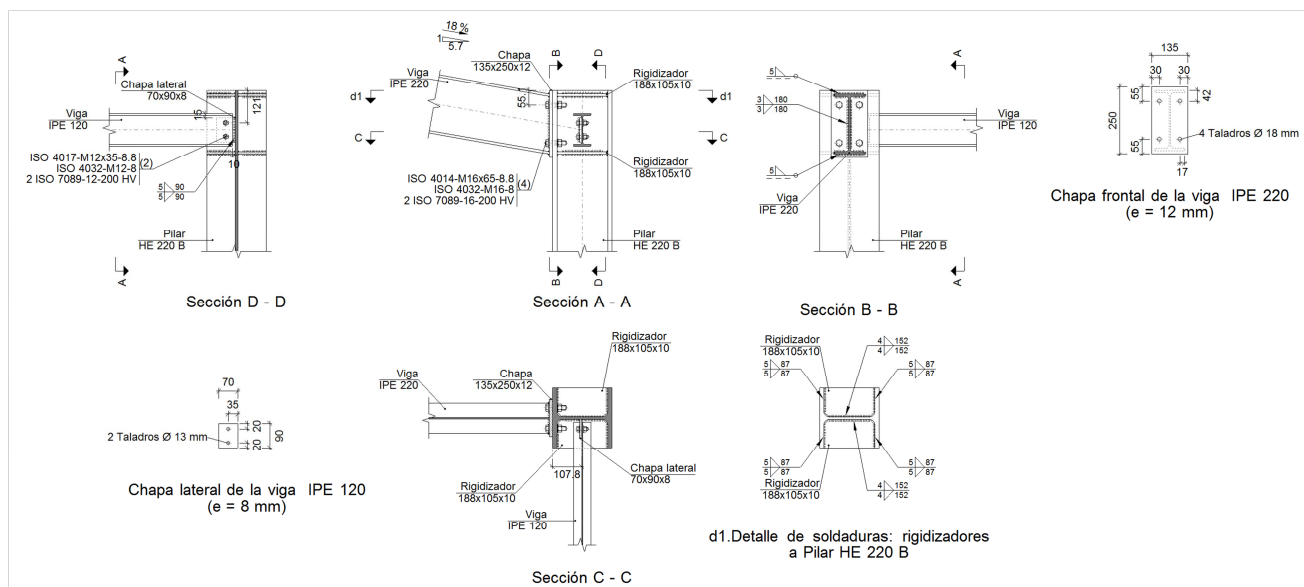
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	200x755x14	33.19
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4014-M16x65
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-16

TIPO 12 PÓRTICO 9

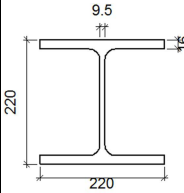
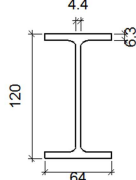
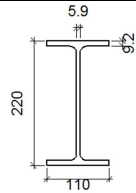
PILAR-DINTEL-VIGA ATADO

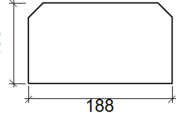
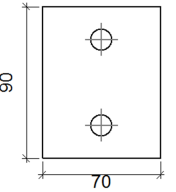
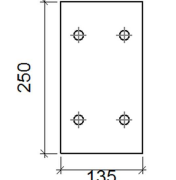
a) Detalle



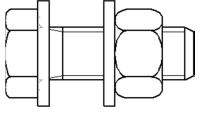
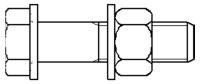
b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles		
E.Ing.Bilbao	Septiembre 2017	334

Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 220		220	110	9.2	5.9	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		188	105	10	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 220		135	250	12	4	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58	
	Cortante	kN	119.76	289.65	41.35	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	81.18	261.90	30.99	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	69.33	261.90	26.47	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	80.76	261.90	30.84	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	69.66	261.90	26.60	
Ala	Desgarro	N/mm ²	25.67	261.90	9.80	
	Cortante	N/mm ²	34.45	261.90	13.15	
Viga IPE 220	Ala	Tracción por flexión	kN	132.18	180.86	73.08
		Tracción	kN	27.25	219.11	12.44
	Alma	Tracción	kN	77.67	146.11	53.16
Viga IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	40.13	366.44	10.95
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	40.13	80.48	49.87

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	87	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	87	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	87	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	87	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	57.4	57.4	0.1	114.8	29.75	57.4	17.50	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	32.2	55.8	14.46	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	49.0	49.0	0.0	98.0	25.41	49.0	14.95	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	34.3	59.5	15.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	57.1	57.1	0.1	114.2	29.60	57.1	17.41	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	32.0	55.5	14.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	49.3	49.3	0.0	98.5	25.53	49.3	15.02	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	34.5	59.8	15.49	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 220

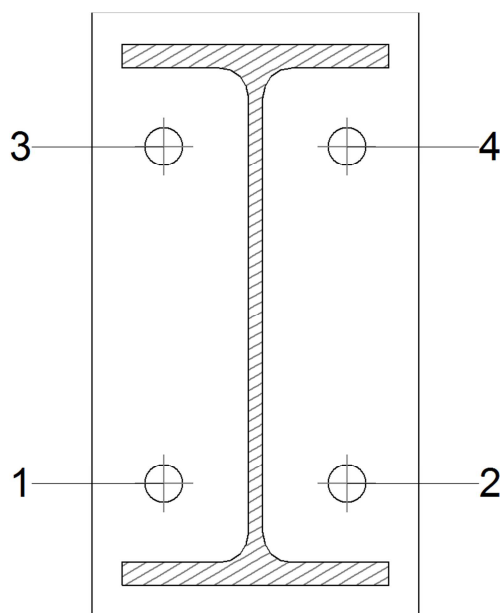
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	132.18	143.26	92.27
Ala	Compresión	kN	135.13	269.12	50.21
	Tracción	kN	35.44	132.52	26.74
Alma	Tracción	kN	61.30	126.25	48.55

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	110	9.2	80.02				
Soldadura del alma	En ángulo	3	180	5.9	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	110	9.2	80.02				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	127.3	151.7	0.2	291.9	75.65	127.3	38.81	410.0	0.85
Soldadura del alma	116.0	116.0	12.5	233.0	60.38	116.0	35.36	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	122.7	103.0	2.8	216.6	56.13	122.7	37.41	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

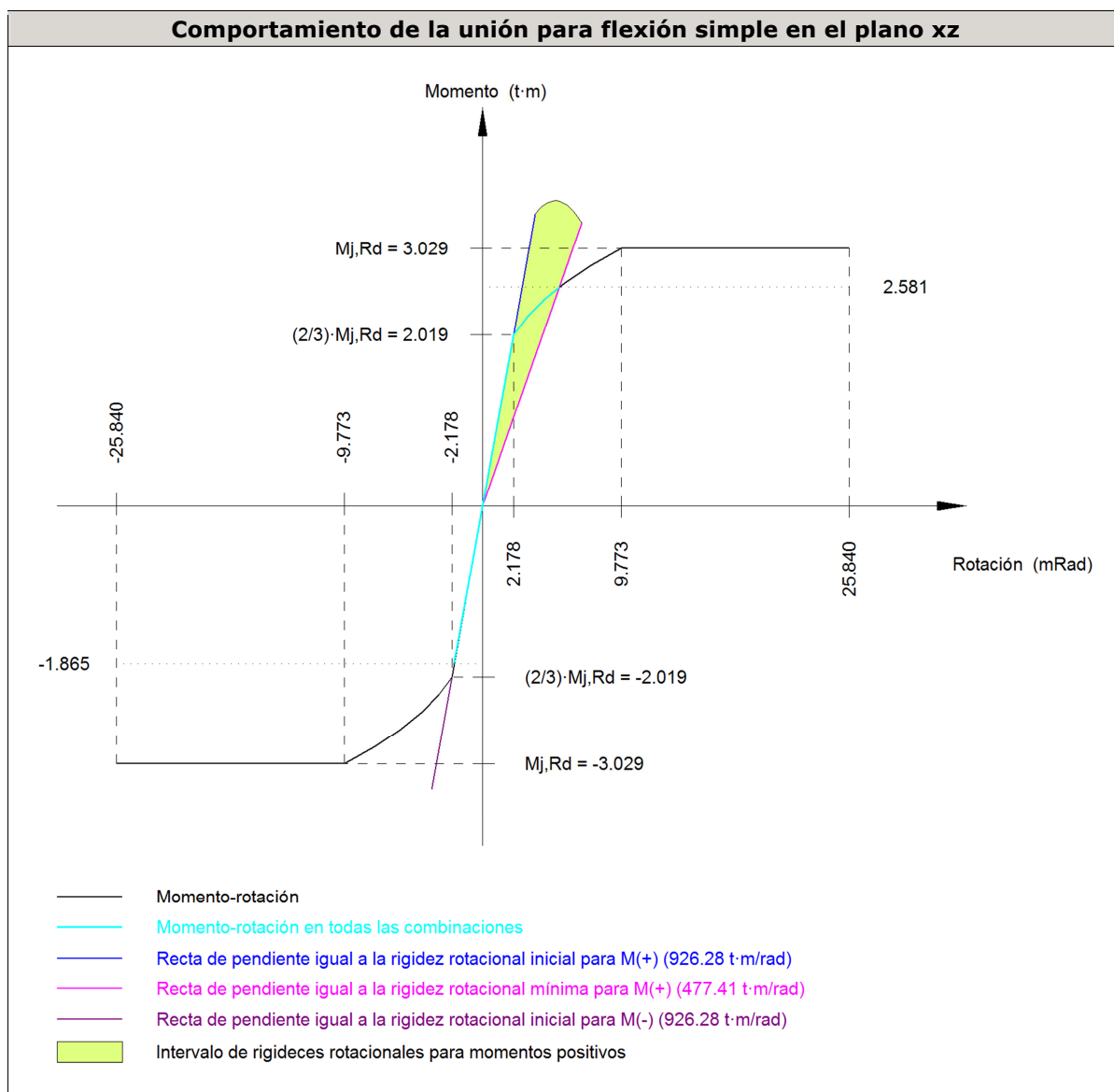


Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	30	140	76	29.8	
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	30	140	76	29.8	
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	30	140	76	29.8	
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	30	140	76	29.8	

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	10.320	64.340	16.04	Vástago	67.410	90.432	74.54	60.48	74.54
	Aplastamiento	10.320	87.850	11.75	Punzonamiento	67.410	188.262	35.81		
2	Sección transversal	10.341	64.340	16.07	Vástago	67.504	90.432	74.65	60.63	74.65
	Aplastamiento	10.341	157.440	6.57	Punzonamiento	67.504	188.262	35.86		
3	Sección transversal	10.122	64.340	15.73	Vástago	83.440	90.432	92.27	71.39	92.27
	Aplastamiento	10.122	87.895	11.52	Punzonamiento	83.440	188.262	44.32		
4	Sección transversal	10.143	64.340	15.77	Vástago	83.379	90.432	92.20	71.41	92.20
	Aplastamiento	10.143	157.440	6.44	Punzonamiento	83.379	188.262	44.29		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	241.83	926.28
Calculada para momentos negativos	241.83	926.28



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.16	1.80	64.70
Momento resistente	kNm	25.32	29.72	85.22
Capacidad de rotación	mRad	209.251	667	31.39

3) Viga IPE 120

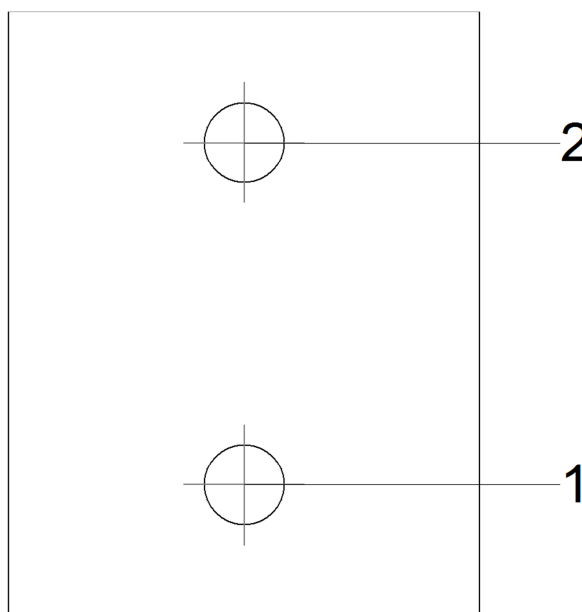
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29

	Tensiones combinadas	--	--	--	21.65
	Pandeo local	N/mm ²	56.70	241.98	23.43
	Aplastamiento	kN	20.25	70.65	28.66
	Desgarro	kN	40.13	77.42	51.84
Alma	Aplastamiento	kN	20.25	43.30	46.76
	Desgarro	kN	40.13	66.89	60.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	31.5	31.5	0.2	63.1	16.34	31.5	9.61	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-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia

Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	19.927	26.976	73.87	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.87	73.87
	Aplastamiento	19.927	70.644	28.21	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		
2	Sección transversal	20.247	26.976	75.06	Vástago	0.000	48.557	0.00	75.06	75.06
	Aplastamiento	20.247	70.647	28.66	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	361
			4	1216
			5	1990

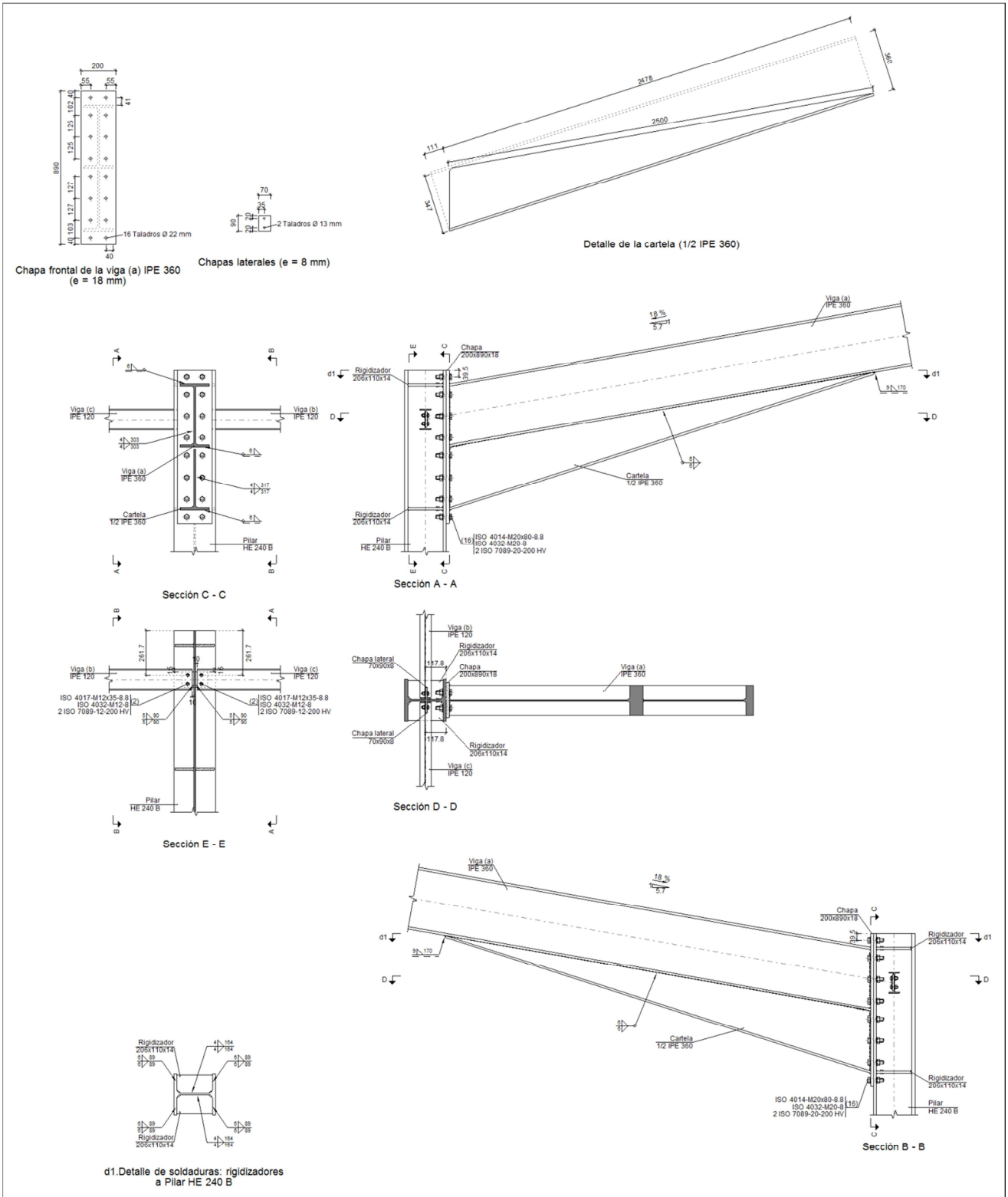
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x105x10	6.20
	Chapas	1	70x90x8	0.40
		1	135x250x12	3.18
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M16x65
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
		4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12
		8	ISO 7089-16

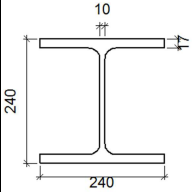
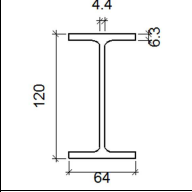
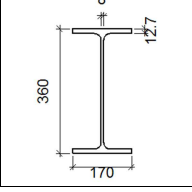
TIPO 75 PÓRTICO 8

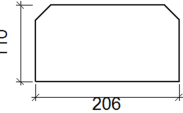
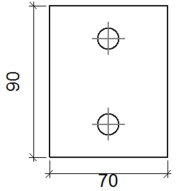
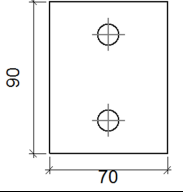
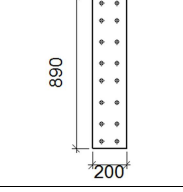
DINTEL-PILAR-VIGA ATADO

a) Detalle

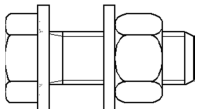
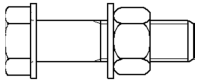


b) Descripción de los componentes de la unión

Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 360		360	170	12.7	8	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	110	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 360		200	890	18	16	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería		
Descripción	Geometría	Acero

	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83	
	Cortante	kN	860.66	994.71	86.52	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	96.88	261.90	36.99	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	98.37	261.90	37.56	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	96.68	261.90	36.91	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	98.54	261.90	37.63	
Ala	Desgarro	N/mm ²	204.01	261.90	77.89	
	Cortante	N/mm ²	204.00	261.90	77.89	
Viga (a) IPE 360	Ala	Tracción por flexión	kN	101.49	272.52	37.24
		Tracción	kN	21.27	369.13	5.76
	Alma	Tracción	kN	84.72	210.49	40.25
Viga (c) IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	38.27	385.73	9.92
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	35.65	86.43	41.25
Viga (b) IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	39.57	385.73	10.26
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	38.17	86.43	44.16

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	79.8	79.8	3.4	159.7	41.39	79.8	24.33	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	78.4	135.7	35.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	81.1	81.1	1.1	162.3	42.06	81.1	24.74	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	93.4	161.8	41.94	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	79.6	79.6	3.4	159.4	41.31	79.7	24.28	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	78.4	135.8	35.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	81.3	81.3	1.1	162.6	42.13	81.3	24.78	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	93.5	162.0	41.99	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 360

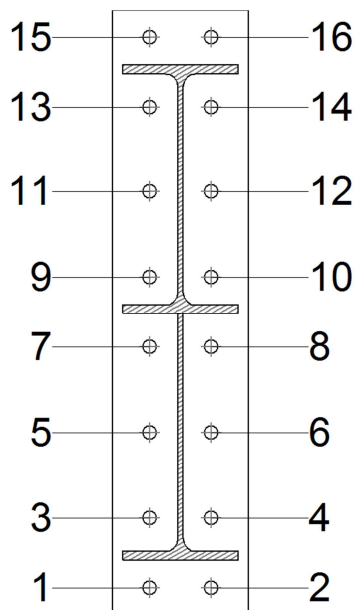
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	101.49	211.37	48.01
Ala	Compresión	kN	261.15	593.46	44.00
	Tracción	kN	70.52	282.73	24.94
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	34.70	315.31	11.00
	Tracción	kN	64.25	262.11	24.51

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma	En ángulo	4	303	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	332	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	72.33	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	2500	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	82.31	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	68.1	81.2	2.0	156.3	40.49	85.8	26.16	410.0	0.85
Soldadura del alma	71.3	71.3	14.2	144.7	37.51	71.3	21.74	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	26.6	22.3	1.2	47.0	12.18	26.6	8.11	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	79.5	79.5	14.2	160.9	41.69	79.5	24.23	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	73.1	100.0	0.3	188.1	48.74	95.1	28.98	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	10.6	18.3	4.75	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 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	103	90	39.5
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	103	90	39.5
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	103	90	40.0
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	103	90	40.0
5	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	127	90	40.0
6	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	127	90	40.0

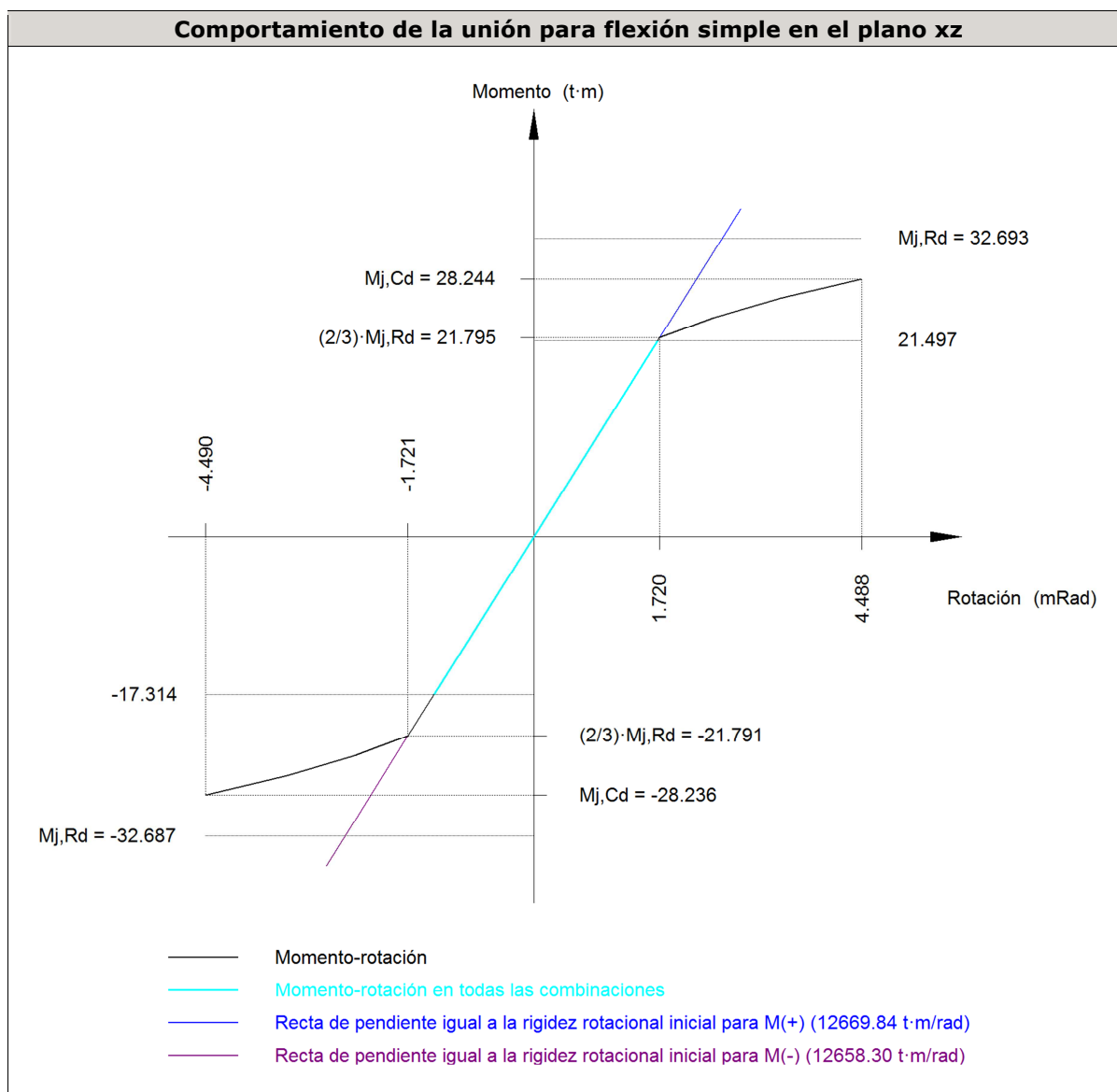
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
7	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
8	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
9	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
10	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
11	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	125	90	40.0
12	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	125	90	40.0
13	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
14	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
15	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	102	90	39.5
16	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	102	90	39.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	23.967	100.531	23.84	Vástago	64.776	141.120	45.90	32.79	45.90
	Aplastamiento	23.967	278.800	8.60	Punzonamiento	64.776	330.818	19.58		
2	Sección transversal	23.967	100.531	23.84	Vástago	64.813	141.120	45.93	32.81	45.93
	Aplastamiento	23.967	278.800	8.60	Punzonamiento	64.813	330.818	19.59		
3	Sección transversal	23.967	100.531	23.84	Vástago	41.729	141.120	29.57	23.84	29.57
	Aplastamiento	23.967	278.800	8.60	Punzonamiento	41.729	330.818	12.61		
4	Sección transversal	23.967	100.531	23.84	Vástago	41.757	141.120	29.59	23.84	29.59
	Aplastamiento	23.967	278.800	8.60	Punzonamiento	41.757	330.818	12.62		
5	Sección transversal	4.819	100.531	4.79	Vástago	40.068	141.120	28.39	21.58	28.39
	Aplastamiento	4.819	278.800	1.73	Punzonamiento	40.068	330.818	12.11		
6	Sección transversal	4.773	100.531	4.75	Vástago	40.103	141.120	28.42	22.04	28.42
	Aplastamiento	4.773	278.748	1.71	Punzonamiento	40.103	330.818	12.12		
7	Sección transversal	4.821	100.531	4.80	Vástago	26.705	141.120	18.92	15.92	18.92
	Aplastamiento	4.821	278.800	1.73	Punzonamiento	26.705	330.818	8.07		
8	Sección transversal	4.776	100.531	4.75	Vástago	26.739	141.120	18.95	16.36	18.95
	Aplastamiento	4.776	278.690	1.71	Punzonamiento	26.739	330.818	8.08		
9	Sección transversal	4.823	100.531	4.80	Vástago	25.863	141.120	18.33	17.65	18.33
	Aplastamiento	4.823	278.800	1.73	Punzonamiento	25.863	330.818	7.82		
10	Sección transversal	4.778	100.531	4.75	Vástago	25.833	141.120	18.31	17.56	18.31
	Aplastamiento	4.773	265.550	1.80	Punzonamiento	25.833	330.818	7.81		
11	Sección transversal	4.827	100.531	4.80	Vástago	40.938	141.120	29.01	25.29	29.01
	Aplastamiento	4.827	278.800	1.73	Punzonamiento	40.938	330.818	12.37		
12	Sección transversal	5.105	100.531	5.08	Vástago	40.905	141.120	28.99	25.20	28.99
	Aplastamiento	5.105	260.568	1.96	Punzonamiento	40.905	330.818	12.36		
13	Sección transversal	18.010	100.531	17.91	Vástago	43.016	141.120	30.48	26.36	30.48
	Aplastamiento	18.010	278.800	6.46	Punzonamiento	43.016	330.818	13.00		
14	Sección transversal	18.010	100.531	17.91	Vástago	42.990	141.120	30.46	26.27	30.46
	Aplastamiento	18.010	278.800	6.46	Punzonamiento	42.990	330.818	13.00		
15	Sección transversal	18.010	100.531	17.91	Vástago	67.758	141.120	48.01	38.90	48.01
	Aplastamiento	18.010	278.800	6.46	Punzonamiento	67.758	330.818	20.48		
16	Sección transversal	18.010	100.531	17.91	Vástago	67.723	141.120	47.99	38.80	47.99

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Aplastamiento	18.010	278.800	6.46		Punzonamiento	67.723	330.818	20.47	

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1626.80	12669.84
Calculada para momentos negativos	1626.80	12658.30



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.69	1.80	93.61
Momento resistente	kNm	210.89	320.72	65.75
Capacidad de rotación	mRad	378.041	667	56.71

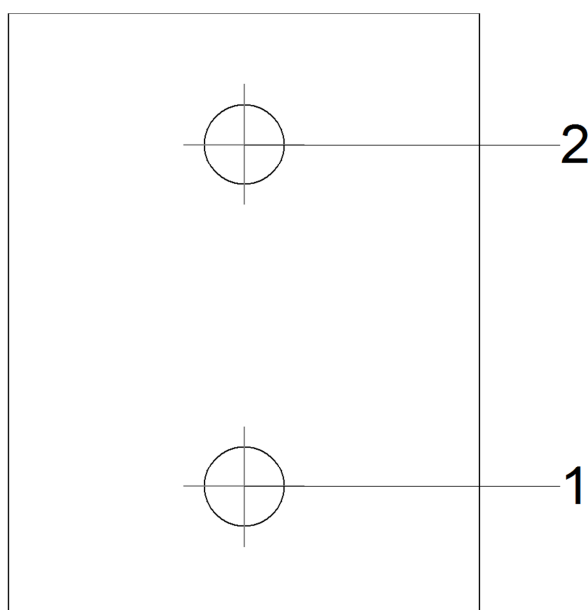
3) Viga (c) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29
	Tensiones combinadas	--	--	--	20.72
	Pandeo local	N/mm ²	54.26	241.98	22.42
	Aplastamiento	kN	19.37	70.65	27.42
	Desgarro	kN	38.27	77.42	49.43
Alma	Aplastamiento	kN	19.37	43.30	44.74
	Desgarro	kN	38.27	66.89	57.21

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	30.1	30.1	0.4	60.1	15.58	30.1	9.17	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: 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	18.985	26.976	70.38	Vástago	0.000	48.557	0.00	70.38	70.38
	Aplastamiento	18.985	70.644	26.87	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		
2	Sección transversal	19.370	26.976	71.80	Vástago	0.000	48.557	0.00	71.80	71.80
	Aplastamiento	19.370	70.647	27.42	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

4) Viga (b) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29
	Tensiones combinadas	--	--	--	21.25
	Pandeo local	N/mm ²	30.66	241.98	12.67
	Aplastamiento	kN	19.92	70.64	28.20
	Desgarro	kN	39.57	77.42	51.11
Alma	Aplastamiento	kN	19.92	27.75	71.79
	Desgarro	kN	39.57	66.89	59.15

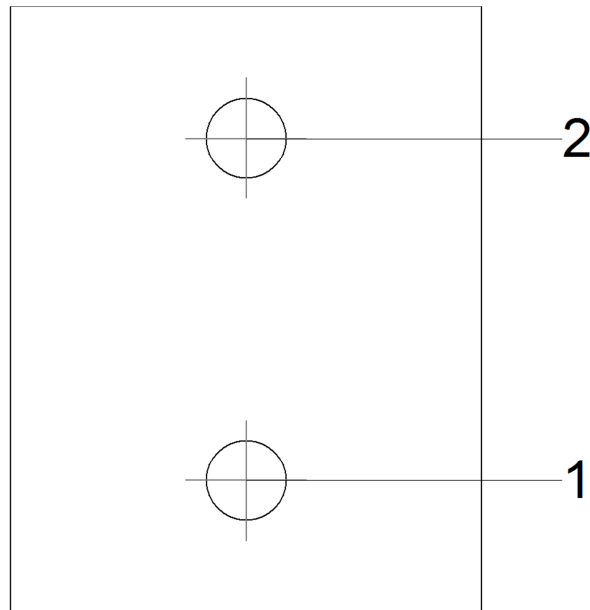
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	31.1	31.1	0.2	62.2	16.11	31.1	9.48	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	19.924	26.976	73.86	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.86	73.86
	Aplastamiento	19.924	70.644	28.20	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		
2	Sección transversal	19.645	26.976	72.82	Vástago	0.000	48.557	0.00	72.82	72.82
	Aplastamiento	19.645	70.646	27.81	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	2583
			5	360
			6	7364
			9	170

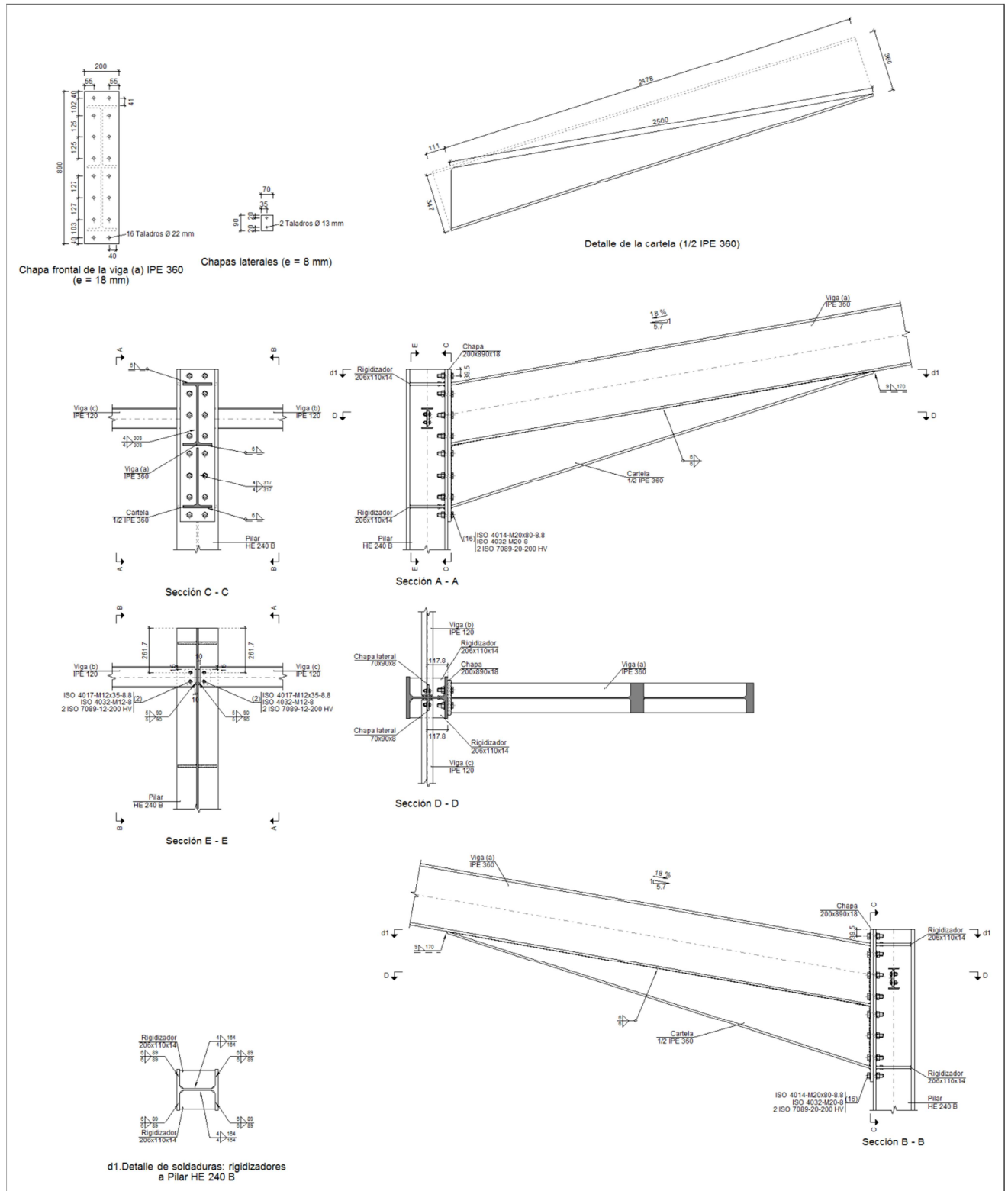
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	206x110x14	9.96
	Chapas	2	70x90x8	0.79
		1	200x890x18	25.15
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	16	ISO 4014-M20x80
		4	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
		16	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12
		32	ISO 7089-20

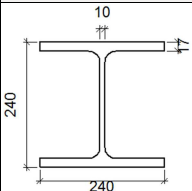
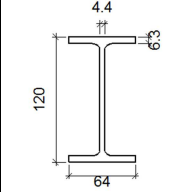
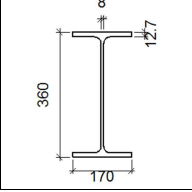
TIPO 62 PÓRTICO INTERMEDIO

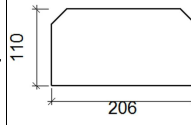
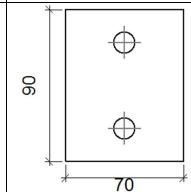
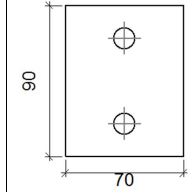
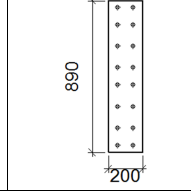
DINTEL-PILAR-VIGA ATADO

a) Detalle


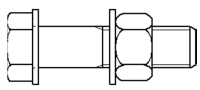


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 360		360	170	12.7	8	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	110	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 360		200	890	18	16	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería		
Descripción	Geometría	Acero

	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83	
	Cortante	kN	886.77	994.71	89.15	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	99.58	261.90	38.02	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	101.60	261.90	38.79	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	99.58	261.90	38.02	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	101.60	261.90	38.79	
Ala	Cortante	N/mm ²	210.58	261.90	80.40	
Viga (a) IPE 360	Ala	Tracción por flexión	kN	104.55	272.52	38.37
		Tracción	kN	21.91	369.13	5.94
	Alma	Tracción	kN	87.27	210.49	41.46
Viga (c) IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	39.57	385.73	10.26
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.24	86.43	1.43
Viga (b) IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	39.47	385.73	10.23
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.86	86.43	0.99

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	89	14.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	82.1	82.1	0.0	164.3	42.58	82.2	25.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	80.8	139.9	36.25	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	83.8	83.8	0.0	167.6	43.44	83.8	25.55	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	96.5	167.1	43.31	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	82.1	82.1	0.0	164.3	42.58	82.2	25.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	80.8	139.9	36.25	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	83.8	83.8	0.0	167.6	43.44	83.8	25.55	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	96.5	167.1	43.31	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 360

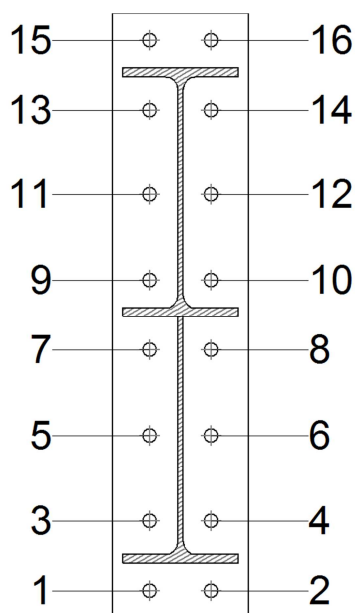
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	104.55	211.37	49.47
Ala	Compresión	kN	269.41	593.46	45.40
	Tracción	kN	72.65	282.73	25.70
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	36.85	315.31	11.69
	Tracción	kN	66.17	262.11	25.25

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma	En ángulo	4	303	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	80.02	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	332	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	72.33	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	2500	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	82.31	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	70.1	83.5	0.4	160.7	41.64	88.3	26.91	410.0	0.85
Soldadura del alma	73.5	73.5	14.5	149.1	38.65	73.5	22.41	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	27.4	23.0	0.3	48.4	12.53	27.4	8.35	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	82.0	82.0	14.5	166.0	43.01	82.0	25.01	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	75.3	103.0	0.1	193.7	50.19	97.9	29.84	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	10.4	18.1	4.69	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 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	103	90	39.5
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	103	90	39.5
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	103	90	40.0
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	103	90	40.0
5	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	127	90	40.0
6	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	127	90	40.0

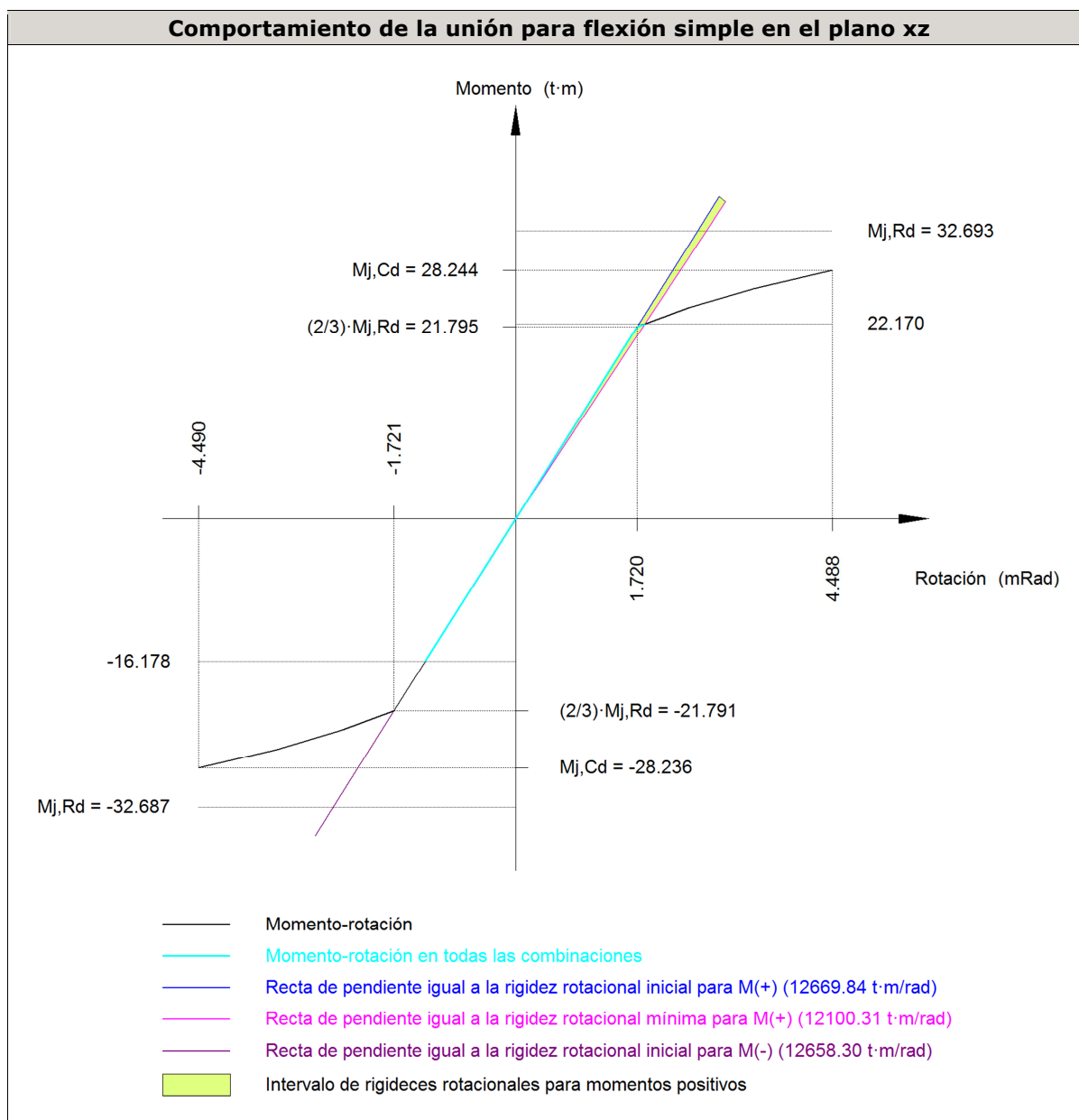
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
7	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
8	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
9	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
10	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
11	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	125	90	40.0
12	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	125	90	40.0
13	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
14	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	55	102	90	40.0
15	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	102	90	39.5
16	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	40	55	102	90	39.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	23.625	100.531	23.50	Vástago	60.484	141.120	42.86	30.61	42.86
	Aplastamiento	23.625	278.800	8.47	Punzonamiento	60.484	330.818	18.28		
2	Sección transversal	23.625	100.531	23.50	Vástago	60.484	141.120	42.86	30.61	42.86
	Aplastamiento	23.625	278.800	8.47	Punzonamiento	60.484	330.818	18.28		
3	Sección transversal	23.625	100.531	23.50	Vástago	38.964	141.120	27.61	23.50	27.61
	Aplastamiento	23.625	278.800	8.47	Punzonamiento	38.964	330.818	11.78		
4	Sección transversal	23.625	100.531	23.50	Vástago	38.964	141.120	27.61	23.50	27.61
	Aplastamiento	23.625	278.800	8.47	Punzonamiento	38.964	330.818	11.78		
5	Sección transversal	2.322	100.531	2.31	Vástago	37.414	141.120	26.51	18.94	26.51
	Aplastamiento	2.322	278.800	0.83	Punzonamiento	37.414	330.818	11.31		
6	Sección transversal	1.858	100.531	1.85	Vástago	37.414	141.120	26.51	18.94	26.51
	Aplastamiento	1.858	278.800	0.67	Punzonamiento	37.414	330.818	11.31		
7	Sección transversal	0.315	100.531	0.31	Vástago	24.937	141.120	17.67	12.62	17.67
	Aplastamiento	0.315	278.800	0.11	Punzonamiento	24.937	330.818	7.54		
8	Sección transversal	0.315	100.531	0.31	Vástago	24.937	141.120	17.67	12.62	17.67
	Aplastamiento	0.315	278.800	0.11	Punzonamiento	24.937	330.818	7.54		
9	Sección transversal	0.315	100.531	0.31	Vástago	26.629	141.120	18.87	13.48	18.87
	Aplastamiento	0.315	278.800	0.11	Punzonamiento	26.629	330.818	8.05		
10	Sección transversal	0.315	100.531	0.31	Vástago	26.629	141.120	18.87	13.48	18.87
	Aplastamiento	0.315	278.800	0.11	Punzonamiento	26.629	330.818	8.05		
11	Sección transversal	0.315	100.531	0.31	Vástago	42.164	141.120	29.88	21.34	29.88
	Aplastamiento	0.315	278.800	0.11	Punzonamiento	42.164	330.818	12.75		
12	Sección transversal	0.315	100.531	0.31	Vástago	42.164	141.120	29.88	21.34	29.88
	Aplastamiento	0.315	278.800	0.11	Punzonamiento	42.164	330.818	12.75		
13	Sección transversal	16.535	100.531	16.45	Vástago	44.313	141.120	31.40	22.43	31.40
	Aplastamiento	16.535	278.800	5.93	Punzonamiento	44.313	330.818	13.39		
14	Sección transversal	16.535	100.531	16.45	Vástago	44.313	141.120	31.40	22.43	31.40
	Aplastamiento	16.535	278.800	5.93	Punzonamiento	44.313	330.818	13.39		
15	Sección transversal	16.535	100.531	16.45	Vástago	69.806	141.120	49.47	35.33	49.47
	Aplastamiento	16.535	278.800	5.93	Punzonamiento	69.806	330.818	21.10		
16	Sección transversal	16.535	100.531	16.45	Vástago	69.806	141.120	49.47	35.33	49.47

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Aplastamiento	16.535	278.800	5.93	Punzonamiento	69.806	330.818	21.10		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1626.80	12669.84
Calculada para momentos negativos	1626.80	12658.30



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.69	1.80	93.61

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Momento resistente	kNm	217.49	320.72	67.81
Capacidad de rotación	mRad	408.219	667	61.23

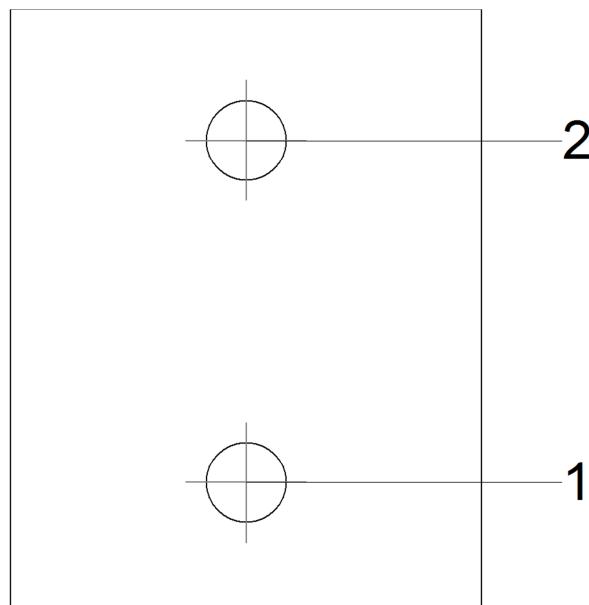
3) Viga (c) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29
	Tensiones combinadas	--	--	--	21.25
	Pandeo local	N/mm ²	30.66	241.98	12.67
	Aplastamiento	kN	19.92	70.64	28.20
	Desgarro	kN	39.57	77.42	51.11
Alma	Aplastamiento	kN	19.92	27.75	71.79
	Desgarro	kN	39.57	66.89	59.15

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	31.1	31.1	0.2	62.2	16.11	31.1	9.48	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: 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	19.924	26.976	73.86	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.86	73.86
	Aplastamiento	19.924	70.644	28.20	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		
2	Sección transversal	19.645	26.976	72.82	Vástago	0.000	48.557	0.00	72.82	72.82
	Aplastamiento	19.645	70.646	27.81	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

4) Viga (b) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29
	Tensiones combinadas	--	--	--	21.18
	Pandeo local	N/mm ²	29.48	241.98	12.18
	Aplastamiento	kN	19.87	70.64	28.13
	Desgarro	kN	39.47	77.42	50.98
Alma	Aplastamiento	kN	19.87	27.75	71.61
	Desgarro	kN	39.47	66.89	59.01

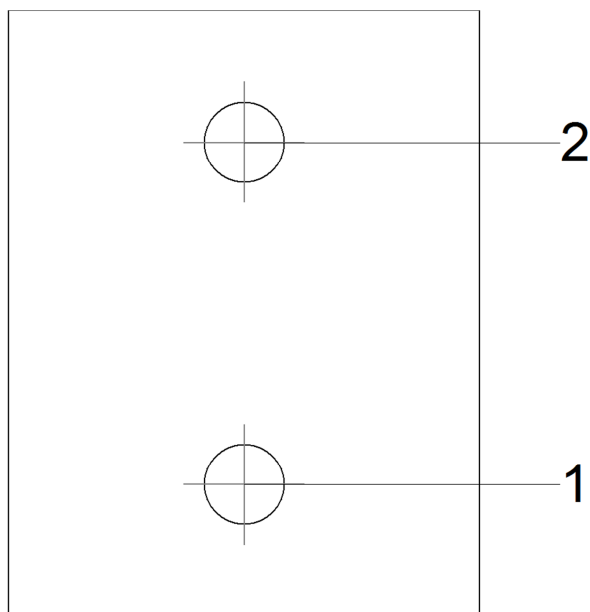
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	31.0	31.0	0.2	62.0	16.07	31.0	9.45	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	19.874	26.976	73.67	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.67	73.67
	Aplastamiento	19.874	70.644	28.13	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		
2	Sección transversal	19.595	26.976	72.64	Vástago	0.000	48.557	0.00	72.64	72.64
	Aplastamiento	19.595	70.646	27.74	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	2583
			5	360
			6	7364
			9	170

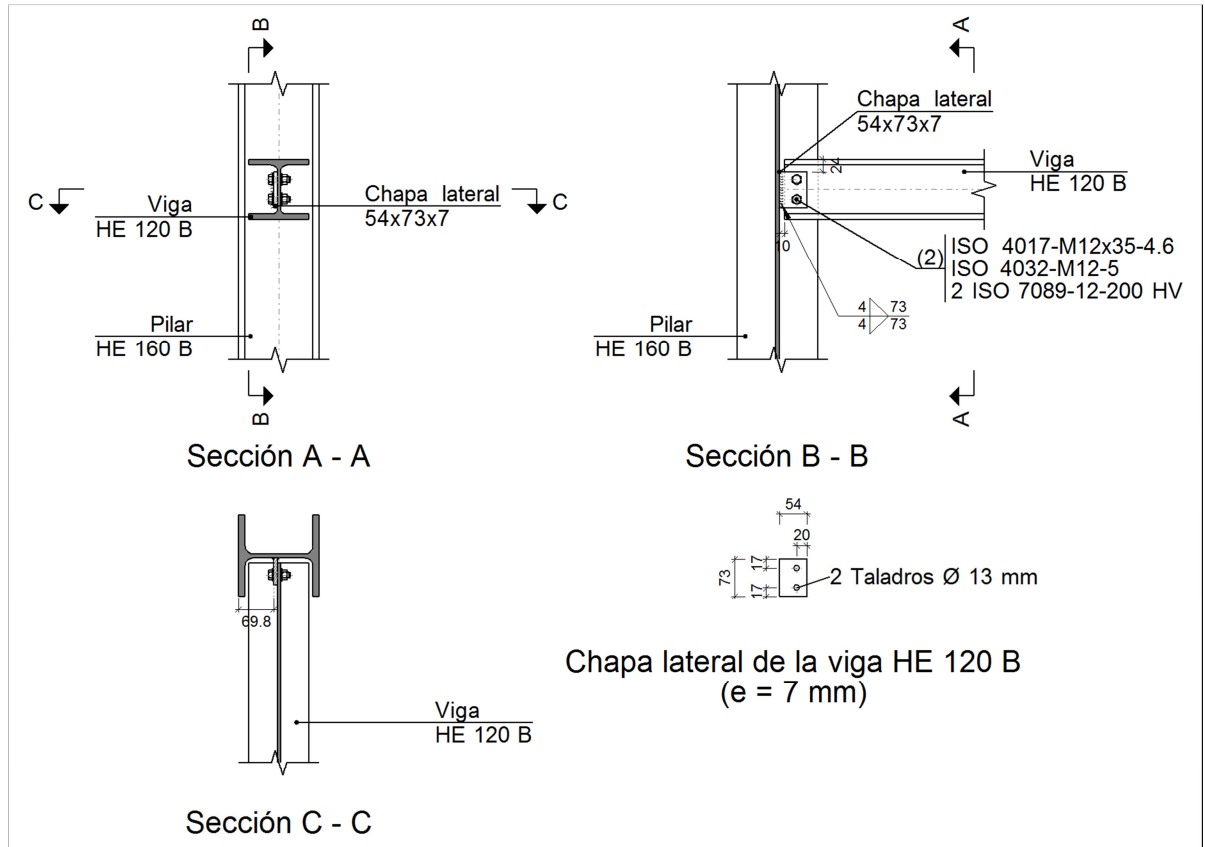
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	206x110x14	9.96
	Chapas	2	70x90x8	0.79
		1	200x890x18	25.15
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	16	ISO 4014-M20x80
		4	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
		16	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12
		32	ISO 7089-20

TIPO 49 PÓRTICO 9

PILARILLO-BASTIDOR PORTÓN

a) Detalle

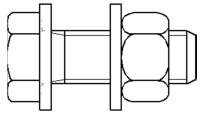


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios			
Pieza	Geometría	Taladros	Acero

	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga HE 120 B		54	73	7	2	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-4.6 ISO 4032-M12-5 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	4.6	2446.5	4077.5

c) Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia						
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Viga HE 120 B	Alma	Punzonamiento	kN	0.02	251.90	0.01
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.03	97.70	0.03

2) Viga HE 120 B

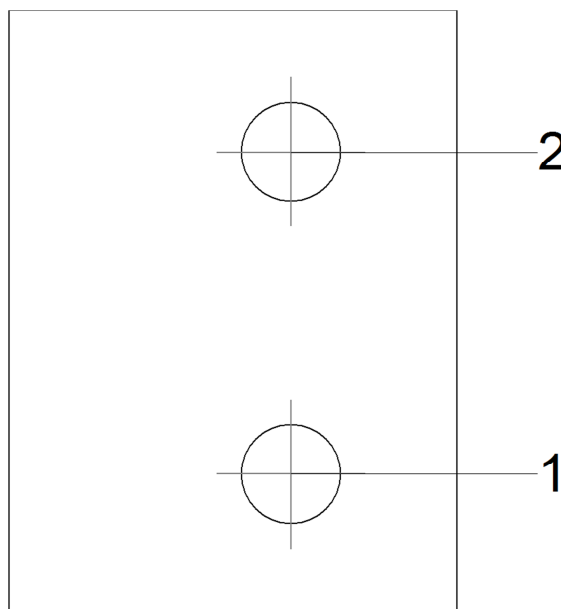
Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.23	
	Tensiones combinadas	--	--	--	2.20	
	Pandeo local	N/mm ²	4.86	236.72	2.05	
	Aplastamiento	kN	0.90	33.80	2.67	
	Desgarro	kN	0.88	49.75	1.78	
Alma	Aplastamiento	kN	0.90	41.00	2.20	
	Desgarro	kN	0.88	108.60	0.81	

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	73	7.0	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	β_w

	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)	(N/mm ²)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	0.1	0.1	1.5	2.6	0.68	0.1	0.02	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-M12x35-4.6	13.0	17	20	39	--	17.0
2	ISO 4017-M12x35-4.6	13.0	17	20	39	--	17.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	0.905	13.488	6.71	Vástago	0.000	24.278	0.00	6.71	6.71
	Aplastamiento	0.905	33.810	2.68	Punzonamiento	0.000	76.416	0.00		
2	Sección transversal	0.897	13.488	6.65	Vástago	0.000	24.278	0.00	6.65	6.65
	Aplastamiento	0.897	57.645	1.56	Punzonamiento	0.000	76.416	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	146

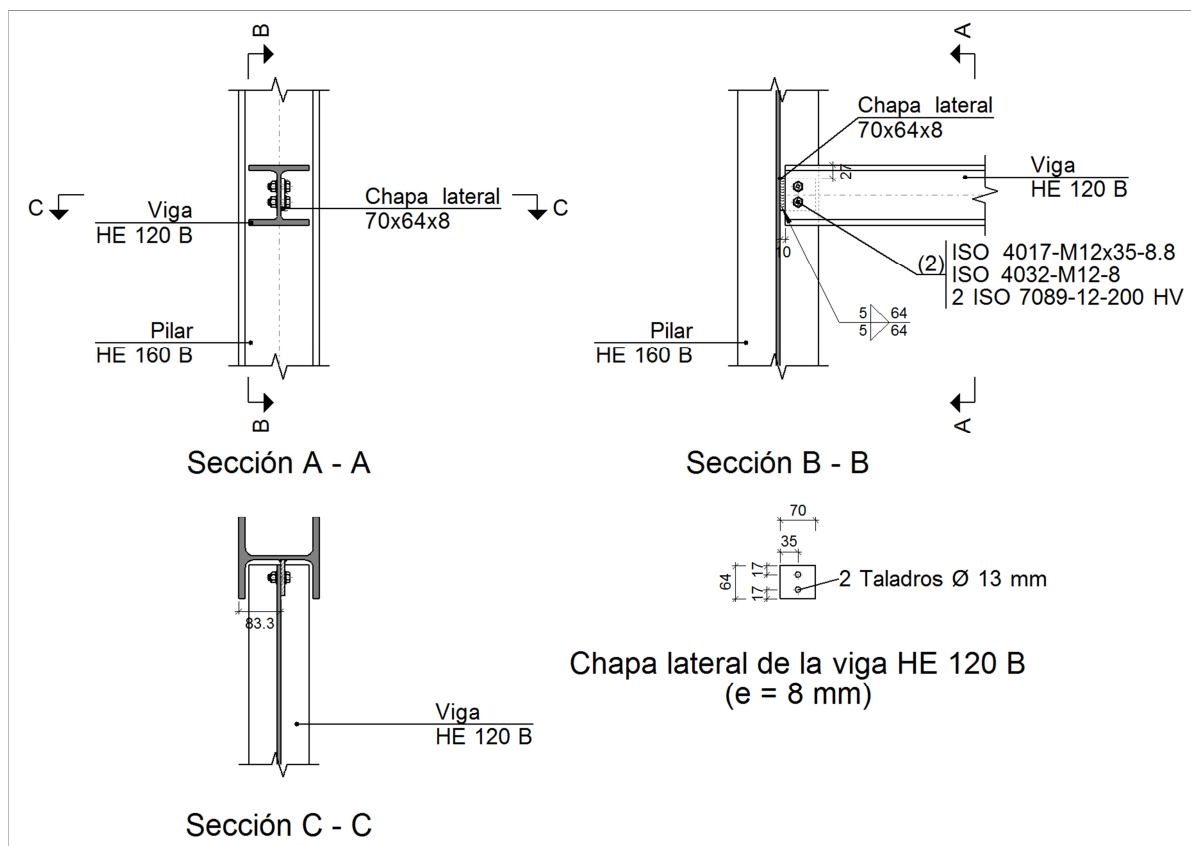
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	54x73x7	0.22
	Total			0.22

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 4.6	2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12

TIPO 33 PÓRTICO 9

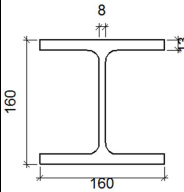
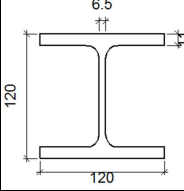
PILARILLO-BASTIDOR VENTANA

a) Detalle

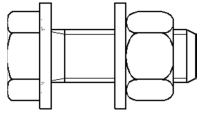


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles		
E.Ing.Bilbao	Septiembre 2017	367

Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga HE 120 B		70	64	8	2	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga HE 120 B	Alma	Punzonamiento	kN	1.17	226.71	0.52
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.17	95.19	1.23

2) Viga HE 120 B

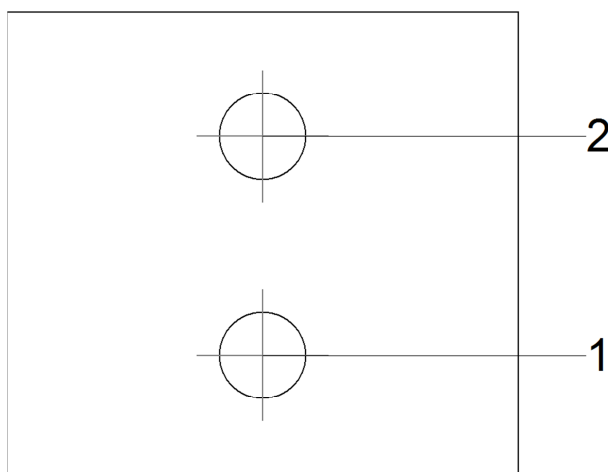
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.39

	Tensiones combinadas	--	--	--	3.32
	Pandeo local	N/mm ²	8.17	241.98	3.38
	Aplastamiento	kN	1.64	66.04	2.48
	Desgarro	kN	1.47	45.97	3.20
Alma	Aplastamiento	kN	1.57	40.17	3.90
	Desgarro	kN	1.47	103.69	1.42

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	64	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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	1.4	1.4	1.4	3.7	0.96	1.4	0.43	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	17	25	30	--	17.0
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	17	25	30	--	17.0
--: La comprobación no procede.							

Resistencia

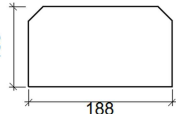
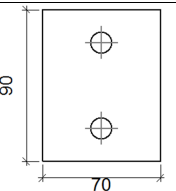
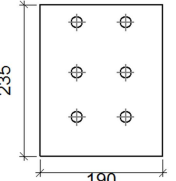
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	1.567	26.976	5.81	Vástago	0.000	48.557	0.00	5.81	5.81
	Aplastamiento	1.567	63.003	2.49	Punzonamiento	0.000	76.416	0.00		
2	Sección transversal	1.640	26.976	6.08	Vástago	0.000	48.557	0.00	6.08	6.08
	Aplastamiento	1.640	66.042	2.48	Punzonamiento	0.000	76.416	0.00		

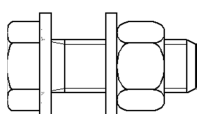
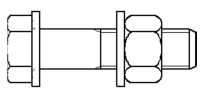
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	128

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	70x64x8	0.28
				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

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		188	105	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga HE 160 B		190	235	15	6	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58
	Cortante	kN	169.86	284.43	59.72
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	66.14	261.90	25.25
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	53.85	261.90	20.56
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	64.86	261.90	24.76

	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	55.70	261.90	21.27
	Ala	Desgarro	N/mm ²	51.03	261.90	19.48
		Cortante	N/mm ²	48.10	261.90	18.36
Viga HE 160 B	Ala	Tracción por flexión	kN	94.65	180.86	52.33
		Tracción	kN	31.89	291.35	10.95
	Alma	Tracción	kN	53.40	128.34	41.61
Viga IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	30.87	366.44	8.43
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	30.87	131.41	23.49

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	46.8	46.8	1.1	93.5	24.24	46.8	14.26	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	55.8	96.7	25.06	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	38.1	38.1	0.0	76.2	19.74	38.1	11.61	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	53.9	93.4	24.21	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	45.9	45.9	0.0	91.7	23.77	45.9	13.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	54.7	94.8	24.55	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	39.4	39.4	1.1	78.8	20.41	39.4	12.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	55.8	96.7	25.06	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)

Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	94.65	147.64	64.11
Ala	Compresión	kN	151.62	544.76	27.83
	Tracción	kN	61.22	272.38	22.48
Alma	Tracción	kN	23.92	124.97	19.14

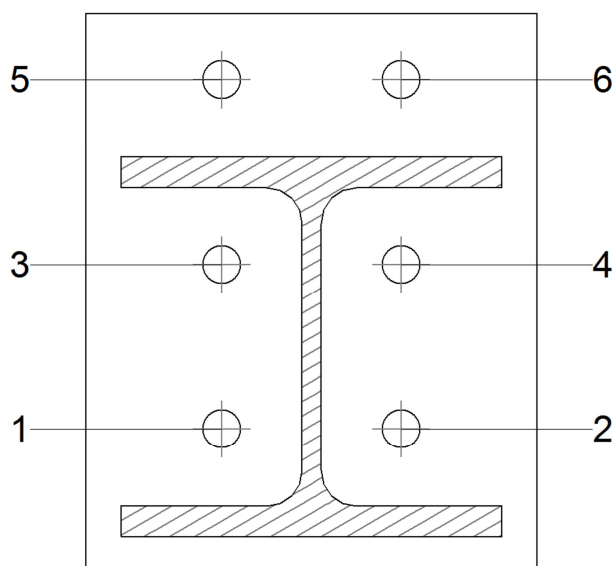
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	160	13.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	160	13.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	65.4	65.4	0.5	130.9	33.91	65.4	19.95	410.0	0.85
Soldadura del alma	52.7	52.7	157.4	292.4	75.77	52.7	16.08	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	65.4	65.4	0.5	130.9	33.91	65.4	19.95	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	--	57	69	76	32.5	
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	69	76	32.5	
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	69	76	32.5	
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	57	69	76	32.5	

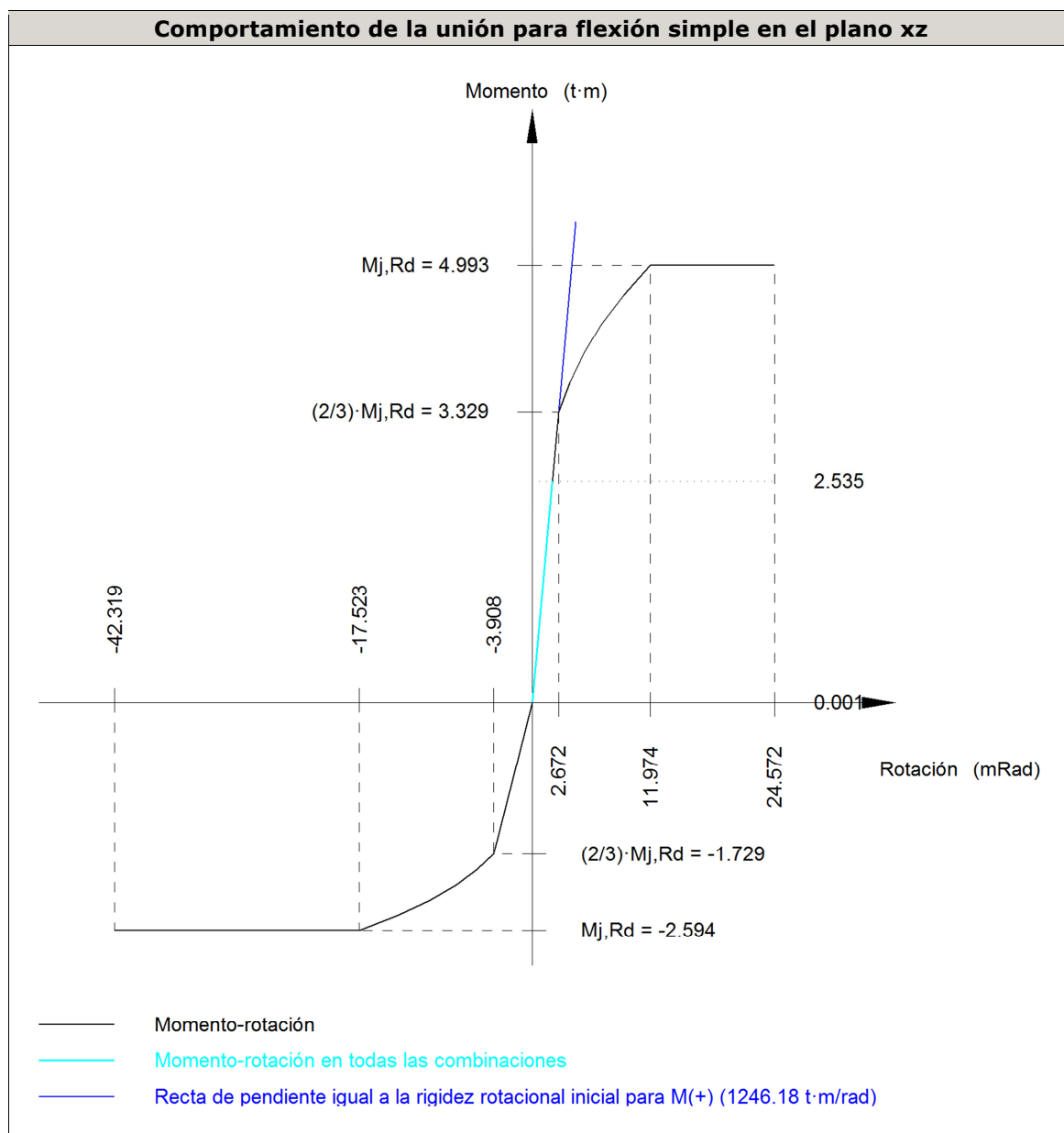
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	28	57	78	76	27.5
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	28	57	78	76	27.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	21.934	64.340	34.09	Vástago	8.299	90.432	9.18	40.65	40.65
	Aplastamiento	21.934	196.800	11.15	Punzonamiento	8.299	235.327	3.53		
2	Sección transversal	21.831	64.340	33.93	Vástago	8.197	90.432	9.06	40.40	40.40
	Aplastamiento	21.831	196.800	11.09	Punzonamiento	8.197	235.327	3.48		
3	Sección transversal	21.930	64.340	34.09	Vástago	25.858	90.432	28.59	54.49	54.49
	Aplastamiento	21.930	196.800	11.14	Punzonamiento	25.858	235.327	10.99		
4	Sección transversal	21.831	64.340	33.93	Vástago	25.858	90.432	28.59	54.36	54.36
	Aplastamiento	21.831	196.800	11.09	Punzonamiento	25.858	235.327	10.99		
5	Sección transversal	21.928	64.340	34.08	Vástago	57.973	90.432	64.11	79.74	79.74
	Aplastamiento	21.928	100.224	21.88	Punzonamiento	57.973	235.327	24.63		
6	Sección transversal	21.831	64.340	33.93	Vástago	57.973	90.432	64.11	79.72	79.72
	Aplastamiento	21.831	100.222	21.78	Punzonamiento	57.973	235.327	24.63		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1218.42	1246.18
Calculada para momentos negativos	1218.42	442.35

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.16	1.80	64.70
Momento resistente	kNm	24.86	48.98	50.76
Capacidad de rotación	mRad	82.762	667	12.41

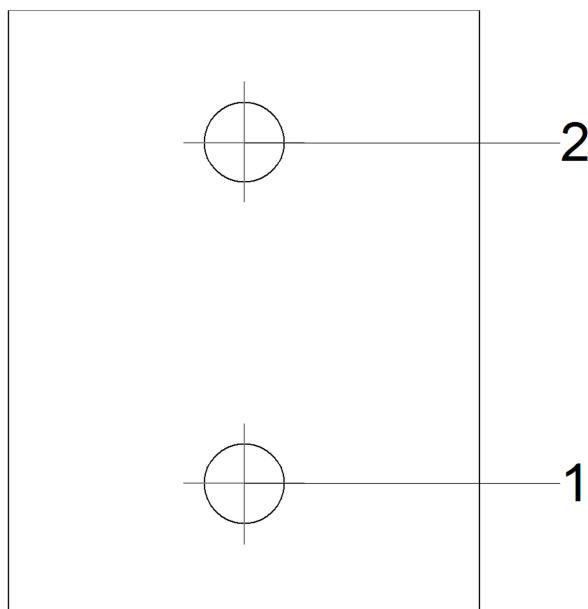
3) Viga IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29
	Tensiones combinadas	--	--	--	16.66
	Pandeo local	N/mm ²	43.62	241.98	18.03
	Aplastamiento	kN	15.58	70.65	22.05
	Desgarro	kN	30.87	77.42	39.88
Alma	Aplastamiento	kN	15.58	43.30	35.98
	Desgarro	kN	30.87	66.89	46.16

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	24.3	24.3	0.2	48.5	12.57	24.3	7.40	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	15.298	26.976	56.71	Vástago	0.000	48.557	0.00	56.71	56.71
	Aplastamiento	15.298	70.643	21.66	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
2	Sección transversal	15.577	26.976	57.74	Vástago	0.000	48.557	0.00	57.74	57.74
	Aplastamiento	15.577	70.646	22.05	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1424
			5	180
			7	2008

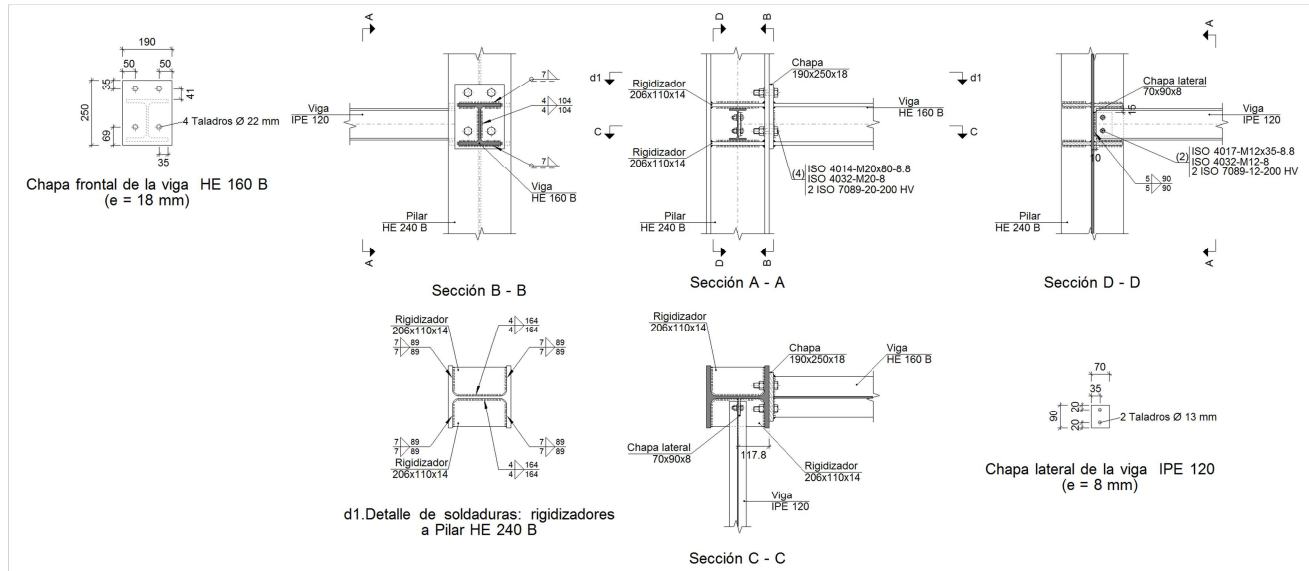
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x105x14	8.68
	Chapas	1	70x90x8	0.40
		1	190x235x15	5.26
	Total			

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

TIPO 35 PÓRTICO 8

PILAR-BÁSTAGO CRUZ DE SAN ANDRÉS- MÉNSULA GRÚA PUENTE

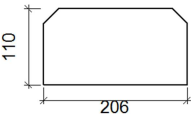
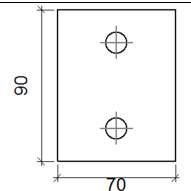
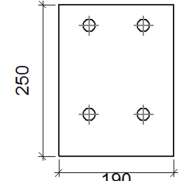
a) Detalle

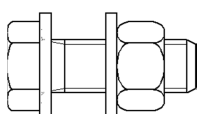
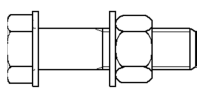


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles										
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero			
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4	
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	2803.3	4179.4	
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4	

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	110	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 120		70	90	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga HE 160 B		190	250	18	4	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83
	Cortante	kN	160.98	326.62	49.29
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	62.26	261.90	23.77
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	49.65	261.90	18.96
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	61.04	261.90	23.30

	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	51.41	261.90	19.63
	Ala	Desgarro	N/mm ²	123.32	261.90	47.09
		Cortante	N/mm ²	156.75	261.90	59.85
Viga HE 160 B	Ala	Tracción por flexión	kN	112.43	282.24	39.84
		Tracción	kN	23.59	368.74	6.40
	Alma	Tracción	kN	65.25	174.38	37.42
Viga IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	30.87	385.73	8.00
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	30.87	142.75	21.63

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	

a: Espesor garganta

l: Longitud efectiva

t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	44.0	44.0	1.0	88.0	22.82	44.0	13.42	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.2	81.8	21.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	35.1	35.1	0.0	70.2	18.20	35.1	10.71	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	45.6	78.9	20.46	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	43.2	43.2	0.0	86.3	22.37	43.2	13.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	46.2	80.1	20.76	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	36.3	36.3	1.0	72.7	18.84	36.3	11.08	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	47.2	81.8	21.19	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)

Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	112.43	203.53	55.24
Ala	Compresión	kN	121.35	544.76	22.28
	Tracción	kN	56.22	272.38	20.64
Alma	Tracción	kN	9.47	201.82	4.69

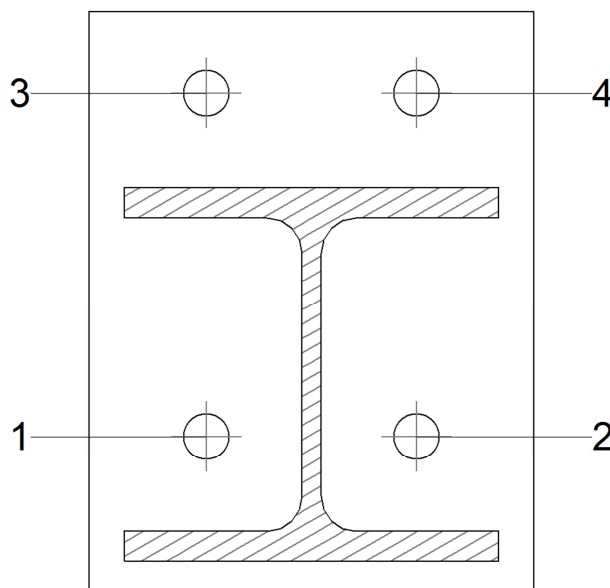
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	160	13.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	160	13.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	71.0	71.0	0.0	142.0	36.79	71.0	21.64	410.0	0.85
Soldadura del alma	37.6	37.6	157.4	282.9	73.30	37.6	11.45	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	62.0	62.0	0.5	124.0	32.12	62.0	18.90	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



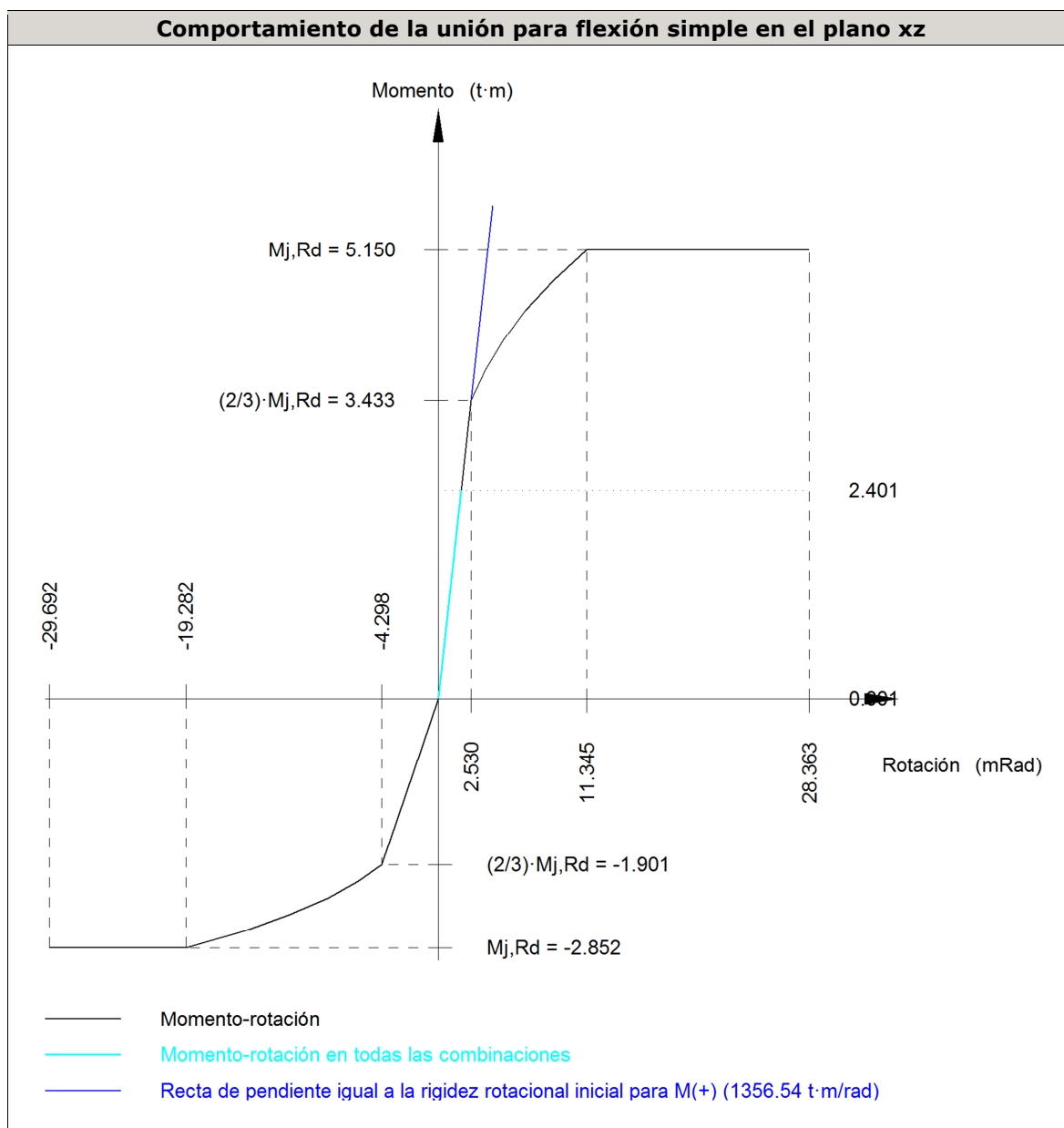
Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	50	147	90	40.0	
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	50	147	90	40.0	
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	35	50	147	90	34.5	
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	35	50	147	90	34.5	

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
--: 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	32.902	100.531	32.73	Vástago	10.037	141.120	7.11	37.81	37.81
	Aplastamiento	32.902	278.746	11.80	Punzonamiento	10.037	330.818	3.03		
2	Sección transversal	32.746	100.531	32.57	Vástago	9.885	141.120	7.00	37.58	37.58
	Aplastamiento	32.746	278.800	11.75	Punzonamiento	9.885	330.818	2.99		
3	Sección transversal	32.894	100.531	32.72	Vástago	77.958	141.120	55.24	72.10	72.10
	Aplastamiento	32.894	145.739	22.57	Punzonamiento	77.958	330.818	23.57		
4	Sección transversal	32.746	100.531	32.57	Vástago	77.958	141.120	55.24	72.03	72.03
	Aplastamiento	32.746	145.736	22.47	Punzonamiento	77.958	330.818	23.57		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1227.44	1356.54
Calculada para momentos negativos	1227.44	442.05

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	93.61
Momento resistente	kNm	23.55	50.52	46.62
Capacidad de rotación	mRad	62.400	667	9.36

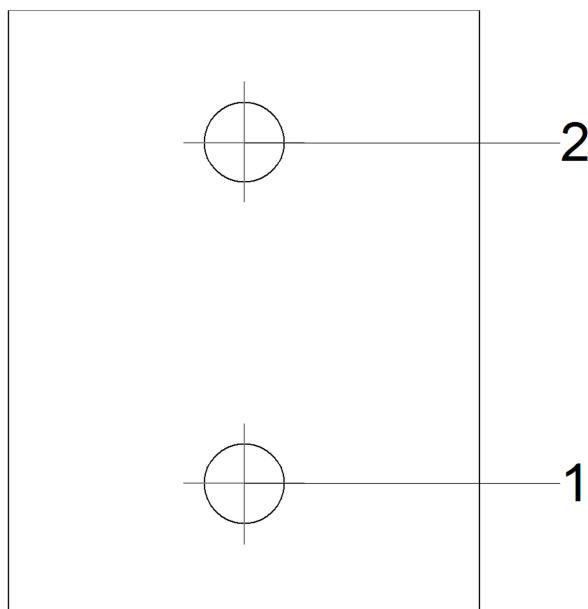
3) Viga IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.29
	Tensiones combinadas	--	--	--	16.66
	Pandeo local	N/mm ²	43.62	241.98	18.03
	Aplastamiento	kN	15.58	70.65	22.05
	Desgarro	kN	30.87	77.42	39.88
Alma	Aplastamiento	kN	15.58	43.30	35.98
	Desgarro	kN	30.87	66.89	46.16

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	24.3	24.3	0.2	48.5	12.57	24.3	7.40	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	20	25	51	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	51	--	19.5
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	15.298	26.976	56.71	Vástago	0.000	48.557	0.00	56.71	56.71
	Aplastamiento	15.298	70.643	21.66	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
2	Sección transversal	15.577	26.976	57.74	Vástago	0.000	48.557	0.00	57.74	57.74
	Aplastamiento	15.577	70.646	22.05	Punzonamiento	0.000	51.728	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1520
			5	180
			7	2040

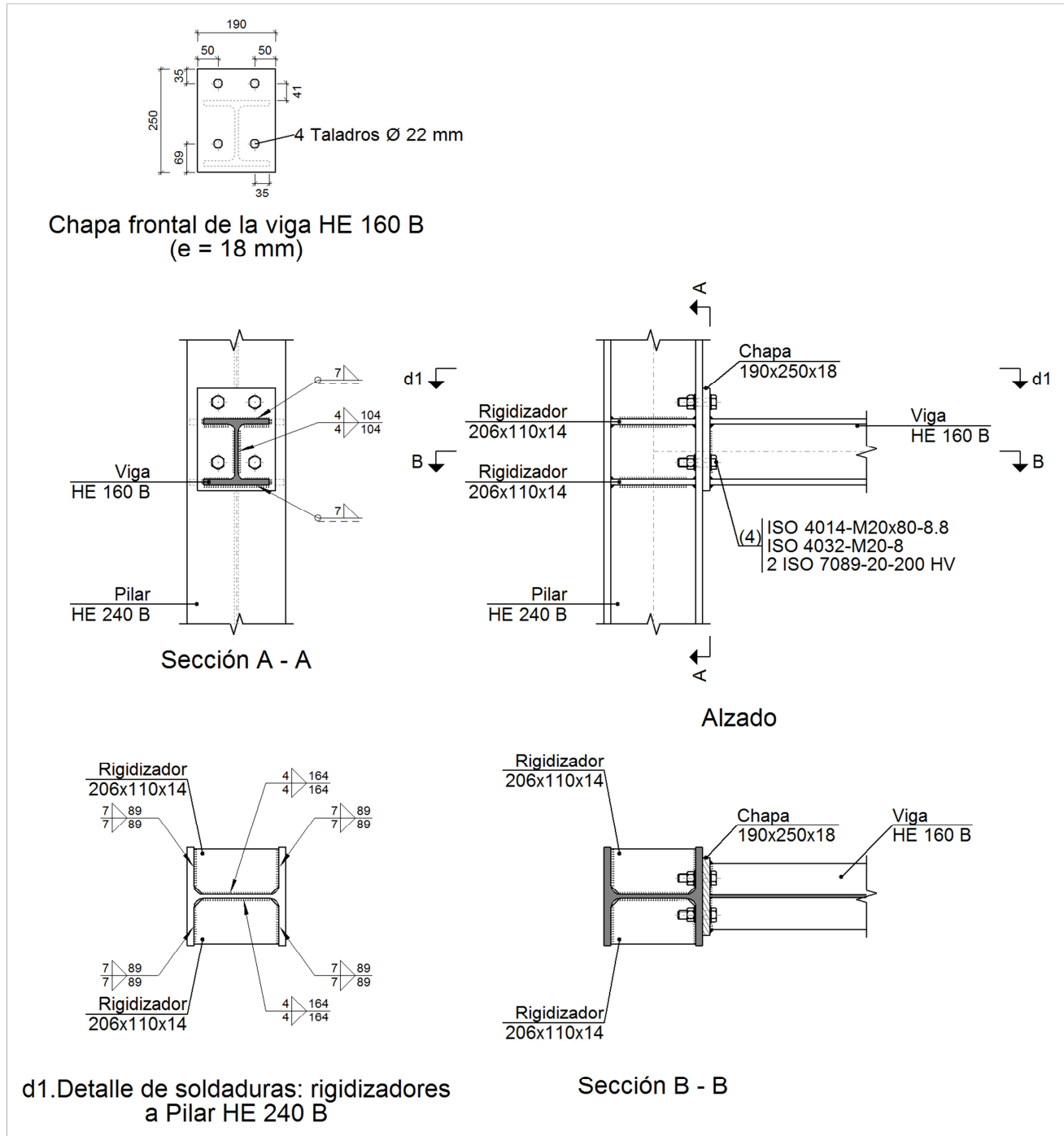
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	206x110x14	9.96
	Chapas	1	70x90x8	0.40
		1	190x250x18	6.71
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M20x80
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
		4	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12
		8	ISO 7089-20

TIPO 36 PÓRTICO INTERMEDIO

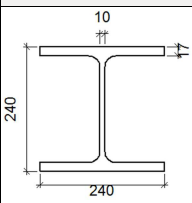
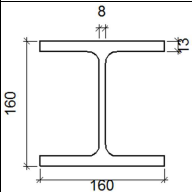
PILAR-MÉNSULA GRÚA PUENTE

a) Detalle

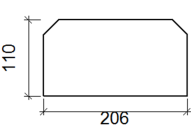
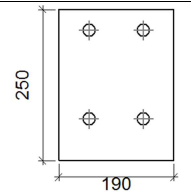


b) Descripción de los componentes de la unión

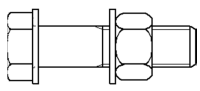
Perfiles			
Pieza	Descripción	Geometría	Acero

		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios

Pieza	Geometría			Taladros		Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	110	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga HE 160 B		190	250	18	4	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería

Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83
	Cortante	kN	160.98	326.62	49.29
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	62.26	261.90	23.77

	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	51.41	261.90	19.63
	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	62.26	261.90	23.77
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	51.41	261.90	19.63
	Ala	Desgarro	N/mm ²	126.68	261.90	48.37
		Cortante	N/mm ²	161.49	261.90	61.66
Viga HE 160 B	Ala	Tracción por flexión	kN	112.42	282.24	39.83
		Tracción	kN	23.59	368.74	6.40
	Alma	Tracción	kN	65.24	174.38	37.41

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	89	14.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	44.0	44.0	1.0	88.0	22.82	44.0	13.42	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.2	81.8	21.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	36.3	36.3	1.0	72.7	18.84	36.3	11.08	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	47.2	81.8	21.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	44.0	44.0	1.0	88.0	22.82	44.0	13.42	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.2	81.8	21.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	36.3	36.3	1.0	72.7	18.84	36.3	11.08	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	47.2	81.8	21.19	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	112.42	203.53	55.23
Ala	Compresión	kN	122.40	544.76	22.47
	Tracción	kN	56.21	272.38	20.64
Alma	Tracción	kN	9.47	201.82	4.69

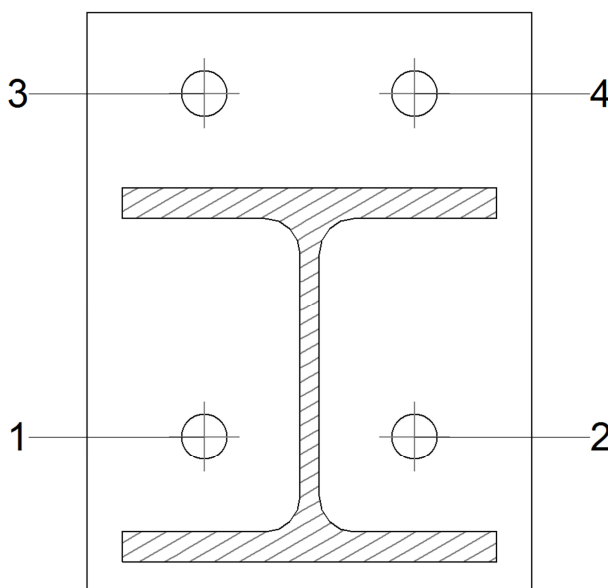
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	160	13.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	160	13.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	71.0	71.0	0.0	142.0	36.79	71.0	21.64	410.0	0.85
Soldadura del alma	37.6	37.6	157.4	282.9	73.30	37.6	11.45	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	62.0	62.0	0.5	124.0	32.12	62.0	18.90	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-M20x80-8.8	22.0	--	50	147	90	40.0
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	50	147	90	40.0

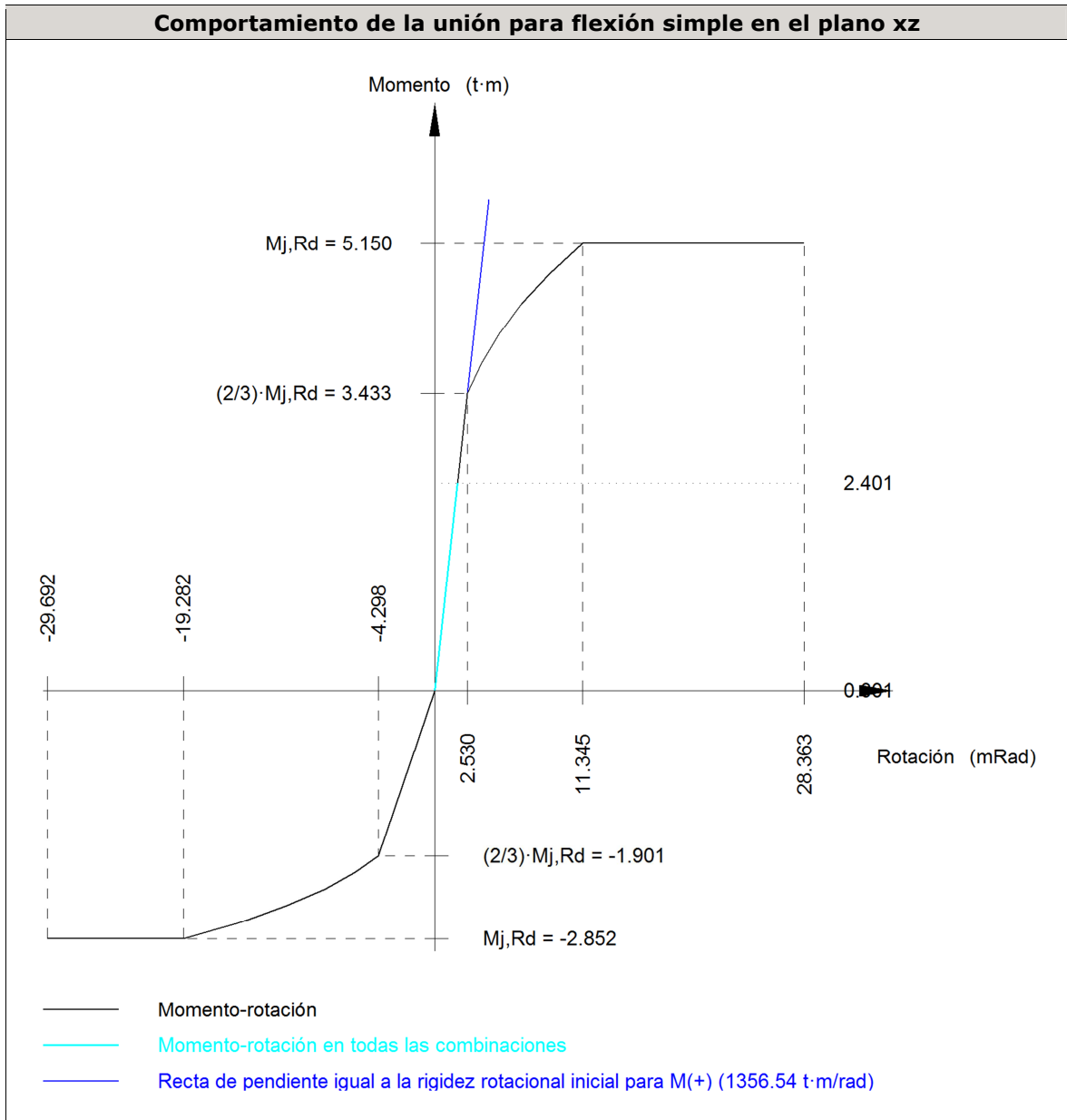
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	35	50	147	90	34.5
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	35	50	147	90	34.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	32.902	100.531	32.73	Vástago	10.037	141.120	7.11	37.81	37.81
	Aplastamiento	32.902	278.746	11.80	Punzonamiento	10.037	330.818	3.03		
2	Sección transversal	32.902	100.531	32.73	Vástago	10.037	141.120	7.11	37.81	37.81
	Aplastamiento	32.902	278.746	11.80	Punzonamiento	10.037	330.818	3.03		
3	Sección transversal	32.894	100.531	32.72	Vástago	77.958	141.120	55.24	72.10	72.10
	Aplastamiento	32.894	145.739	22.57	Punzonamiento	77.958	330.818	23.57		
4	Sección transversal	32.894	100.531	32.72	Vástago	77.958	141.120	55.24	72.10	72.10
	Aplastamiento	32.894	145.739	22.57	Punzonamiento	77.958	330.818	23.57		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1227.44	1356.54
Calculada para momentos negativos	1227.44	442.05

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	93.61
Momento resistente	kNm	23.55	50.52	46.62
Capacidad de rotación	mRad	62.400	667	9.36

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1520
			7	2040

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	206x110x14	9.96
	Chapas	1	190x250x18	6.71
Total				16.67

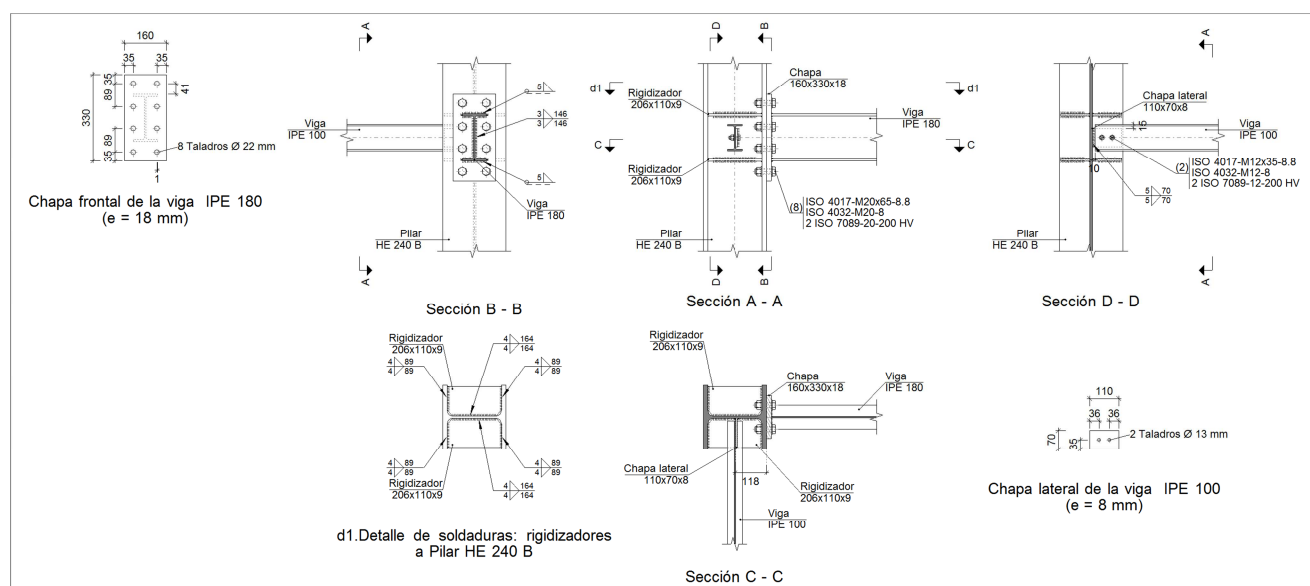
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M20x80
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-20

3.2.3.4.2. Adosado

TIPO 25 PÓRTICO 3

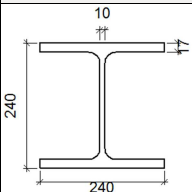
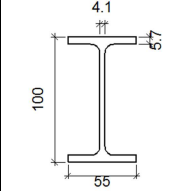
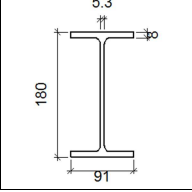
PILAR NAVE PRINCIPAL-DINTEL HASTIAL ADOSADO-VIGA ATADO ADOSADO

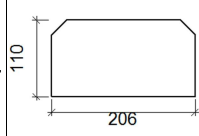
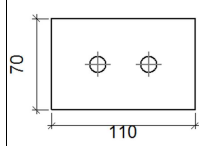
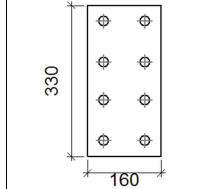
a) Detalle



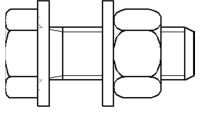
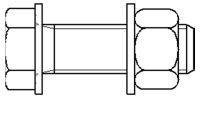
b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles								
Pieza	Descripción	Geometría				Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	110	9	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 180		160	330	18	8	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M20x65-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	65	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83	
	Cortante	kN	152.21	246.32	61.79	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	101.88	261.90	38.90	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	179.12	261.90	68.39	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	126.29	261.90	48.22	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	142.69	261.90	54.48	
Ala	Desgarro	N/mm ²	81.62	261.90	31.16	
	Cortante	N/mm ²	77.41	261.90	29.56	
Viga IPE 180	Ala	Tracción por flexión	kN	123.21	282.24	43.65
		Tracción	kN	36.51	248.59	14.68
	Alma	Tracción	kN	74.02	181.79	40.72
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	7.40	307.01	2.41
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	7.40	136.06	5.44

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	89	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	89	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	89	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	9.0	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	89	9.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	81.0	81.0	1.5	162.1	42.00	81.0	24.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	38.0	65.8	17.06	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	142.4	142.4	4.1	284.9	73.83	142.4	43.41	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	44.9	77.8	20.17	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	100.4	100.4	1.5	200.9	52.07	100.5	30.63	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.3	81.9	21.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	113.4	113.4	4.1	226.9	58.80	113.4	34.57	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	35.6	61.6	15.97	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 180

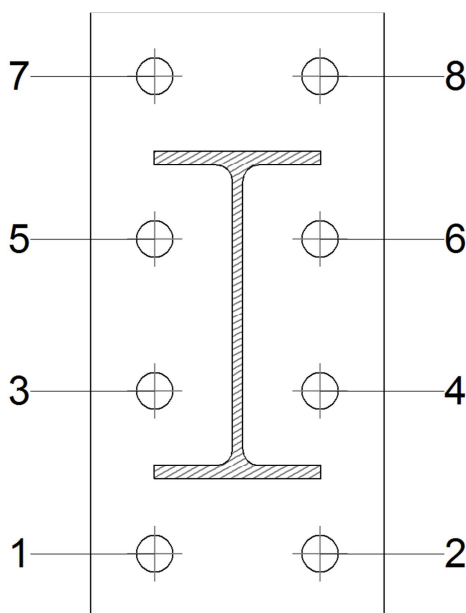
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	123.21	186.33	66.12
Ala	Compresión	kN	139.56	190.67	73.20
	Tracción	kN	77.19	95.33	80.97
Alma	Tracción	kN	28.49	107.54	26.49

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	91	8.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	3	146	5.3	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	91	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	184.8	184.8	0.1	369.6	95.77	184.8	56.33	410.0	0.85
Soldadura del alma	128.3	128.3	20.0	258.9	67.08	128.3	39.10	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	191.5	191.5	3.1	383.0	99.25	191.5	58.38	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-M20x65-8.8	22.0	35	35	89	90	34.5	
2	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	35	35	89	90	34.5	
3	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	--	35	83	90	35.0	
4	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	--	35	83	90	35.0	
5	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	--	35	83	90	35.0	
6	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	--	35	83	90	35.0	
7	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	35	35	89	90	34.5	
8	ISO 4017-M20x65-8.8	22.0	35	35	89	90	34.5	

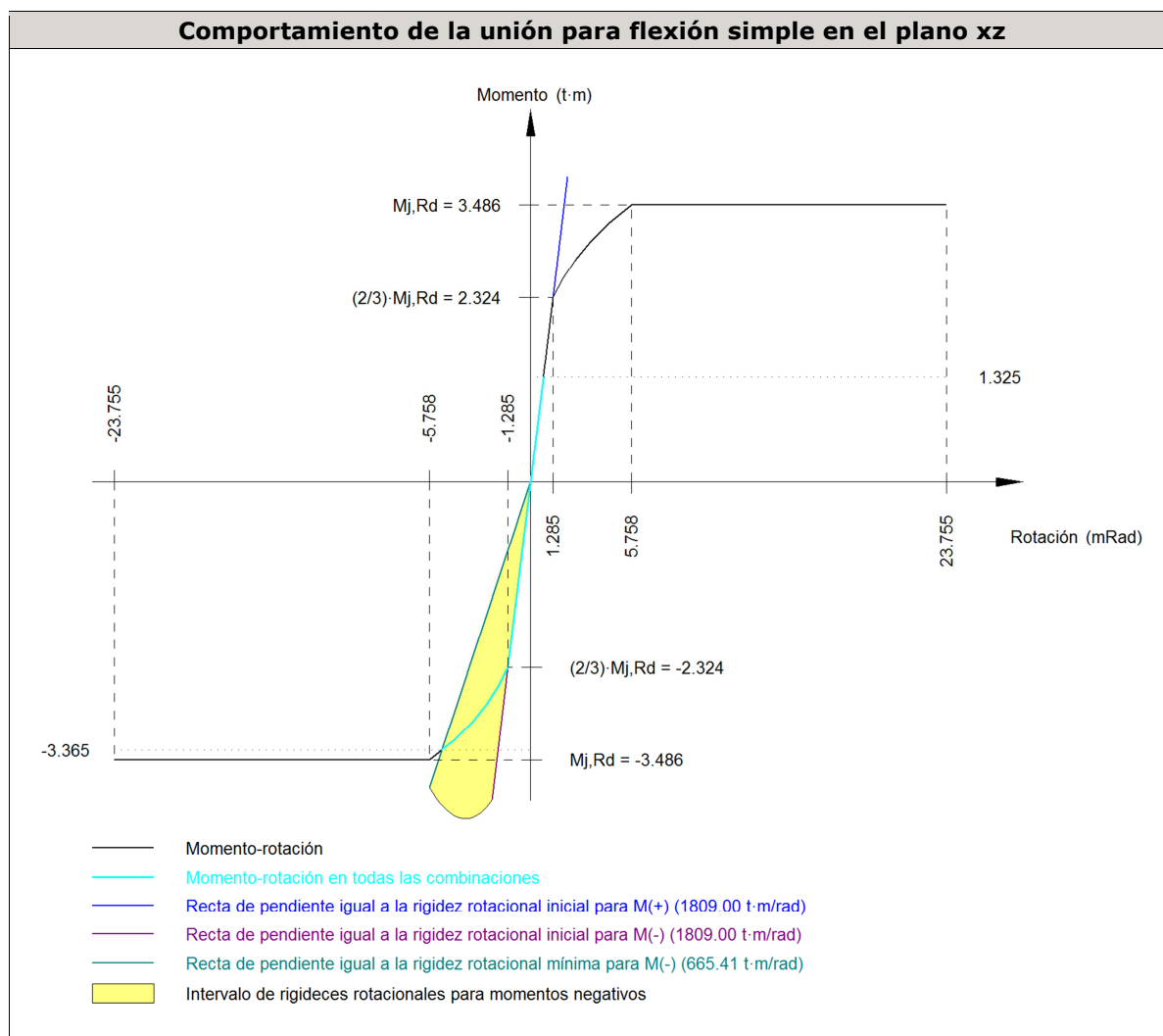
--: La comprobación no procede.

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	2.177	78.400	2.78	Vástago	93.314	141.120	66.12	50.01	66.12
	Aplastamiento	2.177	145.896	1.49	Punzonamiento	93.314	330.818	28.21		
2	Sección transversal	2.372	78.400	3.03	Vástago	84.878	141.120	60.15	45.99	60.15
	Aplastamiento	2.372	149.301	1.59	Punzonamiento	84.878	330.818	25.66		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
3	Sección transversal	2.130	78.400	2.72	Vástago	32.726	141.120	23.19	19.28	23.19
	Aplastamiento	2.130	266.774	0.80	Punzonamiento	32.726	330.818	9.89		
4	Sección transversal	2.329	78.400	2.97	Vástago	26.616	141.120	18.86	16.44	18.86
	Aplastamiento	2.329	278.800	0.84	Punzonamiento	26.616	330.818	8.05		
5	Sección transversal	2.103	78.400	2.68	Vástago	13.397	141.120	9.49	7.98	9.49
	Aplastamiento	2.103	275.037	0.76	Punzonamiento	13.397	330.818	4.05		
6	Sección transversal	2.304	78.400	2.94	Vástago	15.698	141.120	11.12	8.80	11.12
	Aplastamiento	2.304	278.800	0.83	Punzonamiento	15.698	330.818	4.75		
7	Sección transversal	2.092	78.400	2.67	Vástago	35.370	141.120	25.06	18.56	25.06
	Aplastamiento	2.092	278.772	0.75	Punzonamiento	35.370	330.818	10.69		
8	Sección transversal	2.294	78.400	2.93	Vástago	41.597	141.120	29.48	21.88	29.48
	Aplastamiento	2.294	278.800	0.82	Punzonamiento	41.597	330.818	12.57		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	424.27	1809.00
Calculada para momentos negativos	424.27	1809.00

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.67	1.80	92.54
Momento resistente	kNm	33.02	34.19	96.56
Capacidad de rotación	mRad	212.911	667	31.94

3) Viga IPE 100

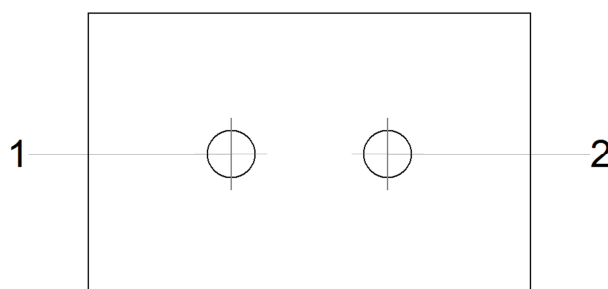
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	5.78
	Pandeo local	N/mm ²	7.34	241.30	3.04
	Aplastamiento	kN	3.71	59.10	6.28
	Desgarro	kN	7.40	68.95	10.73
Alma	Aplastamiento	kN	3.71	26.43	14.04
	Desgarro	kN	7.40	64.52	11.47

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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	7.5	7.5	0.2	15.0	3.87	7.5	2.28	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	3.711	26.976	13.76	Vástago	0.000	48.557	0.00	13.76	13.76
	Aplastamiento	3.711	59.099	6.28	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		
2	Sección transversal	3.701	26.976	13.72	Vástago	0.000	48.557	0.00	13.72	13.72
	Aplastamiento	3.701	71.654	5.17	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	292
			4	2736
			5	489

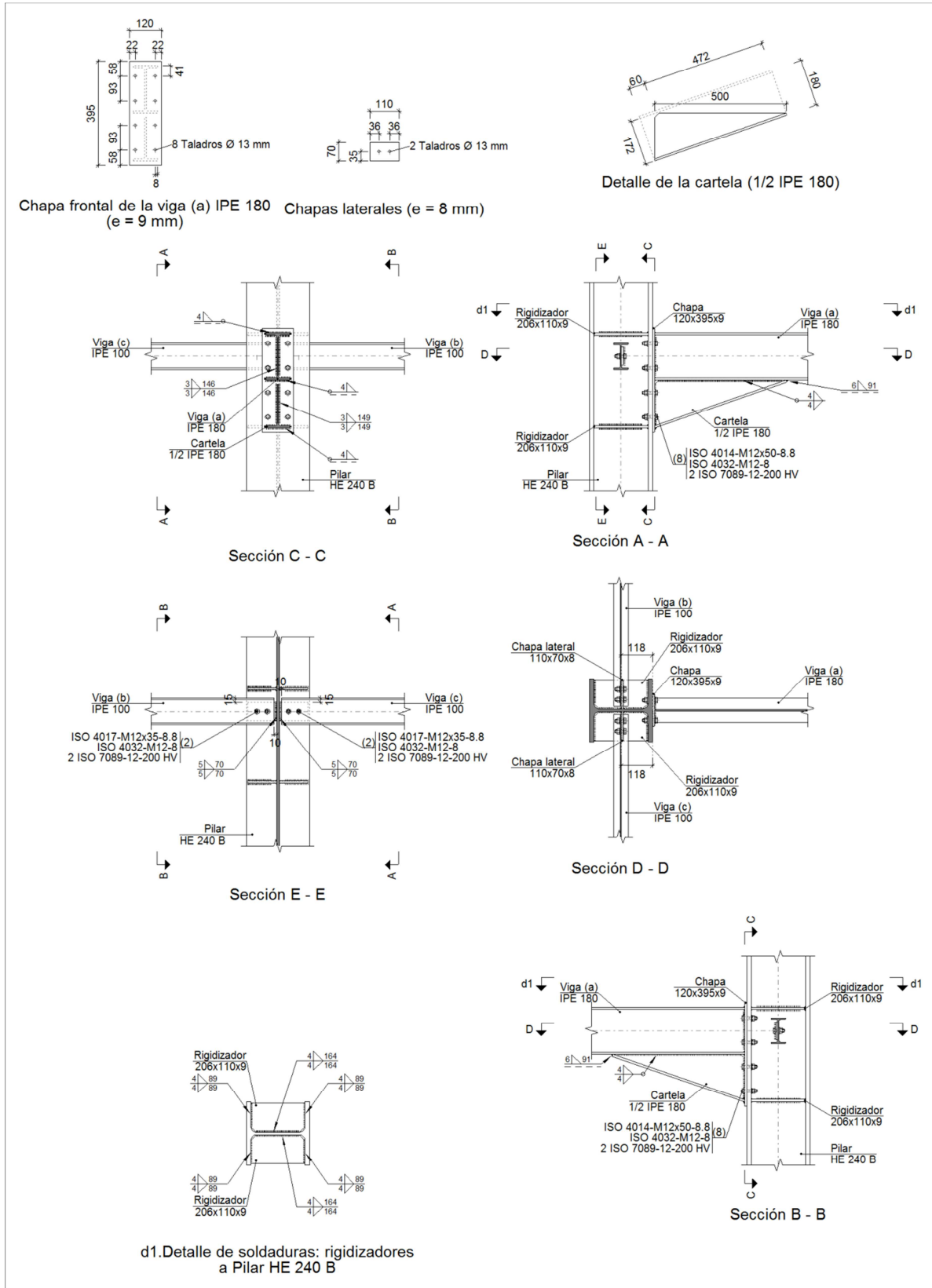
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	206x110x9	6.40
	Chapas	1	110x70x8	0.48
		1	160x330x18	7.46
	Total			

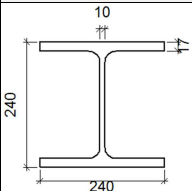
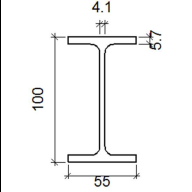
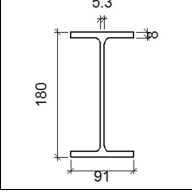
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M12x35
		8	ISO 4017-M20x65
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
		8	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12
		16	ISO 7089-20

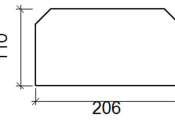
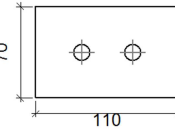
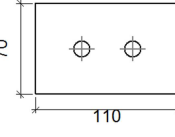
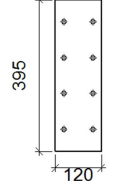
TIPO 19 PÓRTICO 2

PILAR-DINTEL-VIGA ATADO

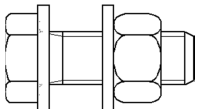
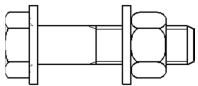
a) Detalle



Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	110	9	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 180		120	395	9	8	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería		
Descripción	Geometría	Acero

	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83	
	Cortante	kN	150.44	493.79	30.47	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	73.32	261.90	28.00	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	72.15	261.90	27.55	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	74.34	261.90	28.38	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	72.32	261.90	27.61	
Ala	Desgarro	N/mm ²	55.60	261.90	21.23	
	Cortante	N/mm ²	71.14	261.90	27.16	
Viga (a) IPE 180	Ala	Tracción por flexión	kN	59.02	97.11	60.77
		Tracción	kN	11.00	200.79	5.48
	Alma	Tracción	kN	39.57	146.98	26.92
Viga (c) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	34.63	307.01	11.28
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	32.19	136.06	23.66
Viga (b) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	7.40	307.01	2.41
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	26.98	136.06	19.83

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	89	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	89	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	89	9.0	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	9.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	89	9.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	58.2	58.2	3.2	116.5	30.20	58.2	17.74	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	20.5	35.5	9.20	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	57.4	57.4	0.0	114.8	29.74	57.4	17.50	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.1	31.3	8.11	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	59.0	59.0	3.2	118.1	30.62	59.0	17.99	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	20.5	35.5	9.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	57.5	57.5	0.0	115.1	29.82	57.5	17.54	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.1	31.4	8.13	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 180

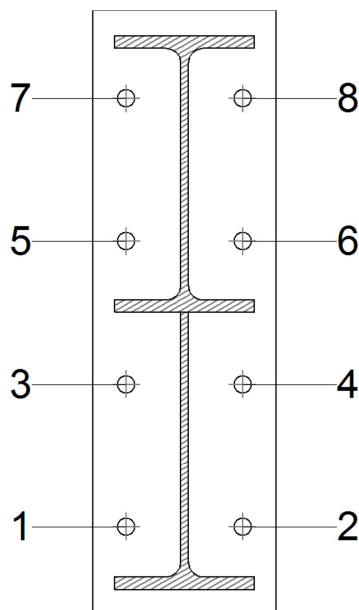
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	59.02	72.00	81.97
Ala	Compresión	kN	98.34	190.67	51.58
	Tracción	kN	15.74	95.33	16.51
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	32.83	121.59	27.00
	Tracción	kN	27.54	104.06	26.47

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	146	5.3	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	3	164	5.3	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	4	91	8.0	70.85	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	4	500	5.3	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	91	8.0	70.85	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	92.5	92.5	3.5	185.0	47.95	92.5	28.19	410.0	0.85
Soldadura del alma	65.9	65.9	8.4	132.6	34.35	65.9	20.09	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	62.0	62.0	2.0	124.0	32.14	62.0	18.90	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	60.5	60.5	9.1	122.1	31.64	60.6	18.46	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	106.0	75.4	0.0	168.2	43.58	106.0	32.30	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	7.5	12.9	3.35	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 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0
5	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0
6	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0

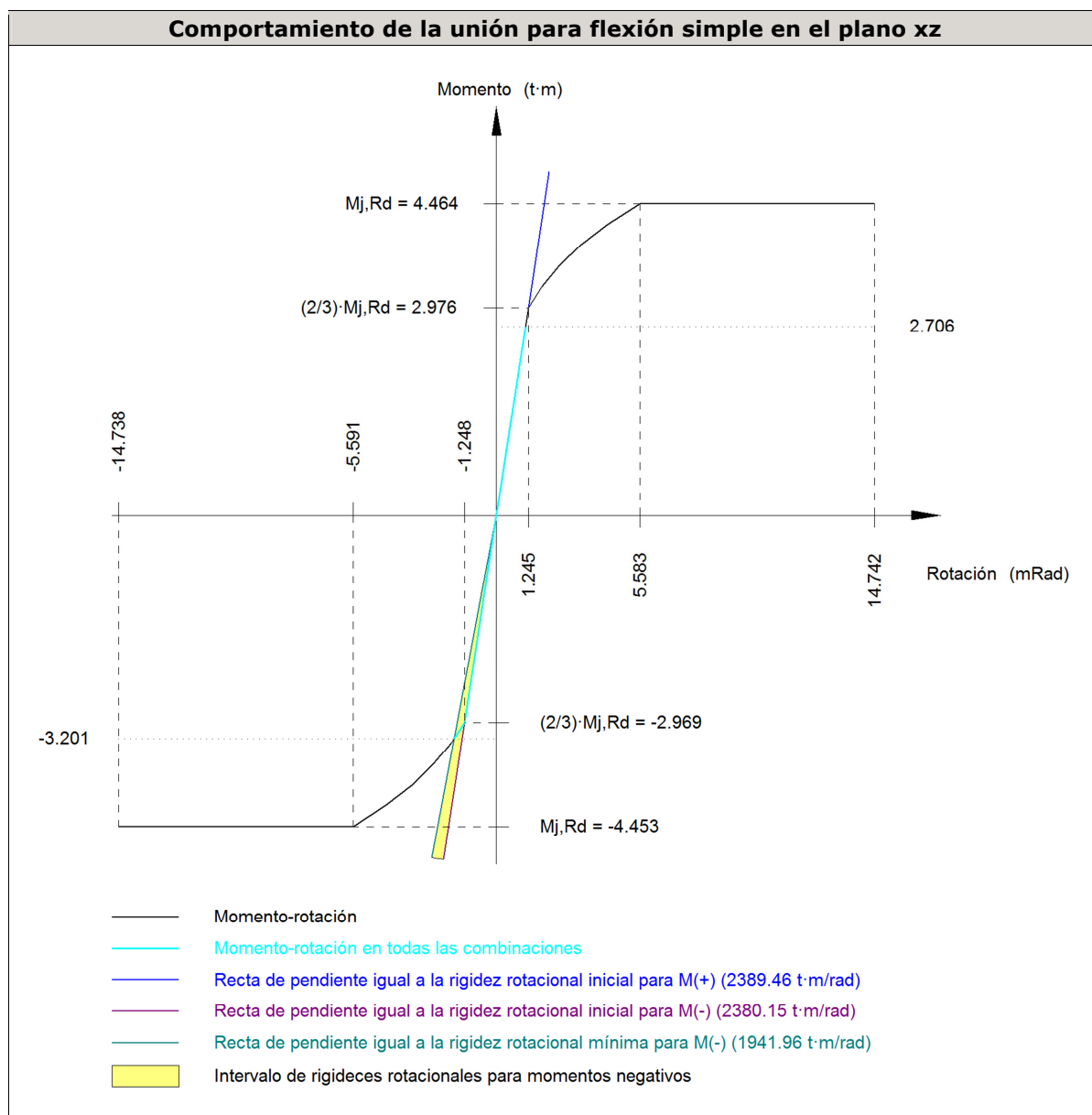
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
7	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0
8	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	22	93	76	22.0

--: 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	16.294	36.191	45.02	Vástago	39.555	48.557	81.46	58.19	81.46
	Aplastamiento	16.294	88.560	18.40	Punzonamiento	39.555	105.807	37.38		
2	Sección transversal	10.286	36.191	28.42	Vástago	39.555	48.557	81.46	58.19	81.46
	Aplastamiento	10.286	88.560	11.62	Punzonamiento	39.555	105.807	37.38		
3	Sección transversal	2.223	36.191	6.14	Vástago	32.373	48.557	66.67	47.62	66.67
	Aplastamiento	2.223	88.560	2.51	Punzonamiento	32.373	105.807	30.60		
4	Sección transversal	2.035	36.191	5.62	Vástago	32.373	48.557	66.67	47.62	66.67
	Aplastamiento	2.035	87.414	2.33	Punzonamiento	32.373	105.807	30.60		
5	Sección transversal	2.259	36.191	6.24	Vástago	32.517	48.557	66.97	53.93	66.97
	Aplastamiento	2.259	88.560	2.55	Punzonamiento	32.517	105.807	30.73		
6	Sección transversal	2.074	36.191	5.73	Vástago	32.624	48.557	67.19	53.39	67.19
	Aplastamiento	1.650	53.331	3.09	Punzonamiento	32.624	105.807	30.83		
7	Sección transversal	8.440	36.191	23.32	Vástago	39.713	48.557	81.79	64.83	81.79
	Aplastamiento	8.440	88.560	9.53	Punzonamiento	39.713	105.807	37.53		
8	Sección transversal	8.440	36.191	23.32	Vástago	39.801	48.557	81.97	64.31	81.97
	Aplastamiento	8.440	88.560	9.53	Punzonamiento	39.801	105.807	37.62		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	213.49	2389.46
Calculada para momentos negativos	213.49	2380.15

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.13	1.80	62.93
Momento resistente	kNm	31.40	43.68	71.88
Capacidad de rotación	mRad	111.841	667	16.78

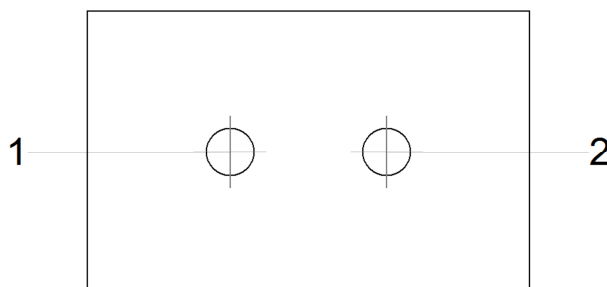
3) Viga (c) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	24.48
	Pandeo local	N/mm ²	64.10	241.30	26.56
	Aplastamiento	kN	17.32	59.04	29.33
	Desgarro	kN	34.64	68.95	50.23
Alma	Aplastamiento	kN	17.32	30.26	57.25
	Desgarro	kN	34.64	64.52	53.68

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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	35.0	35.0	0.4	70.0	18.13	35.0	10.67	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. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	17.325	26.976	64.22	Vástago	0.000	48.557	0.00	64.22	64.22
	Aplastamiento	17.325	71.654	24.18	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
2	Sección transversal	17.319	26.976	64.20	Vástago	0.000	48.557	0.00	64.20	64.20
	Aplastamiento	17.319	59.042	29.33	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

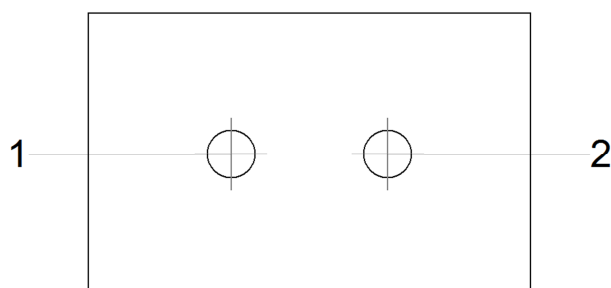
4) Viga (b) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	5.78
	Pandeo local	N/mm ²	7.34	241.30	3.04
	Aplastamiento	kN	3.71	59.10	6.28
	Desgarro	kN	7.40	68.95	10.73
Alma	Aplastamiento	kN	3.71	26.43	14.04
	Desgarro	kN	7.40	64.52	11.47

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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	7.5	7.5	0.2	15.0	3.87	7.5	2.28	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. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	3.711	26.976	13.76	Vástago	0.000	48.557	0.00	13.76	13.76
	Aplastamiento	3.711	59.099	6.28	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		
2	Sección transversal	3.701	26.976	13.72	Vástago	0.000	48.557	0.00	13.72	13.72
	Aplastamiento	3.701	71.654	5.17	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	620
			4	4244
			5	280
			6	91

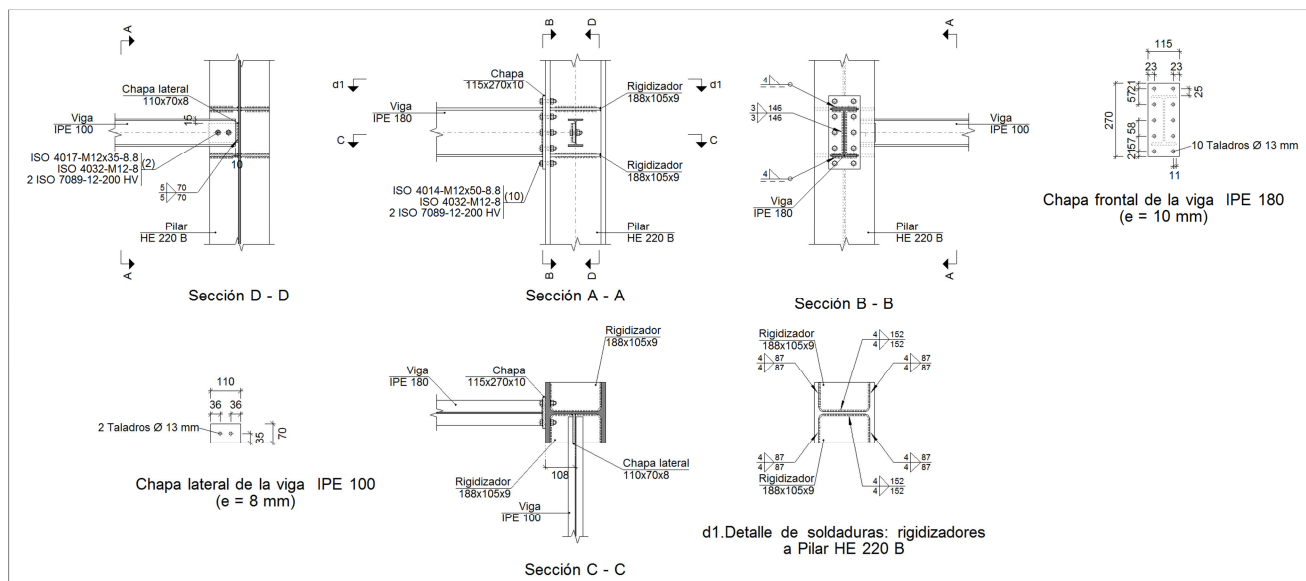
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	206x110x9	6.40
	Chapas	2	110x70x8	0.97
		1	120x395x9	3.35
Total				10.72

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4014-M12x50
		4	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-12

TIPO 7 PÓRTICO 1

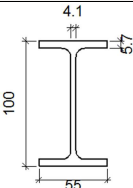
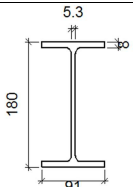
PILAR-DINTEL-VIGA ATADO

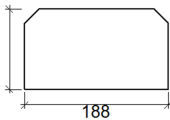
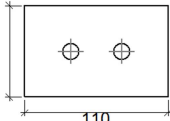
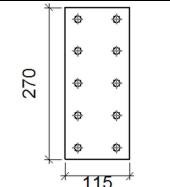
a) Detalle

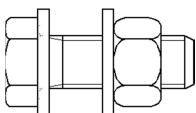


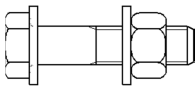
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		188	105	9	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 180		115	270	10	10	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería							
Descripción	Geometría			Acero			
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9	

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbitez	--	--	--	30.58	
	Cortante	kN	108.33	234.01	46.30	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	102.03	261.90	38.96	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	73.29	261.90	27.98	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	79.41	261.90	30.32	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	101.78	261.90	38.86	
Ala	Desgarro	N/mm ²	53.30	261.90	20.35	
	Cortante	N/mm ²	50.19	261.90	19.17	
Viga IPE 180	Ala	Tracción por flexión	kN	54.18	97.11	55.79
		Tracción	kN	20.50	154.40	13.28
	Alma	Tracción	kN	29.69	98.05	30.28
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	34.63	291.66	11.87
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	34.63	124.85	27.74

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	87	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	87	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	87	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	87	9.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	81.1	81.1	3.1	162.2	42.04	81.1	24.72	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	36.8	63.7	16.50	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	58.3	58.3	0.4	116.6	30.22	58.3	17.77	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	21.0	36.4	9.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	63.1	63.1	3.1	126.2	32.71	63.1	19.23	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	28.6	49.6	12.85	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	81.0	81.0	0.4	161.9	41.96	81.0	24.68	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	29.2	50.6	13.12	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 180

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	54.18	67.79	79.93
Ala	Compresión	kN	110.95	190.67	58.19
	Tracción	kN	37.92	95.01	39.91
Alma	Tracción	kN	18.68	79.82	23.41

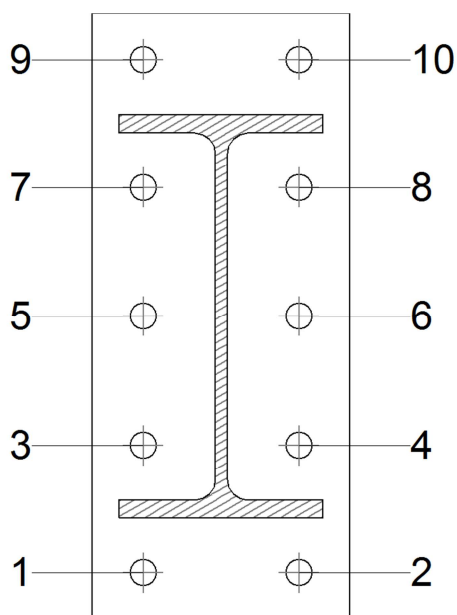
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	146	5.3	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	146.3	146.3	6.0	292.8	75.88	146.3	44.60	410.0	0.85
Soldadura del alma	100.0	100.0	13.1	201.4	52.19	100.0	30.50	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	126.7	126.7	2.3	253.3	65.65	126.7	38.62	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-M12x50-8.8	13.0	21	23	57	70	20.5
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	21	23	57	70	20.5
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	23	57	70	22.8
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	23	57	70	22.8
5	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	23	58	70	22.8
6	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	23	58	70	22.8
7	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	23	57	70	22.8
8	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	23	57	70	22.8
9	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	21	23	57	70	20.5
10	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	21	23	57	70	20.5

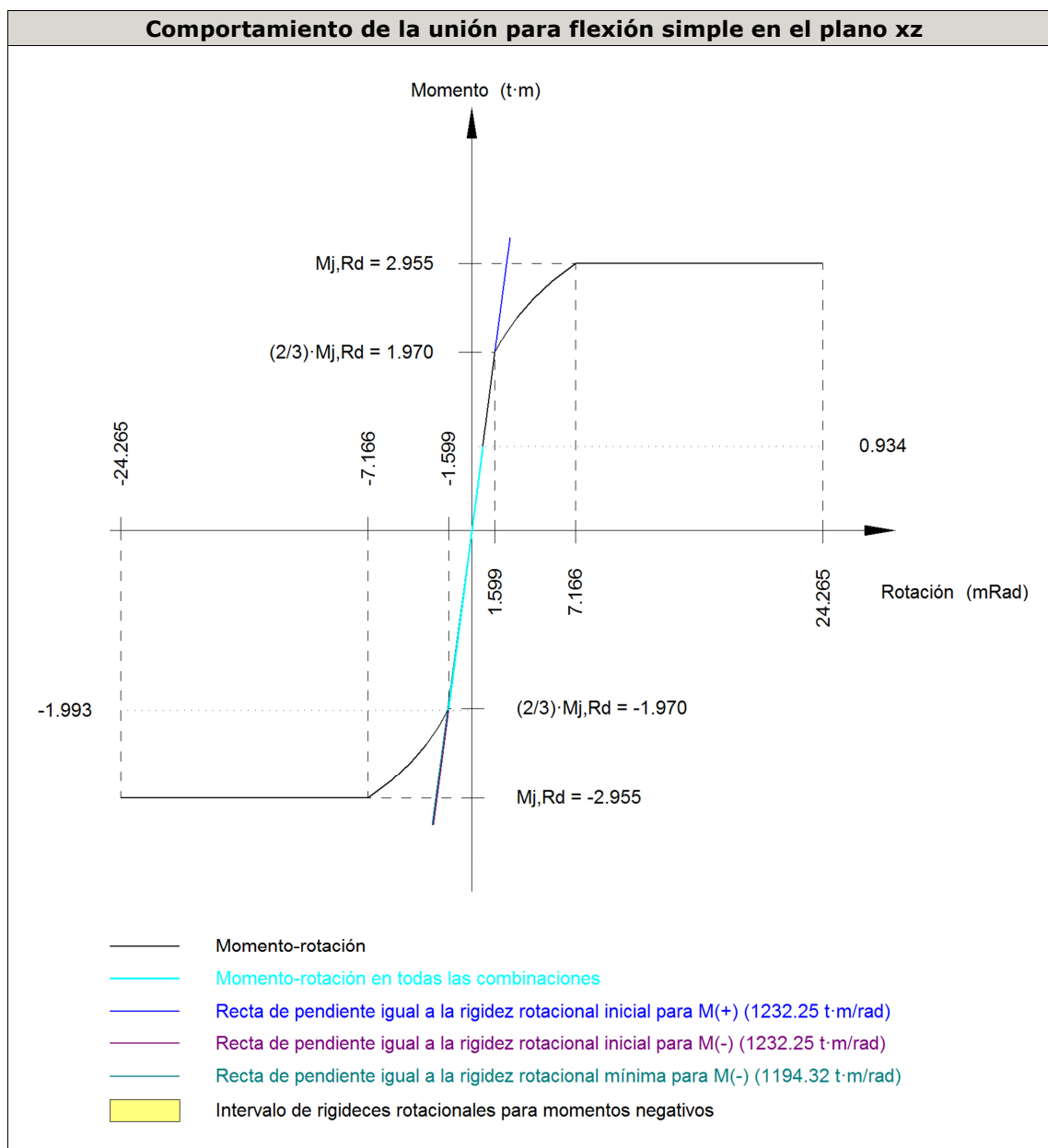
--: La comprobación no procede.

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	2.422	36.191	6.69	Vástago	36.082	48.557	74.31	56.57	74.31
	Aplastamiento	1.334	51.742	2.58	Punzonamiento	36.082	117.563	30.69		
2	Sección transversal	2.422	36.191	6.69	Vástago	38.810	48.557	79.93	60.09	79.93
	Aplastamiento	2.422	98.400	2.46	Punzonamiento	38.810	117.563	33.01		
3	Sección transversal	1.954	36.191	5.40	Vástago	18.906	48.557	38.94	31.40	38.94
	Aplastamiento	1.954	98.177	1.99	Punzonamiento	18.906	117.563	16.08		
4	Sección transversal	1.173	36.191	3.24	Vástago	21.108	48.557	43.47	34.17	43.47
	Aplastamiento	1.173	98.400	1.19	Punzonamiento	21.108	117.563	17.95		
5	Sección transversal	1.385	36.191	3.83	Vástago	12.640	48.557	26.03	22.33	26.03
	Aplastamiento	1.362	79.916	1.70	Punzonamiento	12.640	117.563	10.75		
6	Sección transversal	1.212	36.191	3.35	Vástago	15.877	48.557	32.70	26.64	32.70
	Aplastamiento	1.212	98.400	1.23	Punzonamiento	15.877	117.563	13.51		
7	Sección transversal	3.222	36.191	8.90	Vástago	11.999	48.557	24.71	20.21	24.71
	Aplastamiento	3.222	98.400	3.27	Punzonamiento	11.999	117.563	10.21		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
8	Sección transversal	1.303	36.191	3.60	Vástago	14.844	48.557	30.57	24.79	30.57
	Aplastamiento	1.303	98.400	1.32	Punzonamiento	14.844	117.563	12.63		
9	Sección transversal	3.222	36.191	8.90	Vástago	22.463	48.557	46.26	36.08	46.26
	Aplastamiento	3.222	98.400	3.27	Punzonamiento	22.463	117.563	19.11		
10	Sección transversal	3.222	36.191	8.90	Vástago	25.987	48.557	53.52	41.61	53.52
	Aplastamiento	3.222	97.872	3.29	Punzonamiento	25.987	117.563	22.10		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	271.03	1232.25
Calculada para momentos negativos	271.03	1232.25

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.52	1.80	84.35
Momento resistente	kNm	19.55	28.99	67.44
Capacidad de rotación	mRad	68.769	667	10.32

3) Viga IPE 100

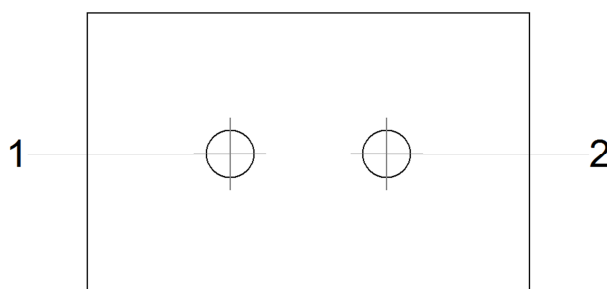
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	24.48
	Pandeo local	N/mm ²	64.10	241.30	26.56
	Aplastamiento	kN	17.32	59.04	29.33
	Desgarro	kN	34.64	68.95	50.23
Alma	Aplastamiento	kN	17.32	30.26	57.25

	Desgarro	kN	34.64	64.52	53.68
--	----------	----	-------	-------	-------

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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	35.0	35.0	0.4	70.0	18.13	35.0	10.67	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	17.325	26.976	64.22	Vástago	0.000	48.557	0.00	64.22	64.22

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
2	Aplastamiento	17.325	71.654	24.18	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00	64.20	64.20
	Sección transversal	17.319	26.976	64.20	Vástago	0.000	48.557	0.00		
	Aplastamiento	17.319	59.042	29.33	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	292
			4	2957
			5	140

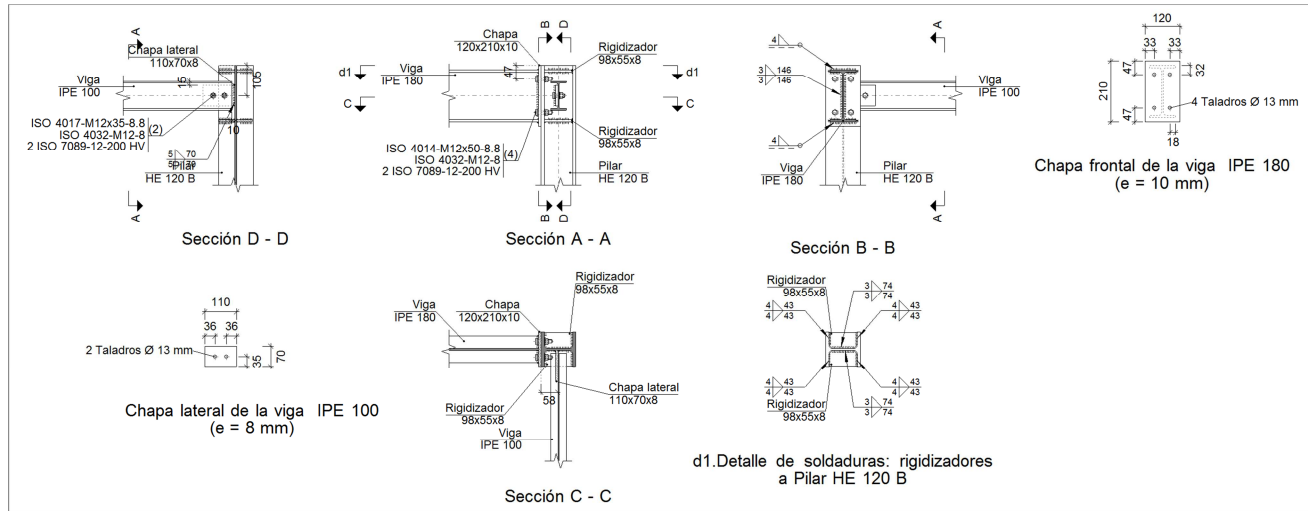
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x105x9	5.58
	Chapas	1	110x70x8	0.48
		1	115x270x10	2.44
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	10	ISO 4014-M12x50
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-12

TIPO 24 PÓRTICO 3

PILAR ADOSADO-DINTEL-VIGA ATADO

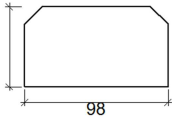
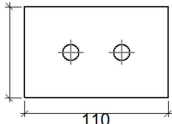
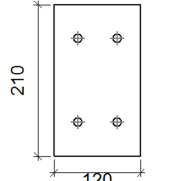
a) Detalle

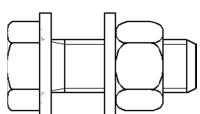
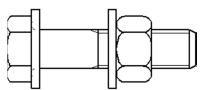


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		98	55	8	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 180		120	210	10	4	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbitez	--	--	--	23.30
	Cortante	kN	117.97	159.22	74.09
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	85.23	261.90	32.54
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	87.28	261.90	33.33
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	83.32	261.90	31.81

	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	88.75	261.90	33.89
	Ala	Desgarro	N/mm ²	90.83	261.90	34.68
		Cortante	N/mm ²	84.76	261.90	32.36
Viga IPE 180	Ala	Tracción por flexión	kN	84.72	97.11	87.24
		Tracción	kN	18.01	122.05	14.75
	Alma	Tracción	kN	48.71	75.61	64.42
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	4.26	199.56	2.13
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	4.26	47.49	8.97

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	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	60.3	60.3	0.6	120.5	31.24	60.3	18.38	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	63.4	109.8	28.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	61.2	61.2	4.7	122.7	31.79	61.2	18.66	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	67.2	116.4	30.16	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	58.9	58.9	0.6	117.8	30.54	58.9	17.96	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	61.9	107.2	27.78	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	62.5	62.5	4.7	125.3	32.46	62.5	19.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	68.3	118.3	30.67	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 180

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)

Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	84.72	93.82	90.30
Ala	Compresión	kN	89.94	190.67	47.17
	Tracción	kN	22.28	95.33	23.37
Alma	Tracción	kN	40.17	78.97	50.87

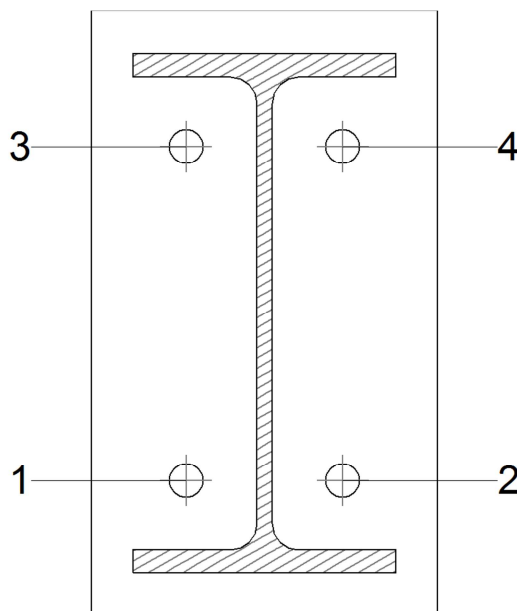
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	146	5.3	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	132.7	132.7	0.1	265.5	68.80	132.7	40.47	410.0	0.85
Soldadura del alma	104.0	104.0	5.6	208.2	53.96	104.0	31.70	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	123.9	123.9	2.9	247.9	64.25	123.9	37.78	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



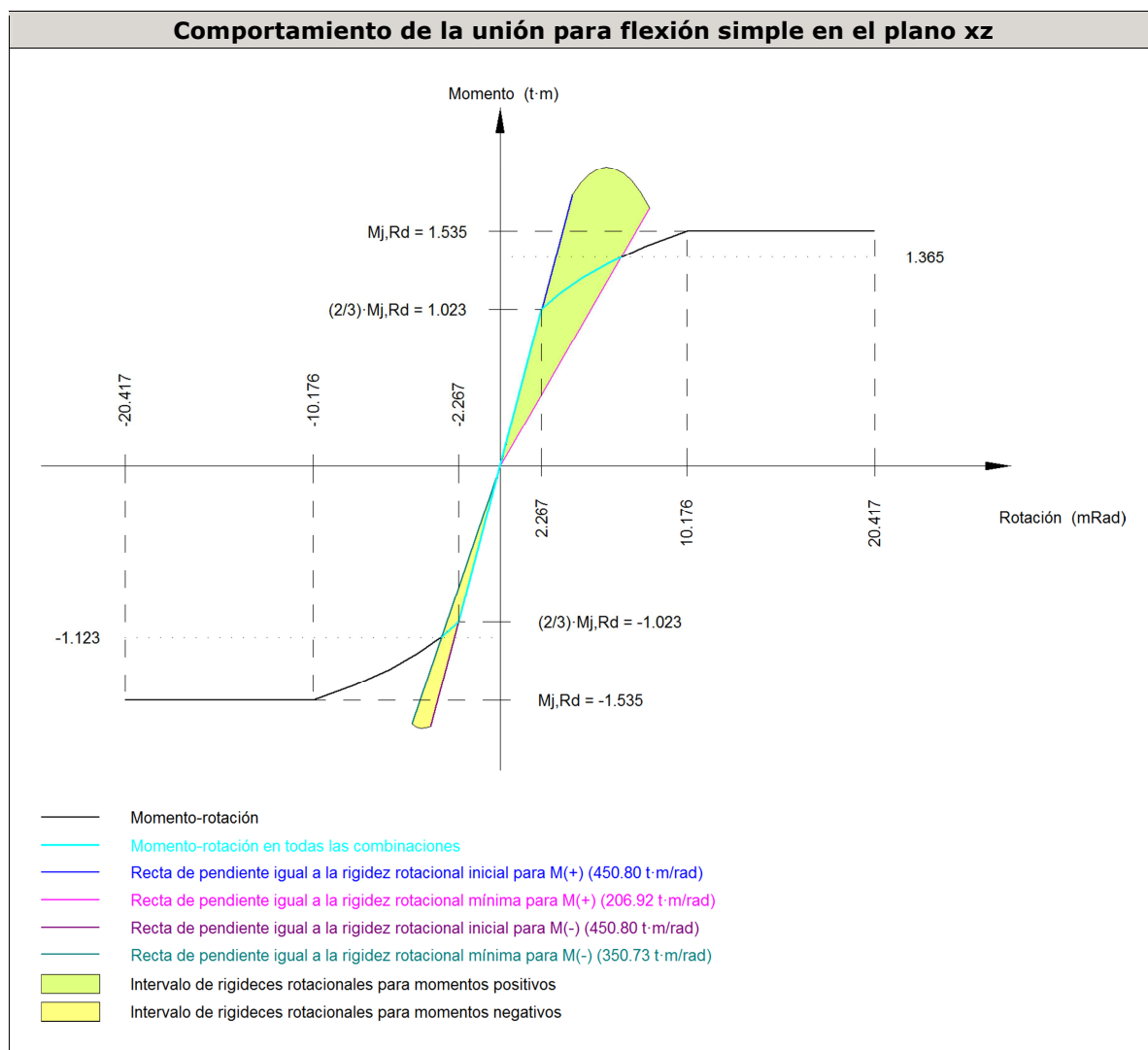
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	1.670	36.191	4.62	Vástago	40.847	48.557	84.12	64.27	84.12
	Aplastamiento	1.670	98.400	1.70	Punzonamiento	40.847	117.563	34.74		
2	Sección transversal	2.003	36.191	5.54	Vástago	40.939	48.557	84.31	65.62	84.31
	Aplastamiento	2.003	91.749	2.18	Punzonamiento	40.939	117.563	34.82		
3	Sección transversal	1.264	36.191	3.49	Vástago	43.847	48.557	90.30	67.04	90.30
	Aplastamiento	1.264	98.256	1.29	Punzonamiento	43.847	117.563	37.30		
4	Sección transversal	1.668	36.191	4.61	Vástago	43.736	48.557	90.07	68.64	90.07
	Aplastamiento	1.668	98.247	1.70	Punzonamiento	43.736	117.563	37.20		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	130.67	450.80
Calculada para momentos negativos	130.67	450.80

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	13.39	15.06	88.95
Capacidad de rotación	mRad	323.195	667	48.48

3) Viga IPE 100

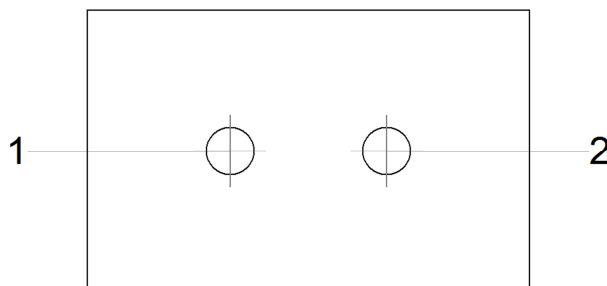
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	3.78
	Pandeo local	N/mm ²	7.86	241.30	3.26
	Aplastamiento	kN	2.19	59.53	3.68
	Desgarro	kN	4.27	68.95	6.19
Alma	Aplastamiento	kN	2.19	26.80	8.17
	Desgarro	kN	4.27	64.52	6.61

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	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	4.3	4.3	0.4	8.6	2.24	4.3	1.31	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	2.190	26.976	8.12	Vástago	0.000	48.557	0.00	8.12	8.12
	Aplastamiento	2.190	59.531	3.68	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		
2	Sección transversal	2.144	26.976	7.95	Vástago	0.000	48.557	0.00	7.95	7.95
	Aplastamiento	2.144	71.642	2.99	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	884
			4	1037
			5	140

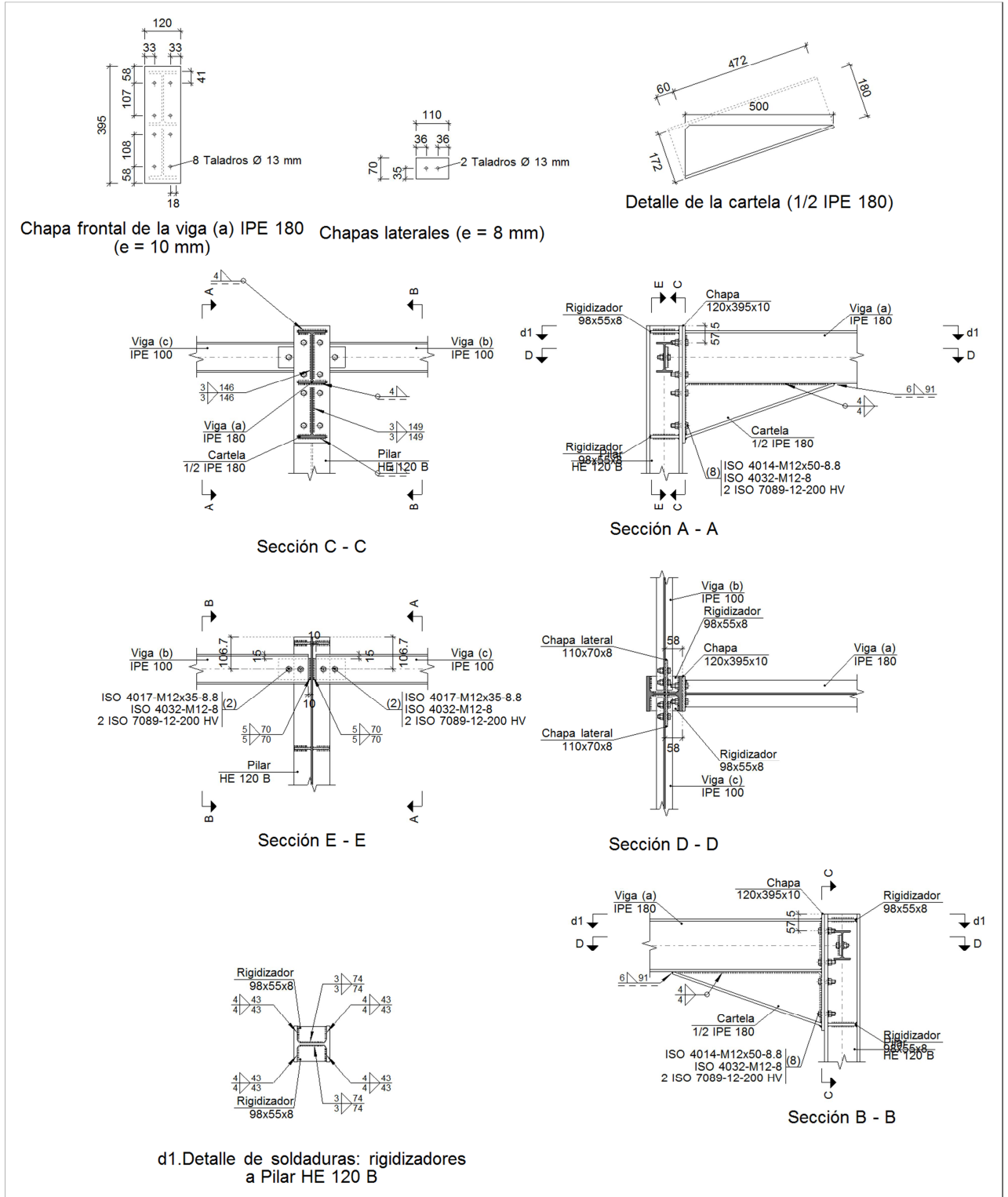
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	98x55x8	1.35
	Chapas	1	110x70x8	0.48
		1	120x210x10	1.98
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M12x50
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-12

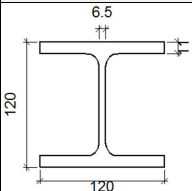
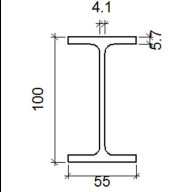
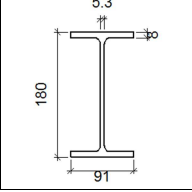
TIPO 15 PÓRTICO 2

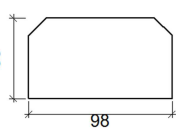
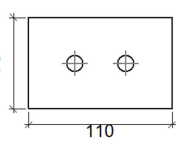
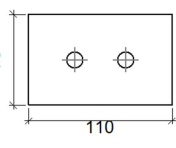
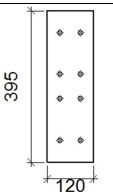
PILARADOSADO-DINTEL-VIGA ATADO

a) Detalle

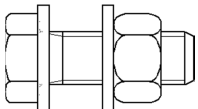
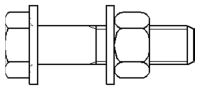


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		98	55	8	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 180		120	395	10	8	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería		
Descripción	Geometría	Acero

	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	23.30	
	Cortante	kN	172.58	320.08	53.92	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	66.56	261.90	25.41	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	65.59	261.90	25.04	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	66.62	261.90	25.44	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	65.52	261.90	25.02	
Ala	Desgarro	N/mm ²	124.22	261.90	47.43	
	Cortante	N/mm ²	123.77	261.90	47.26	
Viga (a) IPE 180	Ala	Tracción por flexión	kN	37.75	97.11	38.87
	Alma	Tracción	kN	37.75	84.92	44.45
Viga (c) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	4.26	199.56	2.13
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	12.76	47.49	26.86
Viga (b) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	10.79	199.56	5.41
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	12.76	47.49	26.86

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	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	74	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	42.3	42.3	16.8	89.5	23.20	42.4	12.91	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	45.1	78.1	20.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	45.9	45.9	5.4	92.3	23.92	45.9	14.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	50.1	86.8	22.50	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	42.4	42.4	16.8	89.6	23.23	42.4	12.93	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	44.0	76.2	19.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	45.9	45.9	5.4	92.2	23.89	45.9	13.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	50.4	87.3	22.63	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 180

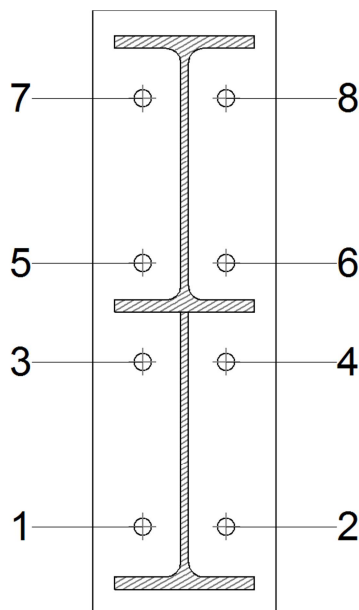
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	37.75	90.36	41.77
Ala	Compresión	kN	64.93	201.83	32.17
	Tracción	kN	9.12	95.33	9.56
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	28.80	121.59	23.69
	Tracción	kN	21.41	91.23	23.47

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	146	5.3	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	3	164	5.3	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	4	91	8.0	70.85	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	4	500	5.3	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	91	8.0	70.85	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	59.1	59.1	8.7	119.2	30.90	59.1	18.03	410.0	0.85
Soldadura del alma	40.2	40.2	7.3	81.3	21.08	40.2	12.25	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	36.1	36.1	5.0	72.7	18.84	36.1	11.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	41.6	41.6	7.3	84.1	21.80	41.6	12.68	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	63.5	45.2	0.0	100.8	26.13	63.5	19.37	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	6.0	10.4	2.70	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 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	108	55	24.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	108	55	24.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	65	55	24.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	65	55	24.0
5	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	65	55	24.0
6	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	65	55	24.0

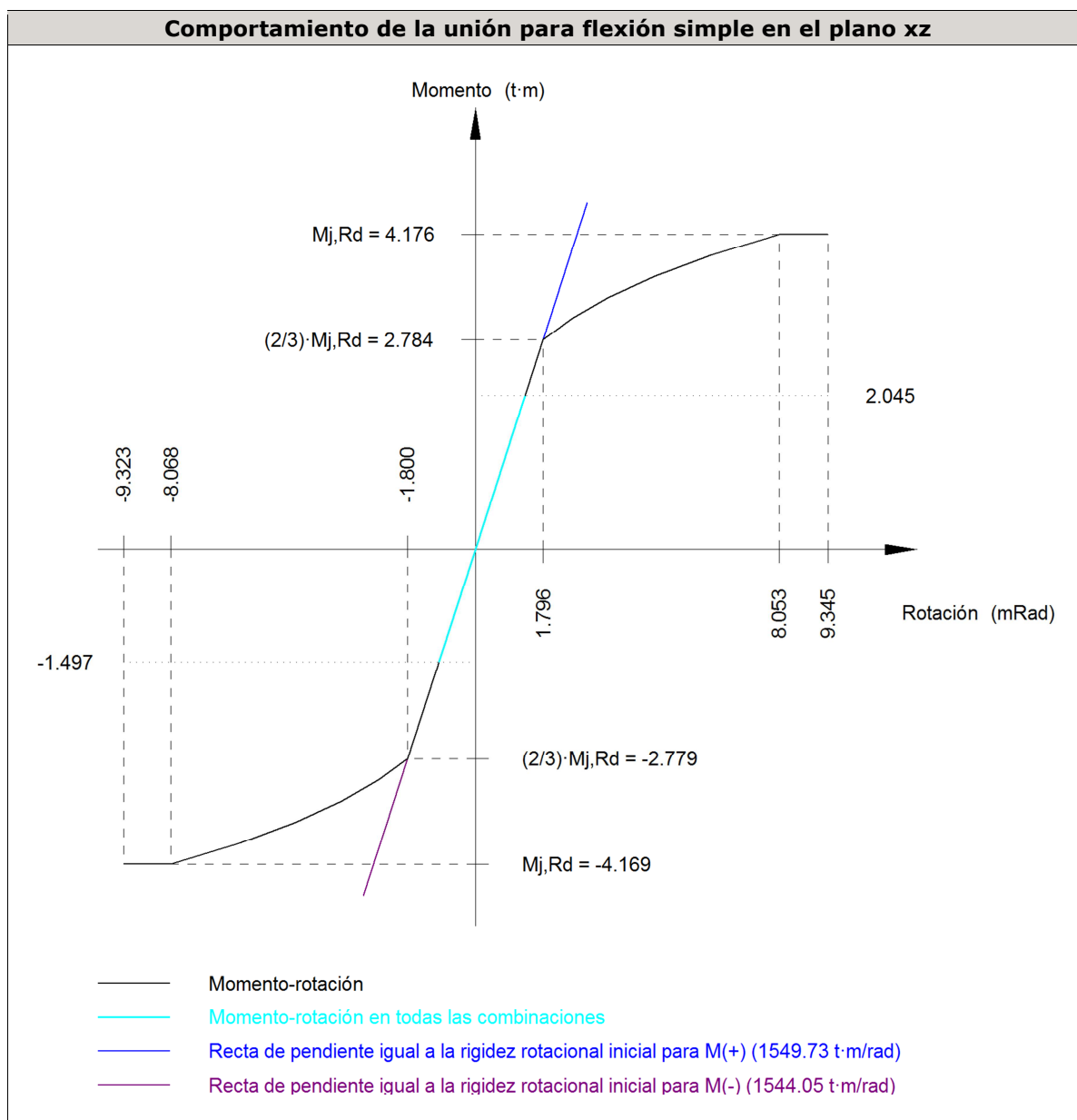
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
7	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	107	55	24.0
8	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	107	55	24.0

--: 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	5.781	36.191	15.97	Vástago	18.898	48.557	38.92	29.28	38.92
	Aplastamiento	5.781	98.337	5.88	Punzonamiento	18.898	117.563	16.08		
2	Sección transversal	5.781	36.191	15.97	Vástago	18.898	48.557	38.92	29.28	38.92
	Aplastamiento	5.781	98.400	5.87	Punzonamiento	18.898	117.563	16.08		
3	Sección transversal	2.039	36.191	5.63	Vástago	12.465	48.557	25.67	19.81	25.67
	Aplastamiento	2.025	94.604	2.14	Punzonamiento	12.465	117.563	10.60		
4	Sección transversal	2.524	36.191	6.97	Vástago	12.465	48.557	25.67	19.81	25.67
	Aplastamiento	2.524	98.400	2.56	Punzonamiento	12.465	117.563	10.60		
5	Sección transversal	2.383	36.191	6.58	Vástago	12.657	48.557	26.07	24.35	26.07
	Aplastamiento	2.383	90.770	2.62	Punzonamiento	12.657	117.563	10.77		
6	Sección transversal	2.819	36.191	7.79	Vástago	12.657	48.557	26.07	25.44	26.07
	Aplastamiento	2.819	98.400	2.86	Punzonamiento	12.657	117.563	10.77		
7	Sección transversal	4.434	36.191	12.25	Vástago	20.283	48.557	41.77	37.89	41.77
	Aplastamiento	4.434	98.395	4.51	Punzonamiento	20.283	117.563	17.25		
8	Sección transversal	4.434	36.191	12.25	Vástago	20.283	48.557	41.77	38.70	41.77
	Aplastamiento	4.434	98.400	4.51	Punzonamiento	20.283	117.563	17.25		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	209.09	1549.73
Calculada para momentos negativos	209.09	1544.05

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	93.90
Momento resistente	kNm	20.06	40.97	48.96
Capacidad de rotación	mRad	141.187	667	21.18

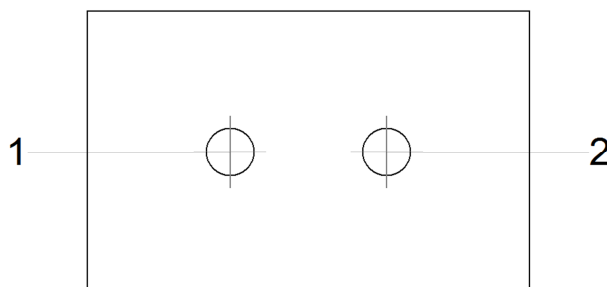
3) Viga (c) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	3.78
	Pandeo local	N/mm ²	7.86	241.30	3.26
	Aplastamiento	kN	2.19	59.53	3.68
	Desgarro	kN	4.27	68.95	6.19
Alma	Aplastamiento	kN	2.19	26.80	8.17
	Desgarro	kN	4.27	64.52	6.61

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	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	4.3	4.3	0.4	8.6	2.24	4.3	1.31	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	2.190	26.976	8.12	Vástago	0.000	48.557	0.00	8.12	8.12
	Aplastamiento	2.190	59.531	3.68	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
2	Sección transversal	2.144	26.976	7.95	Vástago	0.000	48.557	0.00	7.95	7.95
	Aplastamiento	2.144	71.642	2.99	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

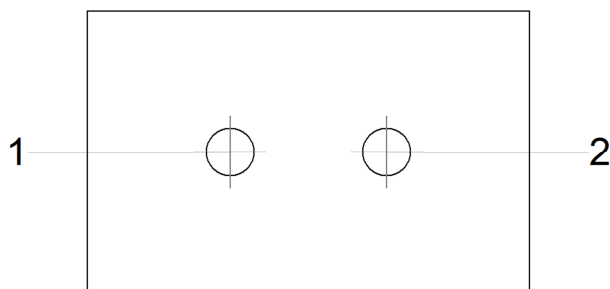
4) Viga (b) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	7.87
	Pandeo local	N/mm ²	20.60	241.30	8.54
	Aplastamiento	kN	5.40	59.05	9.14
	Desgarro	kN	10.79	68.95	15.65
Alma	Aplastamiento	kN	5.40	30.28	17.84
	Desgarro	kN	10.79	64.52	16.72

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	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	10.9	10.9	0.2	21.8	5.65	10.9	3.32	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. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	5.403	26.976	20.03	Vástago	0.000	48.557	0.00	20.03	20.03
	Aplastamiento	5.403	71.652	7.54	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		
2	Sección transversal	5.397	26.976	20.01	Vástago	0.000	48.557	0.00	20.01	20.01
	Aplastamiento	5.397	59.046	9.14	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	1212
			4	2196
			5	280
			6	91

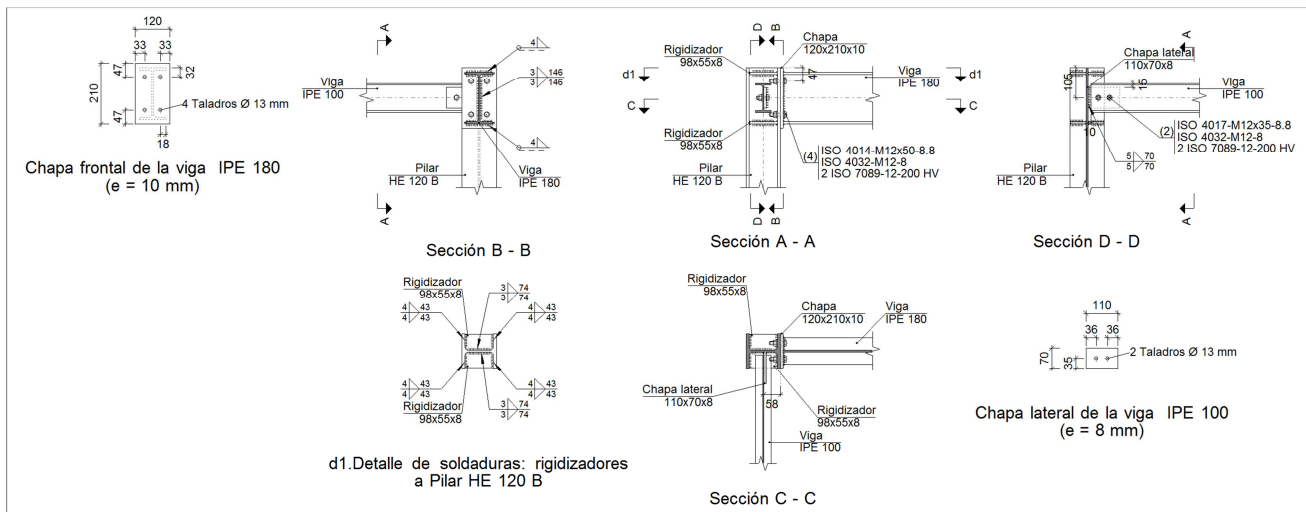
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	98x55x8	1.35
	Chapas	2	110x70x8	0.97
		1	120x395x10	3.72
Total				6.04

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4014-M12x50
		4	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-12

TIPO 3 PÓRTICO 1

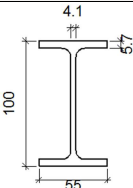
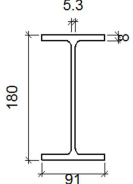
PILAR ADOSADO-DINTEL-VIGA ATADO

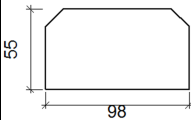
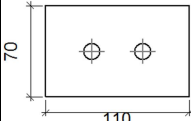
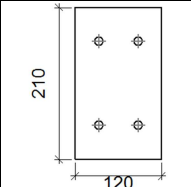
a) Detalle

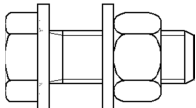


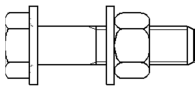
b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		98	55	8	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga IPE 100		110	70	8	2	13	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 180		120	210	10	4	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	6524.0	8154.9

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbitez	--	--	--	23.30	
	Cortante	kN	95.17	159.22	59.77	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	66.96	261.90	25.57	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	73.20	261.90	27.95	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	69.02	261.90	26.35	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	71.40	261.90	27.26	
Ala	Desgarro	N/mm ²	77.24	261.90	29.49	
	Cortante	N/mm ²	71.59	261.90	27.33	
Viga IPE 180	Ala	Tracción por flexión	kN	68.39	97.11	70.42
		Tracción	kN	14.54	122.05	11.91
	Alma	Tracción	kN	39.32	75.61	52.00
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	10.79	199.56	5.41
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	10.79	47.49	22.72

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	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	43	8.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	47.3	47.3	0.5	94.7	24.54	47.4	14.44	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	49.7	86.1	22.32	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	51.4	51.4	4.8	103.2	26.74	51.4	15.68	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	56.2	97.4	25.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	48.8	48.8	0.5	97.6	25.29	48.8	14.88	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	51.3	88.9	23.04	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	50.0	50.0	4.8	100.4	26.02	50.0	15.25	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	55.0	95.2	24.67	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 180

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	68.39	93.82	72.89
Ala	Compresión	kN	73.43	190.67	38.51
	Tracción	kN	17.98	95.33	18.86
Alma	Tracción	kN	32.42	78.97	41.06

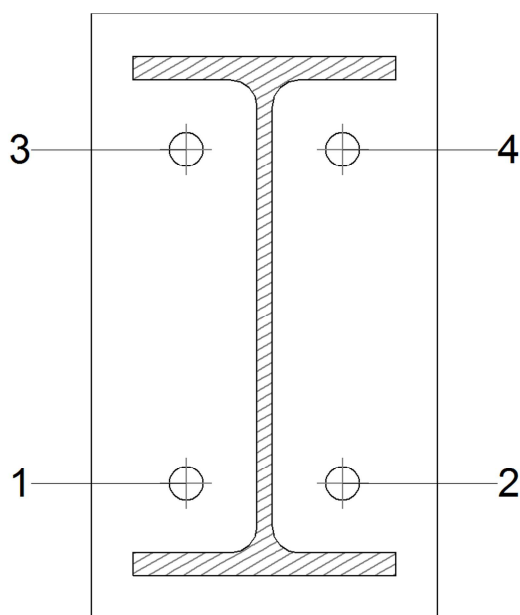
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	146	5.3	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	91	8.0	90.00	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	107.1	107.1	0.1	214.3	55.53	107.1	32.66	410.0	0.85
Soldadura del alma	83.9	83.9	6.3	168.2	43.60	83.9	25.59	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	66.8	66.8	3.4	133.7	34.66	66.8	20.37	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



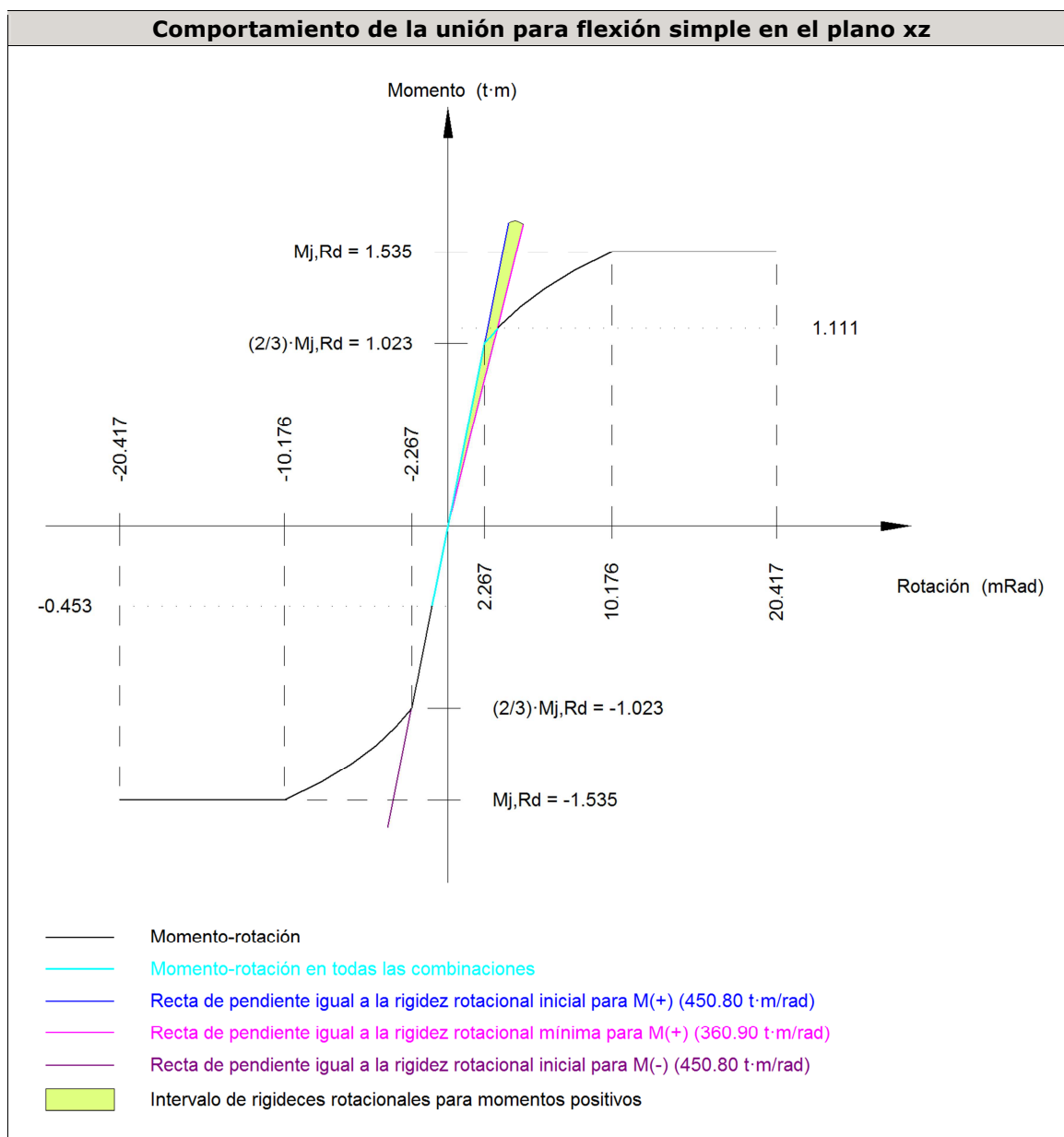
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	33	116	55	24.0

--: 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	3.146	36.191	8.69	Vástago	16.168	48.557	33.30	27.79	33.30
	Aplastamiento	3.146	98.400	3.20	Punzonamiento	16.168	117.563	13.75		
2	Sección transversal	3.021	36.191	8.35	Vástago	16.292	48.557	33.55	29.18	33.55
	Aplastamiento	3.021	82.853	3.65	Punzonamiento	16.292	117.563	13.86		
3	Sección transversal	2.289	36.191	6.33	Vástago	35.274	48.557	72.64	56.63	72.64
	Aplastamiento	2.289	98.400	2.33	Punzonamiento	35.274	117.563	30.00		
4	Sección transversal	2.289	36.191	6.33	Vástago	35.393	48.557	72.89	55.01	72.89
	Aplastamiento	2.289	83.323	2.75	Punzonamiento	35.393	117.563	30.11		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	130.67	450.80
Calculada para momentos negativos	130.67	450.80

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	10.90	15.06	72.39
Capacidad de rotación	mRad	150.804	667	22.62

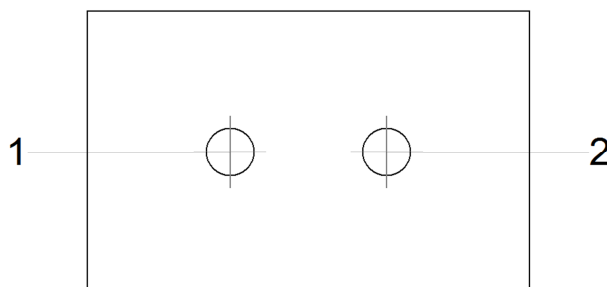
3) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.82
	Tensiones combinadas	--	--	--	7.87
	Pandeo local	N/mm ²	20.60	241.30	8.54
	Aplastamiento	kN	5.40	59.05	9.14
	Desgarro	kN	10.79	68.95	15.65
Alma	Aplastamiento	kN	5.40	30.28	17.84
	Desgarro	kN	10.79	64.52	16.72

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	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	10.9	10.9	0.2	21.8	5.65	10.9	3.32	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. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	5.403	26.976	20.03	Vástago	0.000	48.557	0.00	20.03	20.03
	Aplastamiento	5.403	71.652	7.54	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
2	Sección transversal	5.397	26.976	20.01	Vástago	0.000	48.557	0.00	20.01	20.01
	Aplastamiento	5.397	59.046	9.14	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	884
			4	1037
			5	140

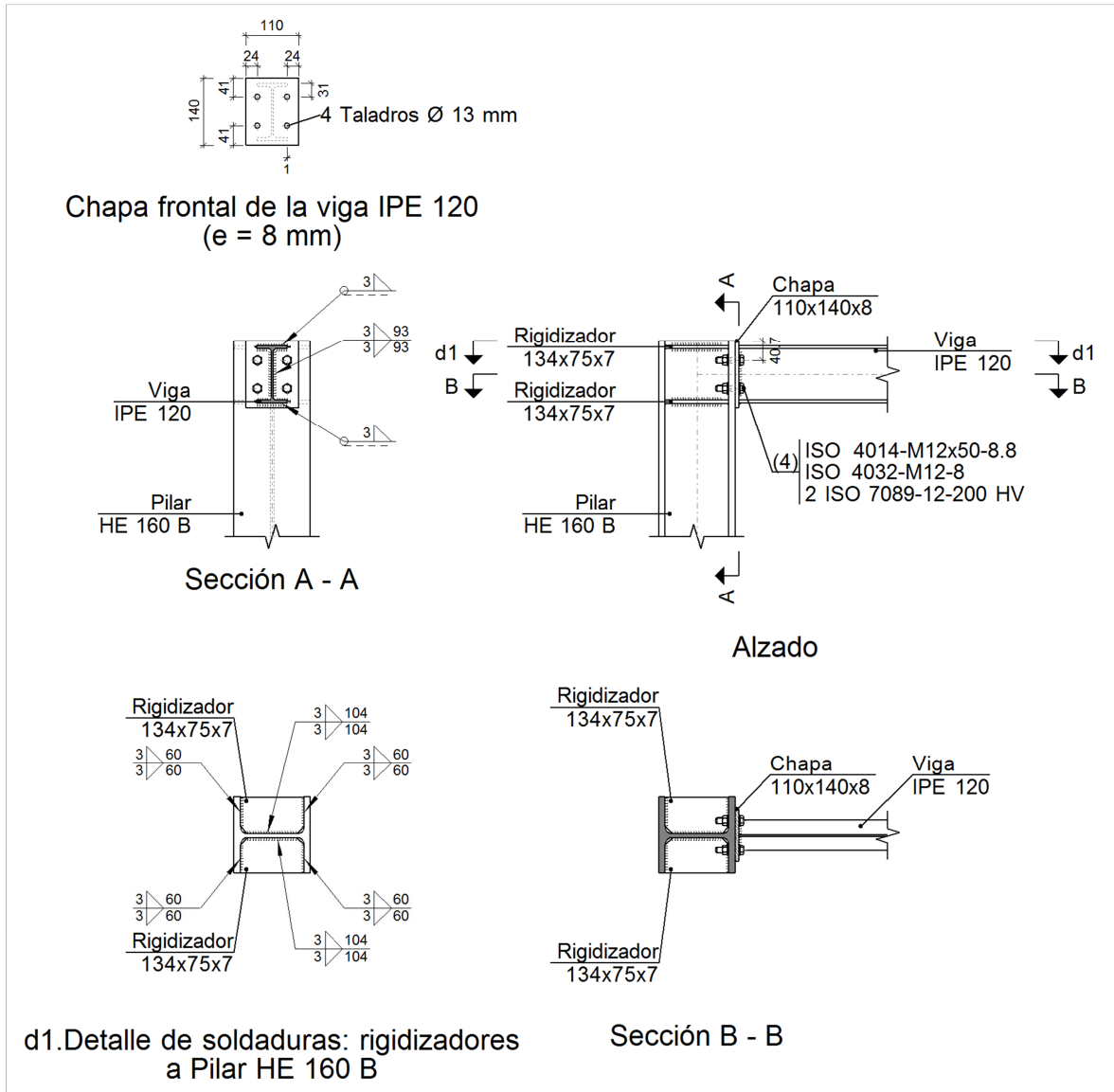
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	98x55x8	1.35
	Chapas	1	110x70x8	0.48
		1	120x210x10	1.98
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M12x50
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-12

TIPO 56 PÓRTICO 1 y 3

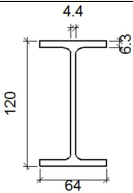
UNION PILARILLO Y DINTEL

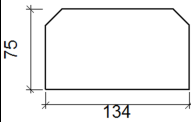
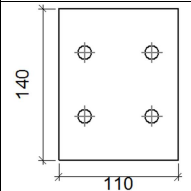
a) Detalle

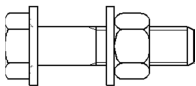


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		134	75	7	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 120		110	140	8	4	13	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	25.89
	Cortante	kN	7.19	131.41	5.47
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	56.16	261.90	21.44
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	81.20	261.90	31.00
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	58.82	261.90	22.46

	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	68.68	261.90	26.22
	Ala	Desgarro	N/mm ²	15.15	261.90	5.79
		Cortante	N/mm ²	34.01	261.90	12.99
Viga IPE 120	Ala	Tracción por flexión	kN	40.54	97.11	41.75
		Tracción	kN	8.67	120.47	7.19
	Alma	Tracción	kN	23.19	96.42	24.05

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	60	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	104	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	60	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	104	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	60	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	104	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	60	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	104	7.0	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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.8	0.8	37.8	65.5	16.98	3.1	0.95	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	1.1	2.0	0.51	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	48.7	48.7	37.5	117.2	30.36	48.7	14.86	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.9	32.7	8.48	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	14.6	14.6	37.8	71.6	18.56	21.2	6.46	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.9	13.6	3.53	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	33.1	33.1	37.6	92.8	24.05	33.5	10.20	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	11.4	19.8	5.12	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	40.54	71.53	56.68
Ala	Compresión	kN	32.20	105.60	30.49

	Tracción	kN	11.32	52.80	21.45
Alma	Tracción	kN	17.89	57.78	30.97

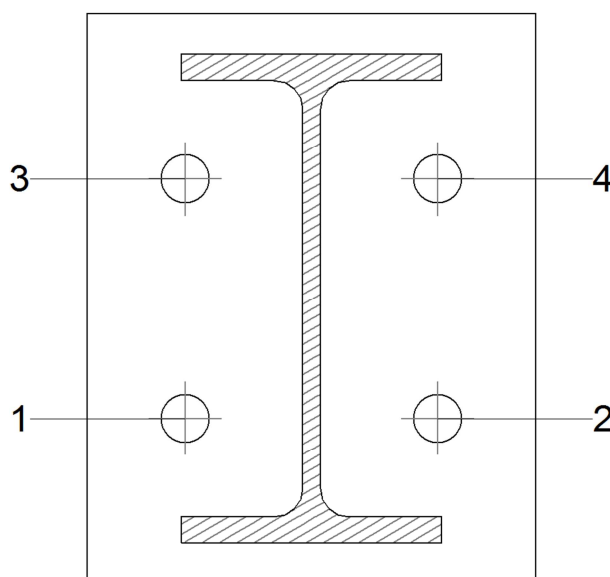
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	64	6.3	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	93	4.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	64	6.3	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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	43.2	43.2	49.7	121.9	31.59	47.0	14.32	410.0	0.85
Soldadura del alma	61.4	61.4	10.1	124.0	32.14	61.4	18.72	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	125.7	125.7	50.3	266.1	68.96	125.7	38.34	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



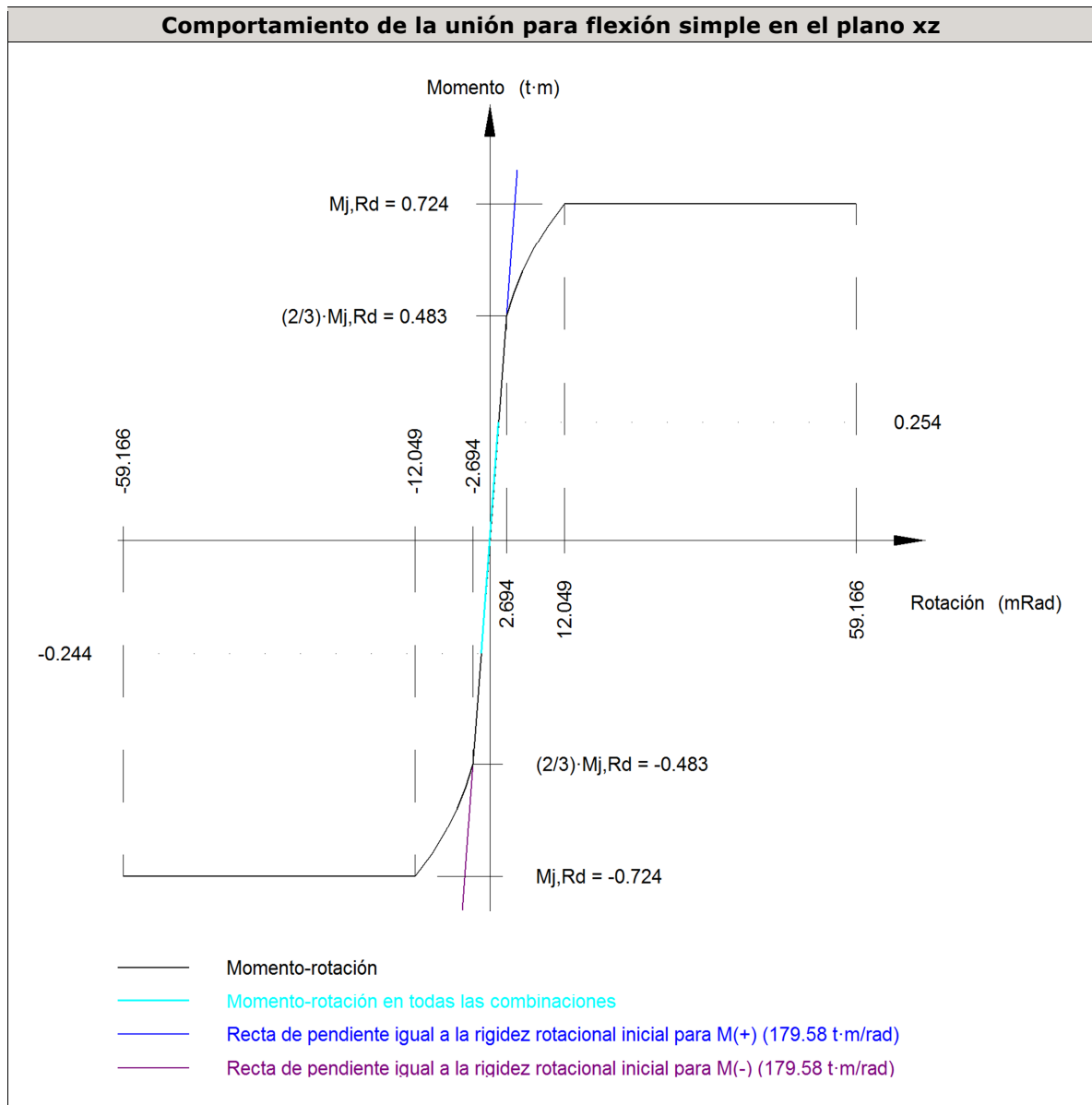
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	24	59	62	24.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	24	59	62	24.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	24	59	62	24.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	--	24	59	62	24.0

--: 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	8.430	36.191	23.29	Vástago	27.523	48.557	56.68	63.65	63.65
	Aplastamiento	8.430	48.866	17.25	Punzonamiento	27.523	94.051	29.26		
2	Sección transversal	8.430	36.191	23.29	Vástago	25.579	48.557	52.68	60.84	60.84
	Aplastamiento	8.430	78.720	10.71	Punzonamiento	25.579	94.051	27.20		
3	Sección transversal	8.430	36.191	23.29	Vástago	9.565	48.557	19.70	37.27	37.27
	Aplastamiento	8.430	48.866	17.25	Punzonamiento	9.565	94.051	10.17		
4	Sección transversal	8.430	36.191	23.29	Vástago	9.229	48.557	19.01	33.87	33.87
	Aplastamiento	8.430	78.720	10.71	Punzonamiento	9.229	94.051	9.81		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	69.07	179.58
Calculada para momentos negativos	69.07	179.58

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.99	1.80	55.14
Momento resistente	kNm	2.49	7.10	35.08
Capacidad de rotación	mm	8.00	7.37	108.57

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	2223

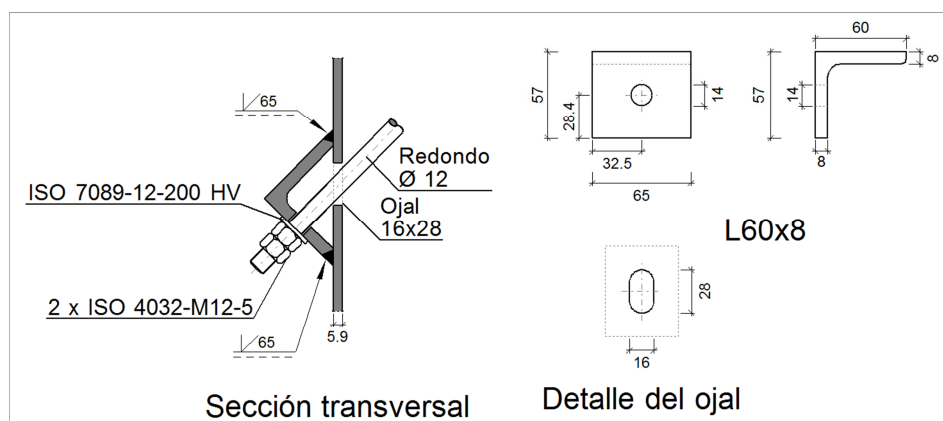
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	134x75x7	2.21
	Chapas	1	110x140x8	0.97
Total				3.18

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M12x50
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

3.2.3.5. Elementos para arriostrar

TIPO 14

Cruz San Andrés cubierta diámetro 12



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	11.25	61.69	18.24
Flector	--	--	--	62.60

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	65
<i>l: Longitud efectiva</i>			
Comprobación de resistencia			
Ref.	Tensión de Von Mises	Tensión normal	f _u β _w

	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)	(N/mm ²)	
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

c) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	T po	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	8	130

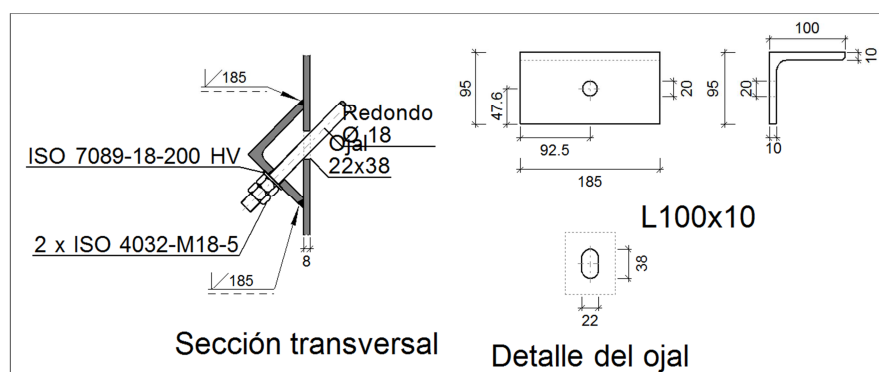
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	65	0.46
			Total	0.46

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

TIPO 21

Cruz San Andrés cubierta diámetro 18

a) Detalle



b) Comprobación

1) L100x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	29.61	249.50	11.87
Flector	--	--	--	84.00

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	185					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	10	370

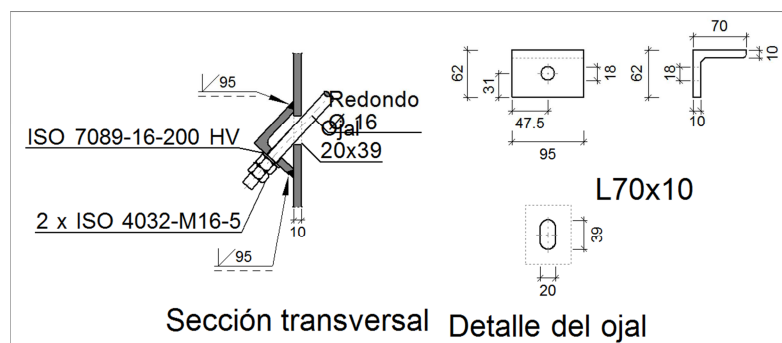
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L100x10	185	2.76
			Total	2.76

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M18
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-18

TIPO 22

Cruz San Andrés lateral diámetro 16

a) Detalle



b) Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	24.91	116.43	21.40
Flector	--	--	--	59.71

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo				Preparación de bordes (mm)		l (mm)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple				10		95		
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	10	190

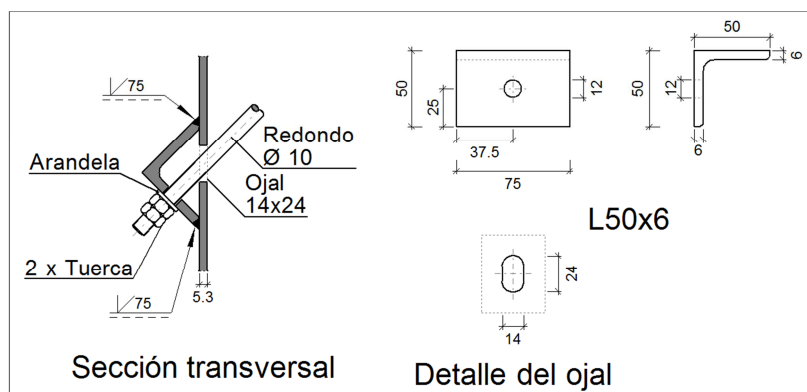
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	95	0.97
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-16

TIPO 16

Cruz San Andrés cubierta adosado diámetro 10

a) Detalle



b) Comprobación

1) L50x6 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	8.37	57.16	14.65
Flector	--	--	--	66.31

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		5	75					
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	6	150

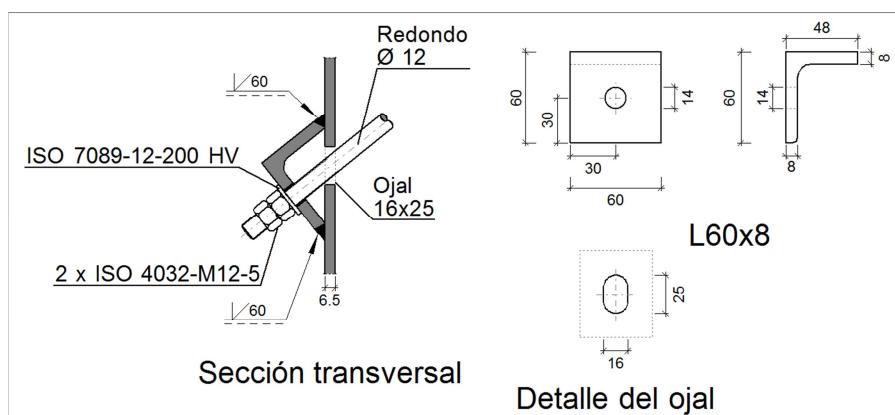
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L50x6	75	0.33
	Total			0.33

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T10
Arandelas	1	A10

TIPO 2

Cruz San Andrés lateral adosado diámetro 12

a) Detalle



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	9.40	55.65	16.89
Flector	--	--	--	66.21

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo				Preparación de bordes (mm)		l (mm)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple				7		60		
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	8	120

Angulares					
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)	
S275	Anclajes de tirantes		L60x8	60	0.42
				Total	0.42

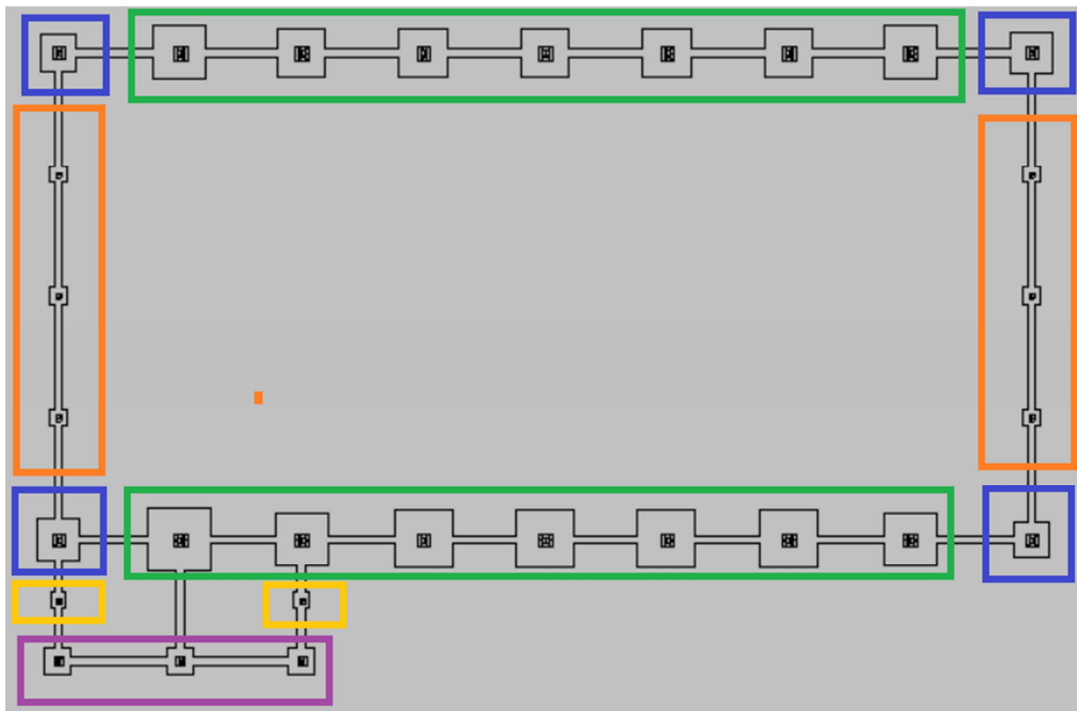
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

3.2.3.6. Placas de anclaje

Debido a que los pilares metálicos no podrían asentar directamente sobre el hormigón de la cimentación, ya que éste no resistiría las tensiones transmitidas, se dispondrán unas placas metálicas entre el pilar y la cimentación. Su misión fundamental será la de disminuir las tensiones para que pueden ser admisibles para el hormigón. Los soportes distribuirán los esfuerzos de compresión, rasmitidos por las zonas comprimidas del pilar, sobre una superficie suficiente de hormigón por medio de elementos de transición como son las placas de anclaje o basas, para que no se supere la resistencia de cálculo del citado hormigón.

Las placas asentarán preferiblemente sobre un mortero de nivelación sin retracción interpuesto entre ambos materiales, estableciéndose una capa de 25-60mm.

La unión de la placa base con la zapata se llavará a cabo mediante pernos de anclaje embebidos en el hormigón, los cuales inmovilizan el pilar ante posibles fuerzas de arrancamiento o momentos. El material utilizado será un acero S-275 para las placas y los pernos serán barras corrugadas de B-400-S.

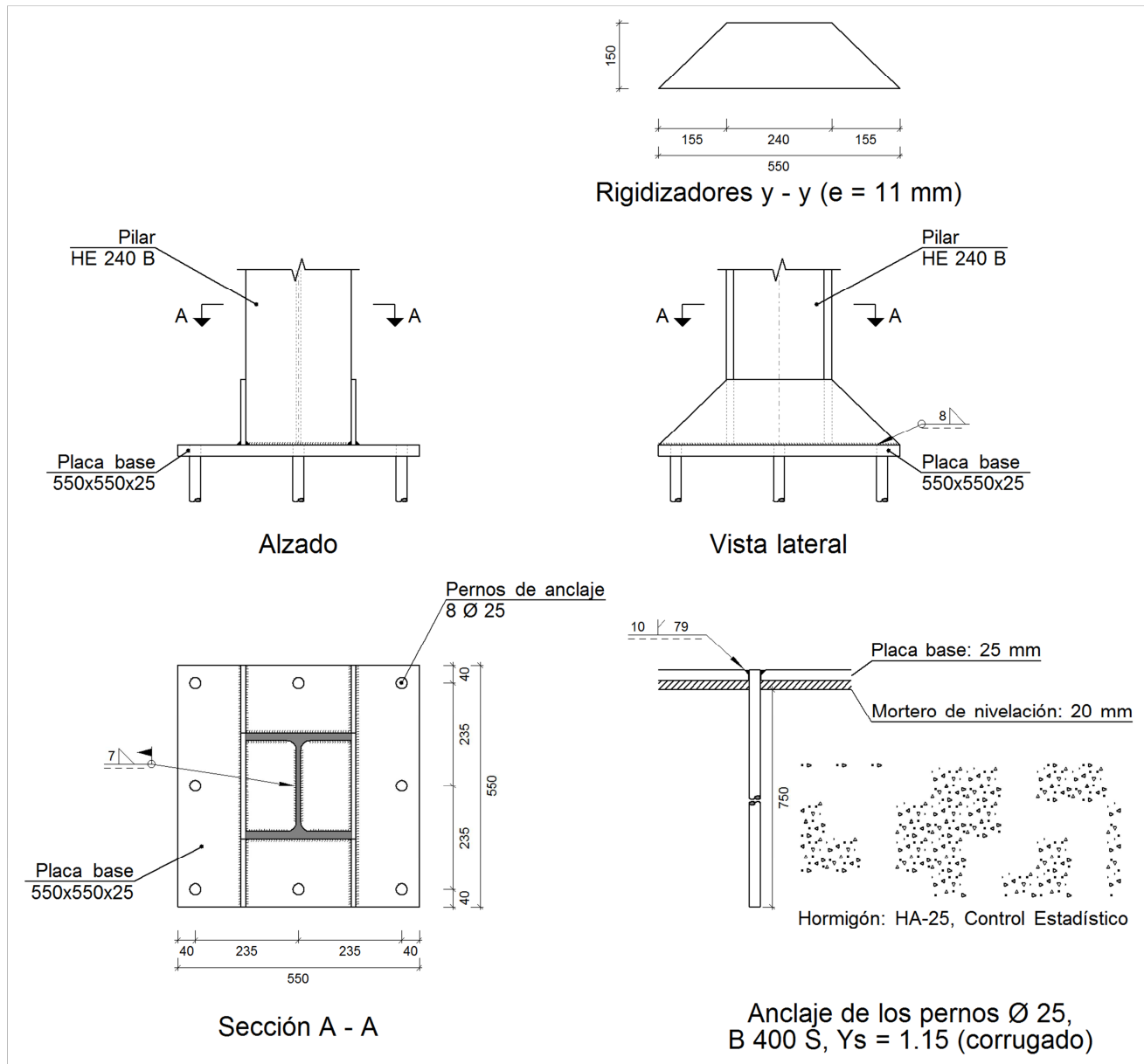


- GRUPO 1
- GRUPO 2
- GRUPO 3
- GRUPO 4
- GRUPO 5

GRUPO 1

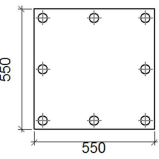
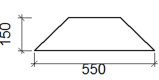
TIPO 17

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	

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 (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		550	550	25	8	45	27	10	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		550	150	11	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1184	10.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
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: 236 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: 34	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 29 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción:	Máximo: 16.337 t Calculado: 13.72 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 11.436 t Calculado: 1.088 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 16.337 t Calculado: 15.275 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.016 t Calculado: 12.653 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2606.85 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 33.372 t Calculado: 1.004 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 2011.02 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1583.61 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2503.11 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2368.25 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 802.092	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 968.374	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3535.82	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3047.67	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 2218.87 kp/cm ²	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 = -126): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	--	550	11.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 126): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	--	550	11.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	10	79	25.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -126): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 126): 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	197.6	342.2	88.67	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

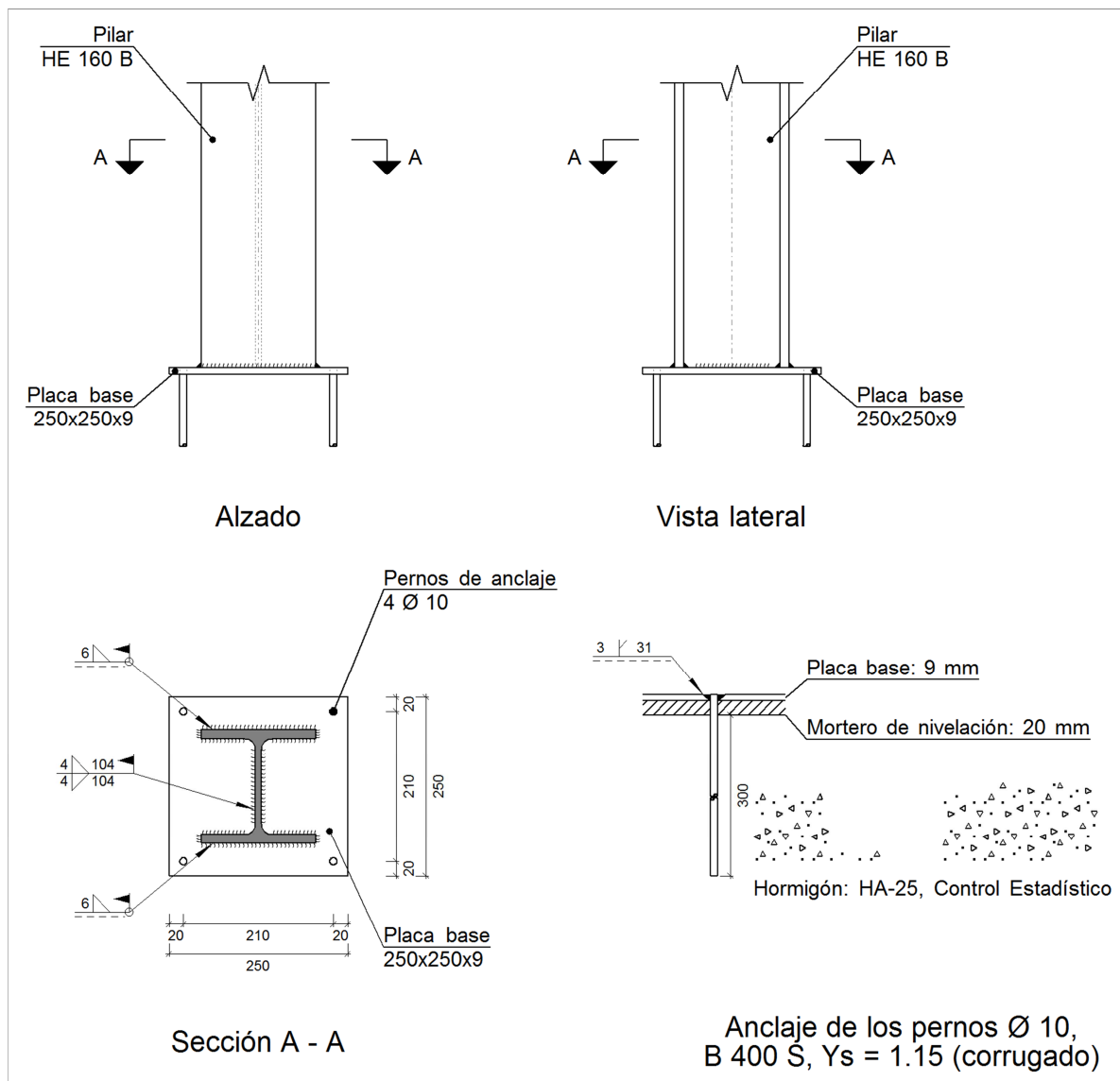
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	8	2132
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	10	628
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1184

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	550x550x25	59.37
	Rigidizadores pasantes	2	550/240x150/0x11	10.23
	Total			69.60
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 25 - L = 820	25.28
	Total			25.28

GRUPO 2

TIPO 27

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		250	250	9	4	16	12	3	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	160	9.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	4	104	8.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	9.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	7.5	7.5	0.3	14.9	3.87	7.5	2.27	410.0	0.85
Soldadura del alma	2.3	2.3	31.9	55.5	14.37	7.5	2.27	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	7.5	7.5	0.3	14.9	3.87	7.5	2.27	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 15 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
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 2.614 t Calculado: 0.405 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 1.83 t Calculado: 0.722 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 2.614 t Calculado: 1.436 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 2.561 t Calculado: 0.434 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 1718.22 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 4.806 t Calculado: 0.677 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Derecha:	Calculado: 652.281 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 652.281 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 655.25 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 655.25 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1471.03	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1471.03	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1471.03	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1471.03	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	3	31	9.0	90.00				
<i>l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	135.5	234.7	60.83	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

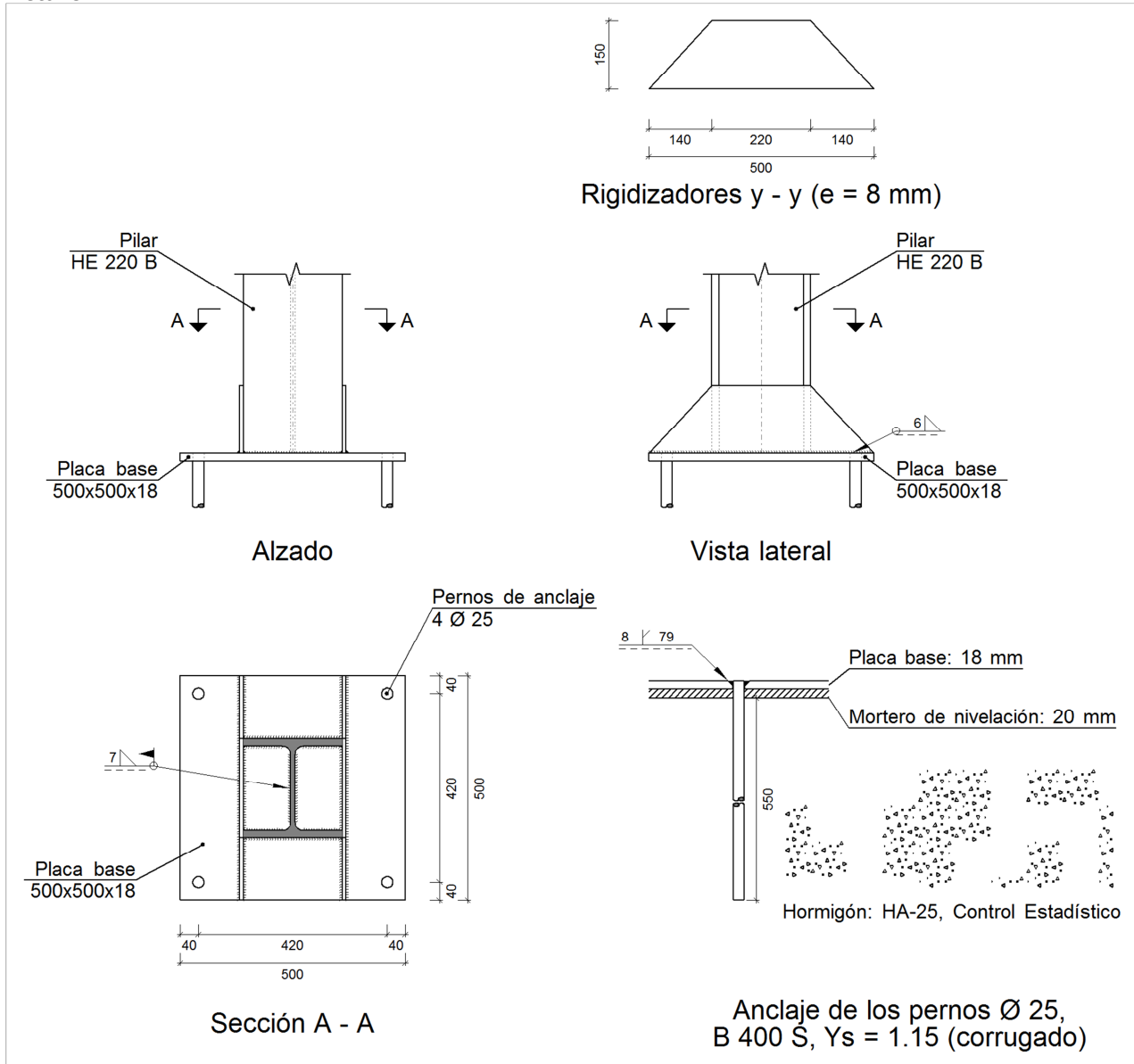
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	126
			4	208
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	616

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	250x250x9	4.42
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 10 - L = 339	0.84
				Total

GRUPO 3

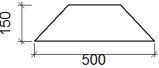
TIPO 5

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría			Taladros					Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		500	500	18	4	41	27	8	S275	2803.3	4179.4

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 (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		500	150	8	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1093	9.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
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: 420 mm	Cumple
	Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
	Esbeltz de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
	Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 29 cm Calculado: 55 cm	Cumple
	Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 11.981 t Calculado: 9.811 t Máximo: 8.386 t Calculado: 1.125 t Máximo: 11.981 t Calculado: 11.418 t	Cumple Cumple Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.016 t Calculado: 9.209 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 1905.57 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 24.028 t Calculado: 1.051 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 2293.99 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2398.38 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1409.65 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1472.28 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 306.413	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 342.061	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6194.76	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5398.28	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	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	--	500	8.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	500	8.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	8	79	18.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	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	191.7	332.0	86.05	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

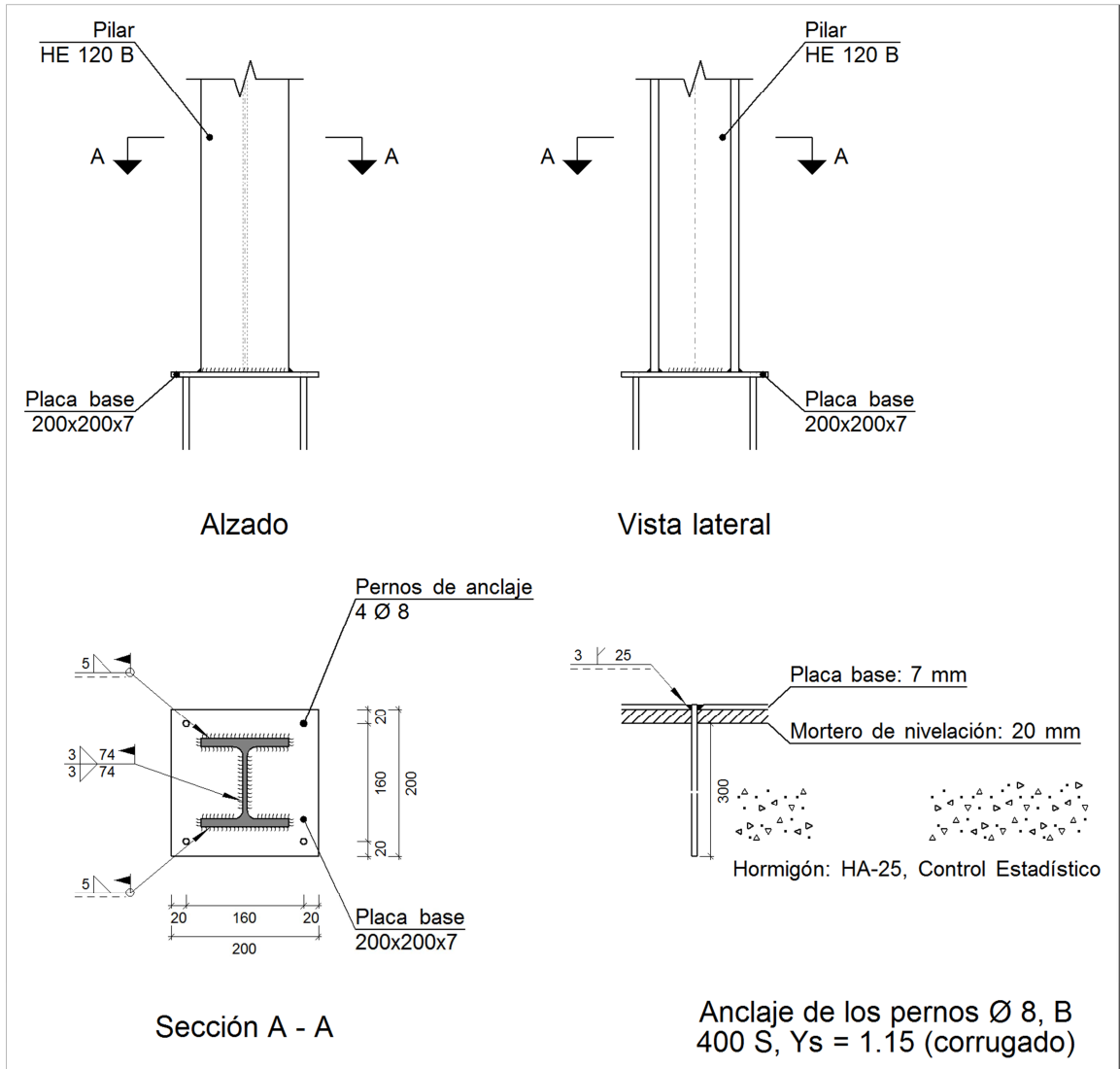
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	1936
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	8	314
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x18	35.32
	Rigidizadores pasantes	2	500/220x150/0x8	6.78
	Total			42.11
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 25 - L = 613	9.45
	Total			9.45

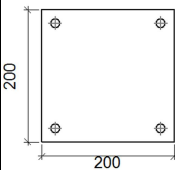
GRUPO 4

TIPO 55

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Placa base		200	200	7	4	14	10	3	S275	2803.3	4179.4	

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	120	7.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	120	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	4.2	4.2	2.1	9.1	2.36	4.3	1.30	410.0	0.85
Soldadura del alma	4.2	4.2	3.0	9.9	2.55	4.3	1.30	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	4.2	4.2	2.1	9.1	2.36	4.3	1.30	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 160 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
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 2.091 t Calculado: 0.163 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 1.464 t Calculado: 0.157 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 2.091 t Calculado: 0.387 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 1.641 t Calculado: 0.165 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 561.598 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 2.99 t Calculado: 0.147 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:		
- Derecha:	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 423.476 kp/cm ²	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Izquierda:	Calculado: 423.476 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 417.822 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 417.822 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2223.86	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2223.86	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2223.86	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2223.86	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	3	25	7.0	90.00				
<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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	64.4	111.6	28.92	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

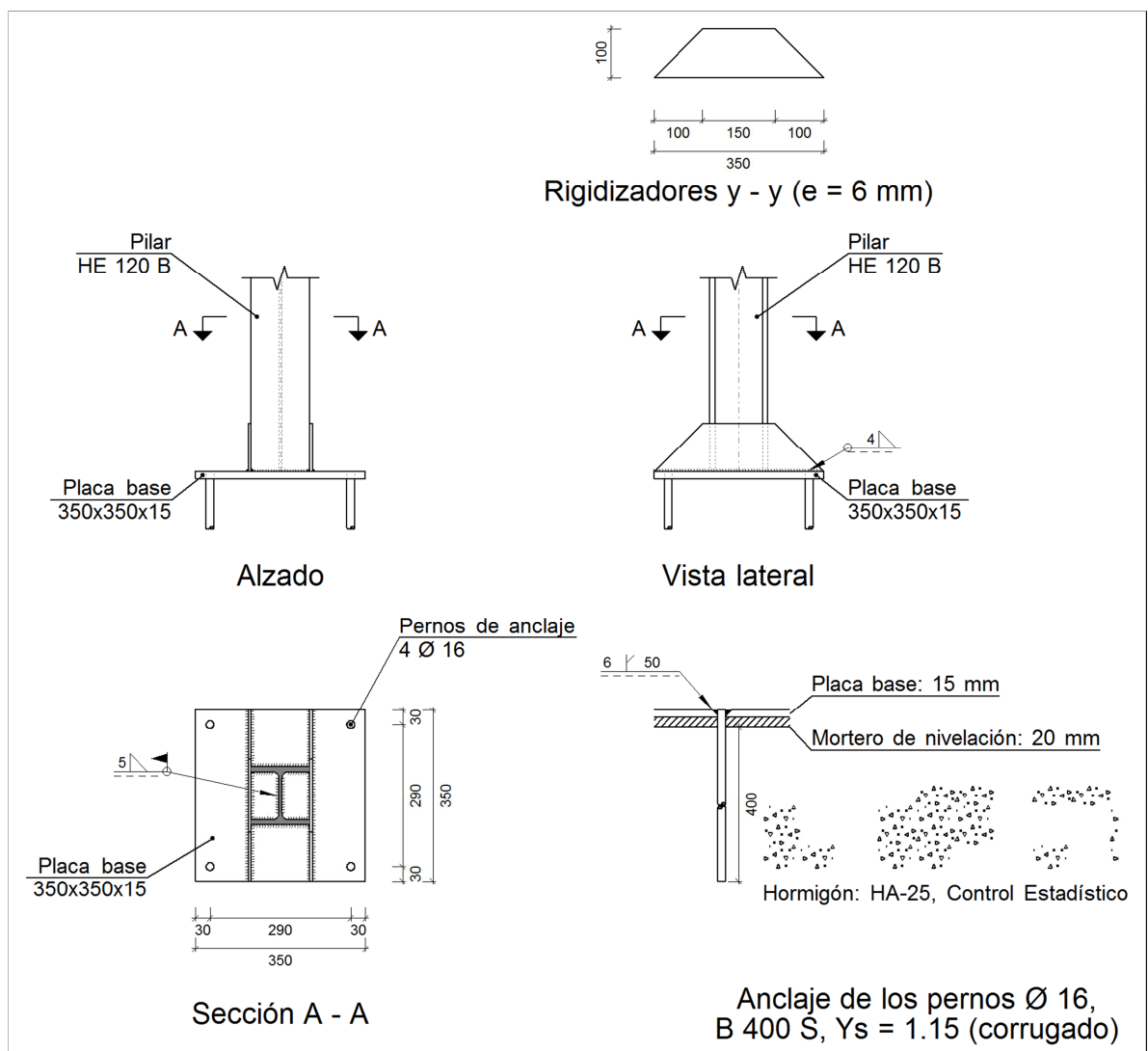
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	101
			3	148
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	463

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x200x7	2.20
	Total			2.20
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 8 - L = 335	0.53
	Total			0.53

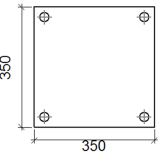
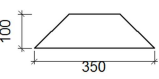
GRUPO 5

TIPO 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		350	350	15	4	28	18	6	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		350	100	6	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	567	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
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: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbitez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción:	Máximo: 5.576 t Calculado: 4.539 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 3.904 t Calculado: 0.579 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 5.576 t Calculado: 5.366 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 4.207 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2142.15 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 12.815 t Calculado: 0.546 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 1552.79 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1518.08 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1741.21 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1606.78 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 717.016	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 667.64	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3845.23	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4009.1	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	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 = -63): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	6.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 63): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	6.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	6	50	15.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		

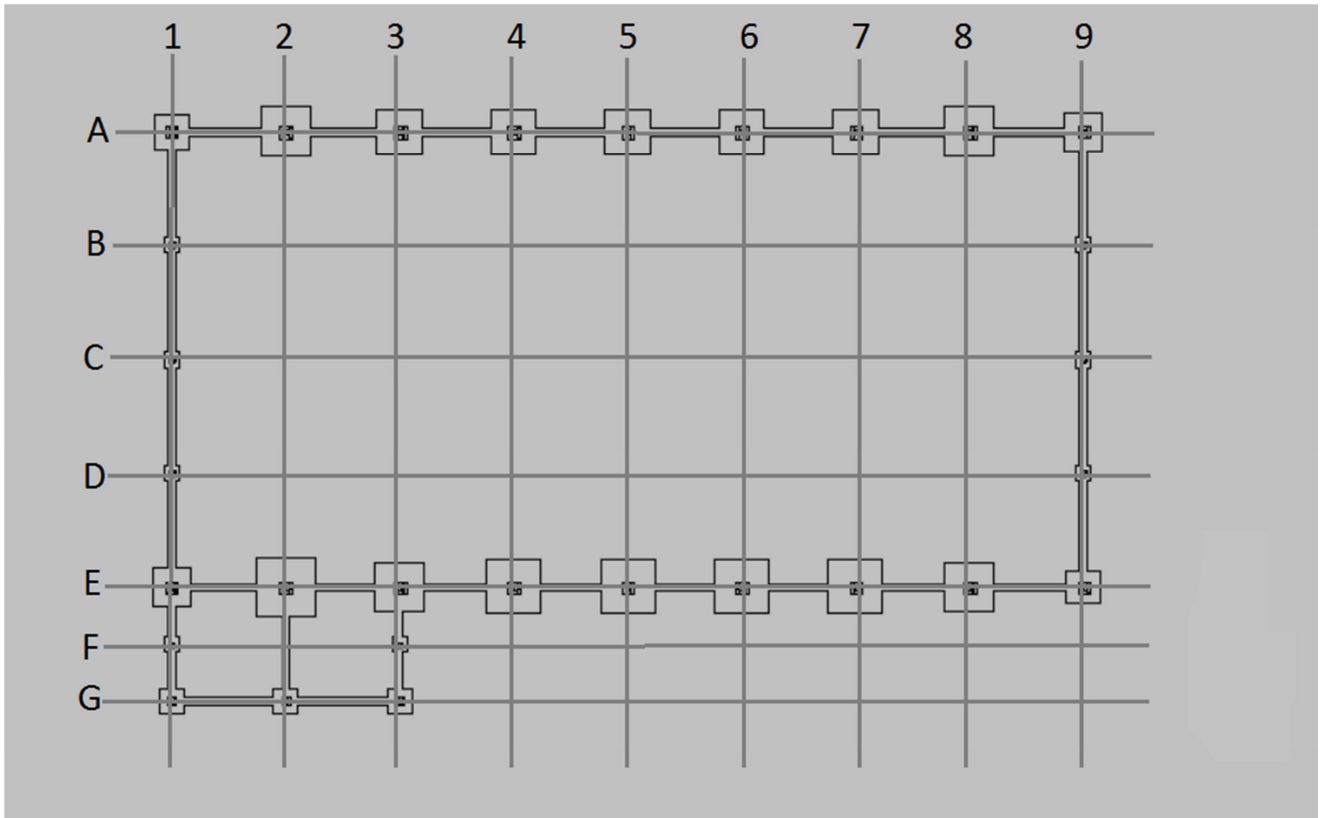
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -63): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 63): 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	205.3	355.5	92.13	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

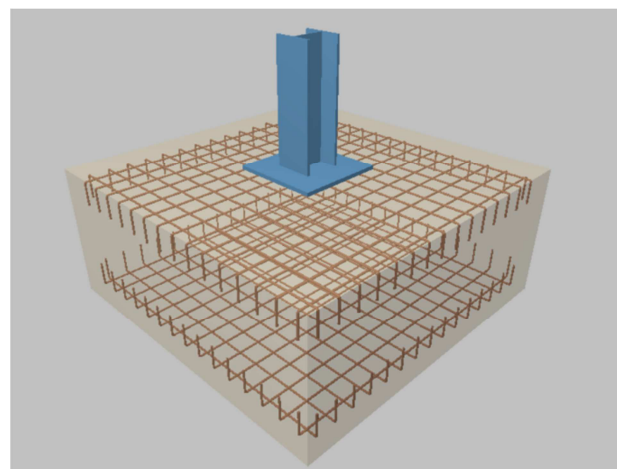
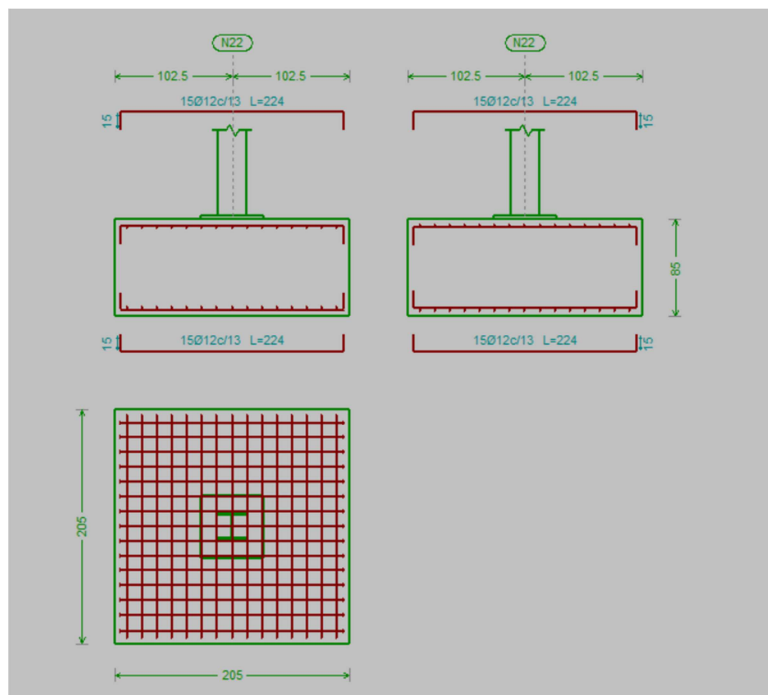
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1356
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	6	201
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	567

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores pasantes	2	350/150x100/0x6	2.36
	Total			16.78
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 451	2.85
	Total			2.85

3.2.3.7. Cimentación zapatas



ZAPTAS A3, A4, A5, A6 Y A7

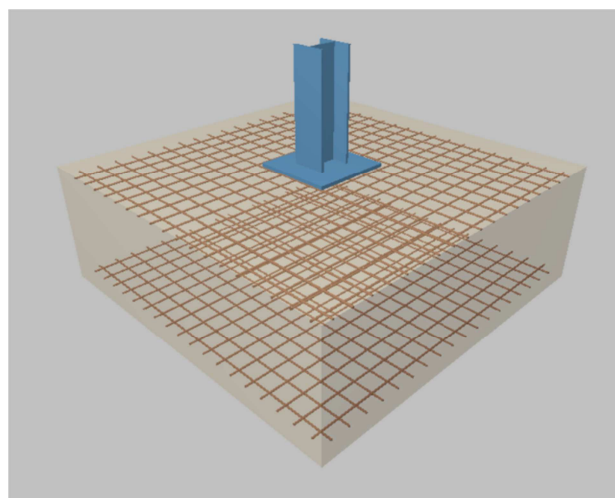
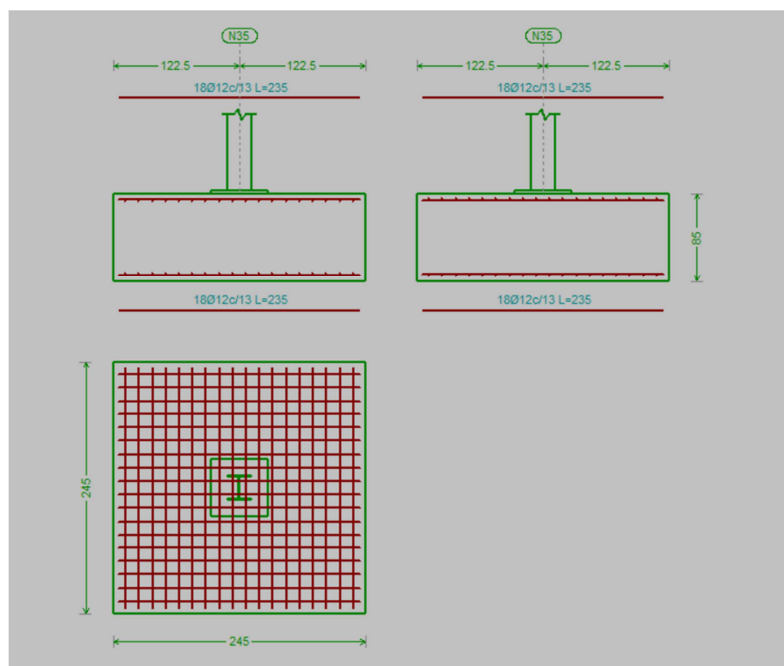


Referencia: N22		
Dimensiones: 205 x 205 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 1.366 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.725 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 2.734 kp/cm ²	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: 1317.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 7.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 5.58 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 10.80 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.65 t	Cumple

Referencia: N22		
Dimensiones: 205 x 205 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 4.38 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 21.6 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N22:	Mínimo: 75 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 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: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: N22		
Dimensiones: 205 x 205 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS E4, E5, E6 Y E7

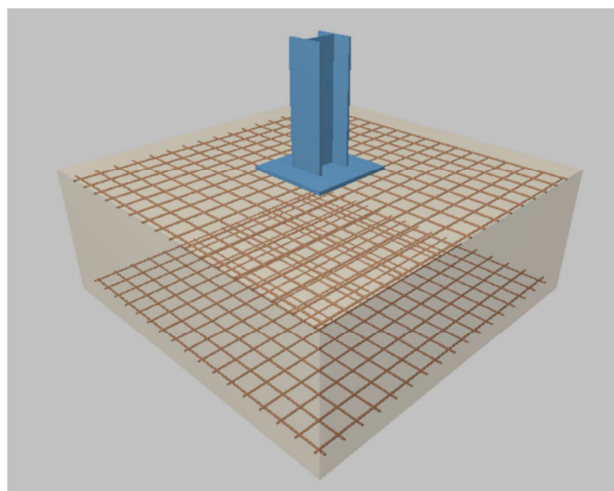
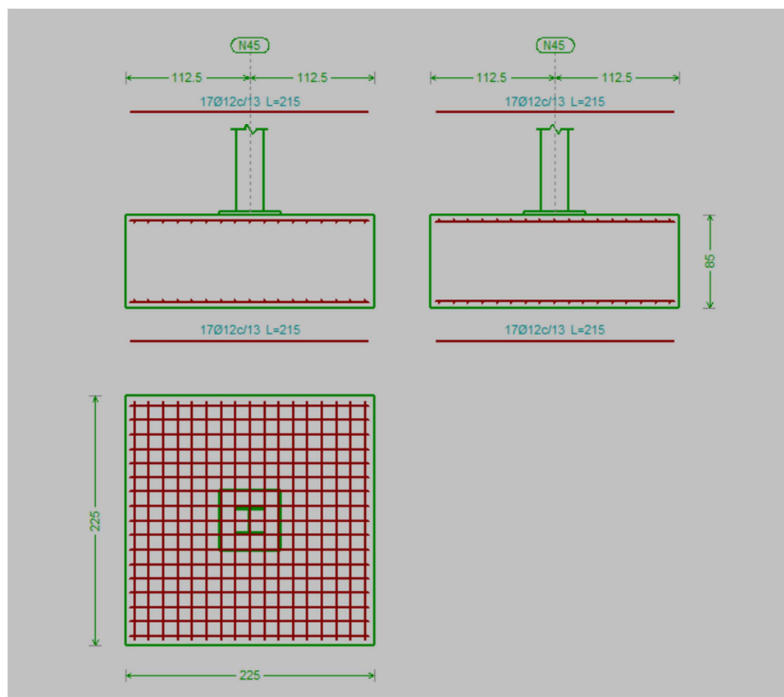


Referencia: N40		
Dimensiones: 245 x 245 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.977 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.096 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.961 kp/cm ²	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: 2176.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 18.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 7.13 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 18.00 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 3.25 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 12.25 t	Cumple

Referencia: N40		
Dimensiones: 245 x 245 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 21.54 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N40:	Mínimo: 75 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 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: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 28 cm	Cumple

Referencia: N40		
Dimensiones: 245 x 245 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 29 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS A2, A8, E3 Y E8

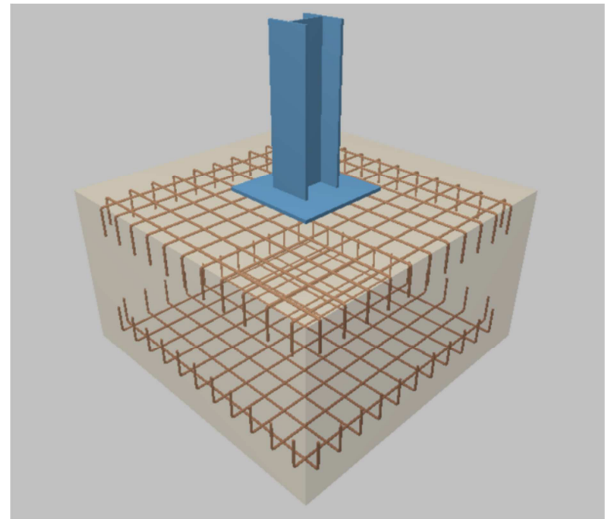
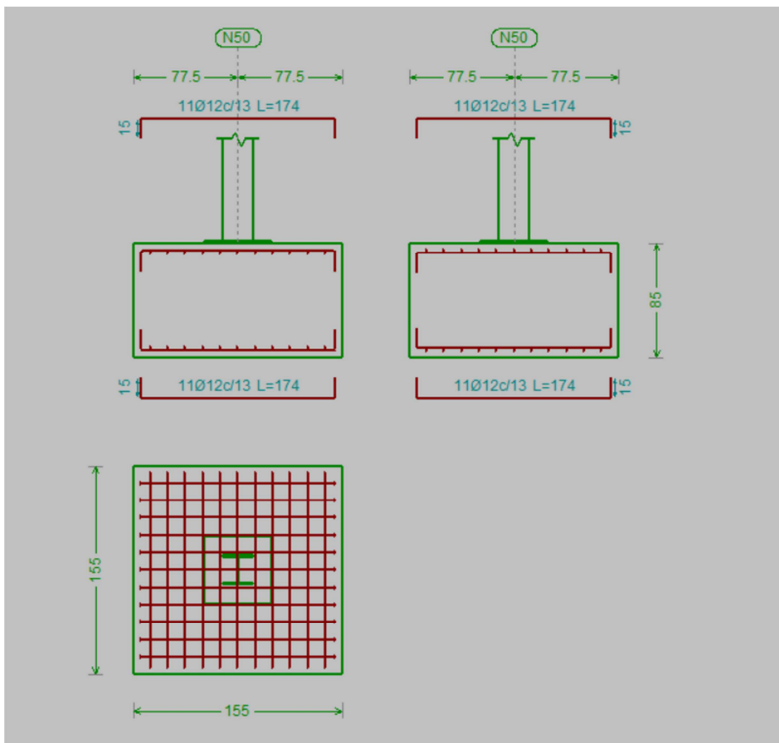


Referencia: N47		
Dimensiones: 225 x 225 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.905 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.339 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.819 kp/cm ²	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: 162.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 6.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 6.50 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 11.11 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 2.12 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 12.57 t	Cumple

Referencia: N47		
Dimensiones: 225 x 225 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 22.12 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N47:	Mínimo: 75 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 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: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 18 cm	Cumple

Referencia: N47		
Dimensiones: 225 x 225 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 18 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS A1 Y E9

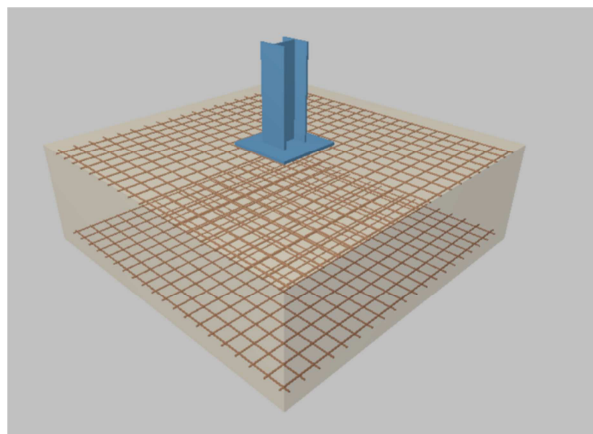
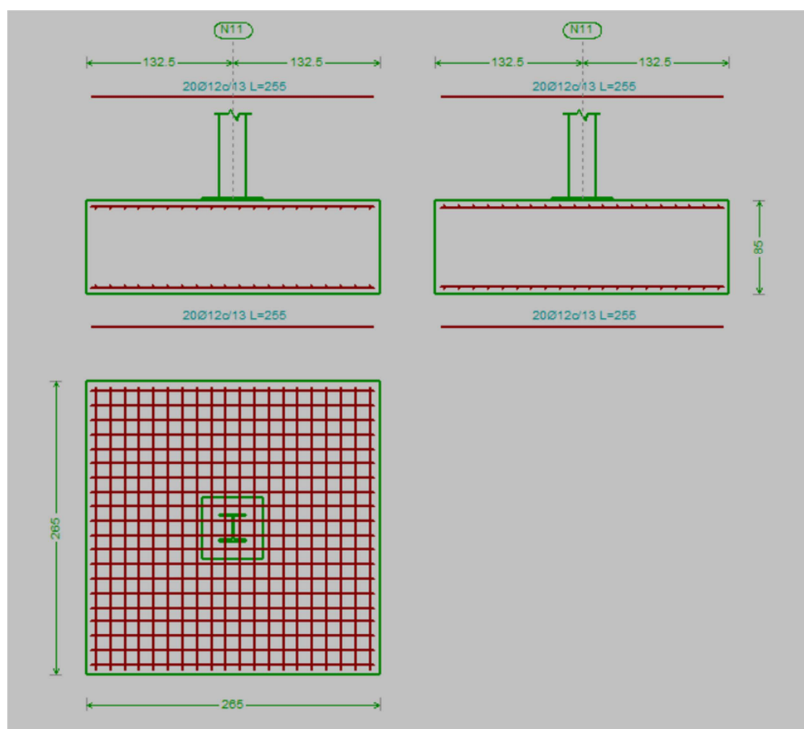


Referencia: N50		
Dimensiones: 155 x 155 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia: N50		
Dimensiones: 155 x 155 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 1.008 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.176 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.948 kp/cm ²	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: 29.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 45.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 3.23 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 4.56 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 19.97 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N50:	Mínimo: 54 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple

Referencia: N50		
Dimensiones: 155 x 155 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 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: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATA E2

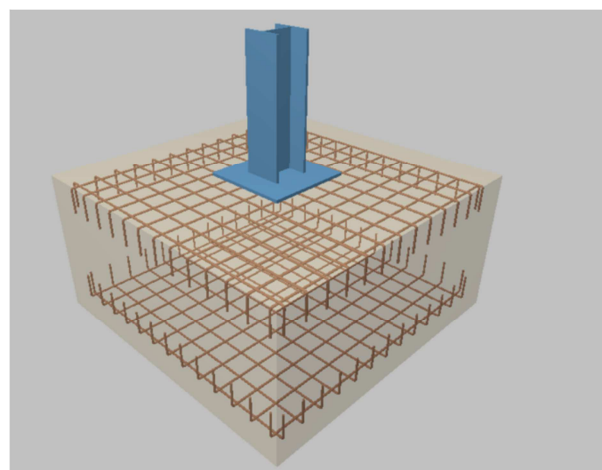
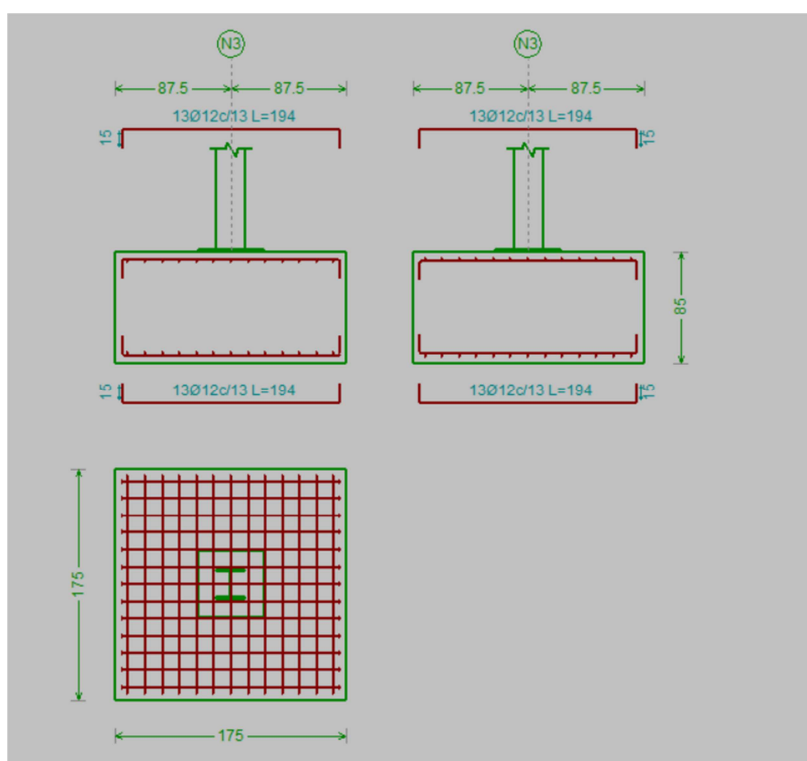


Referencia: N11		
Dimensiones: 265 x 265 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.641 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 0.847 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.298 kp/cm ²	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: 262.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 2.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 8.29 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 16.04 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 4.45 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 10.81 t	Cumple

Referencia: N11		
Dimensiones: 265 x 265 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 22.62 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N11:	Mínimo: 75 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 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: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 39 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 39 cm	Cumple

Referencia: N11		
Dimensiones: 265 x 265 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 39 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 39 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 39 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 39 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 39 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 39 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS E1 Y A9

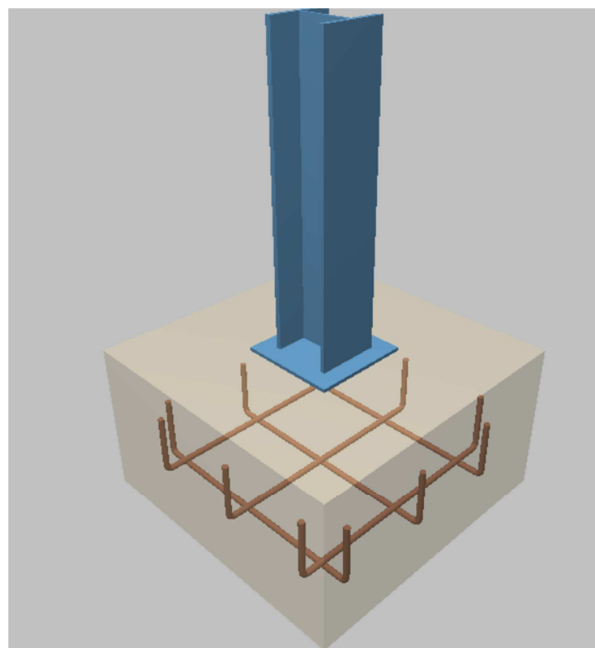
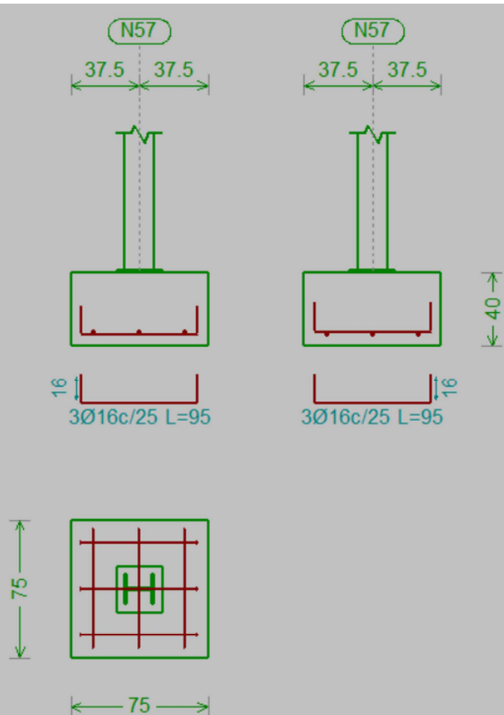


Referencia: N3		
Dimensiones: 175 x 175 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.915 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.063 kp/cm ²	Cumple

Referencia: N3		
Dimensiones: 175 x 175 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.814 kp/cm ²	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: 89.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 21.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 4.31 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 7.57 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 22.43 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N3:	Mínimo: 54 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple

Referencia: N3		
Dimensiones: 175 x 175 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 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: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS B1, C1, D1, B9, C9 Y D9

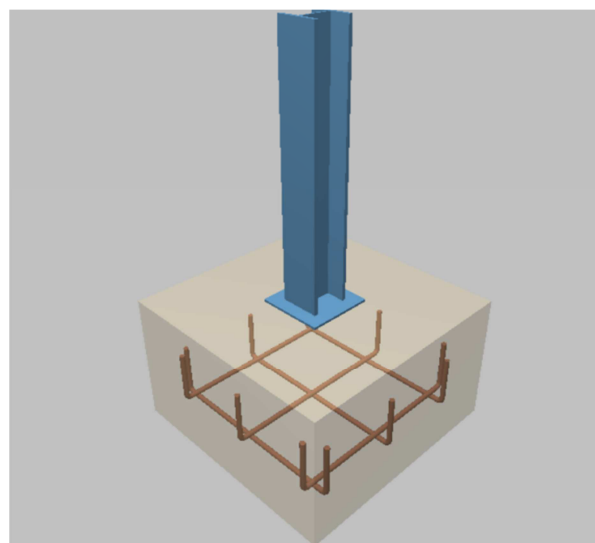
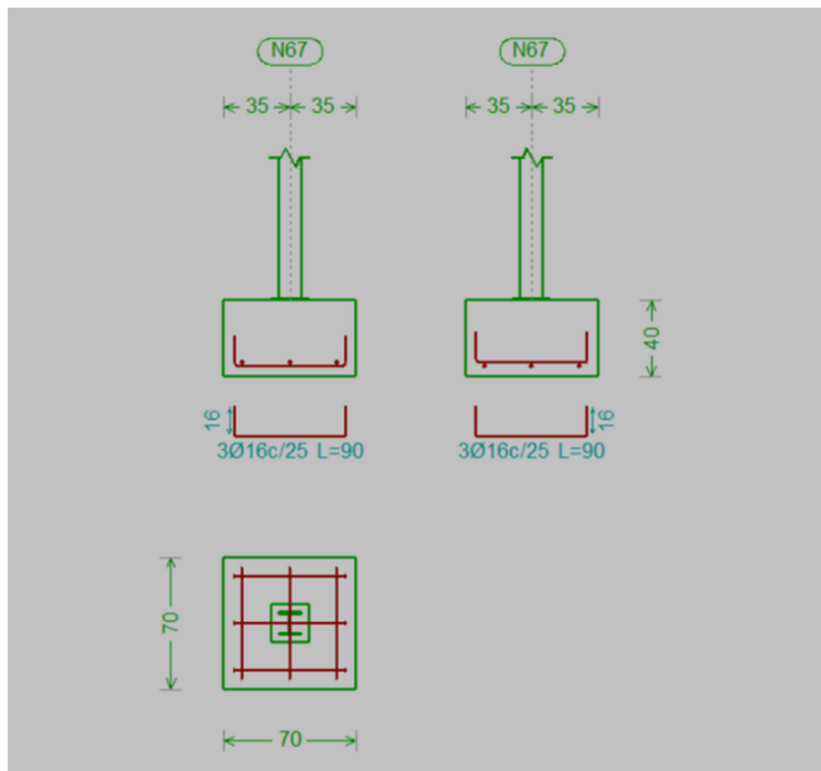


Referencia: N57		
Dimensiones: 75 x 75 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 1.656 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.455 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 2.392 kp/cm ²	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: 97.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 16765.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.83 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.62 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple

Referencia: N57		
Dimensiones: 75 x 75 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 36.99 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N57:	Mínimo: 30 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0021	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: N57		
Dimensiones: 75 x 75 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS F1 Y F3

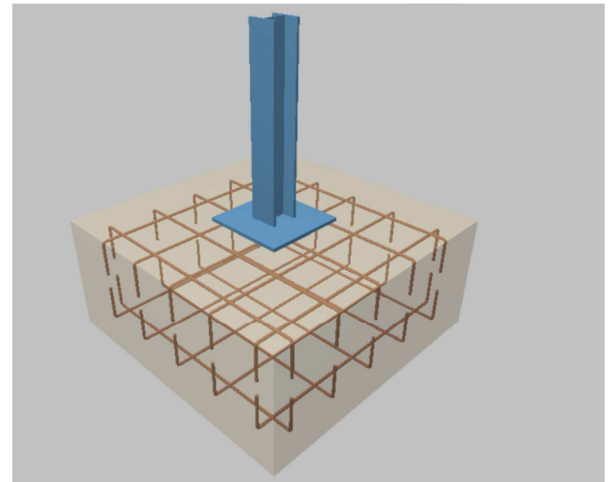
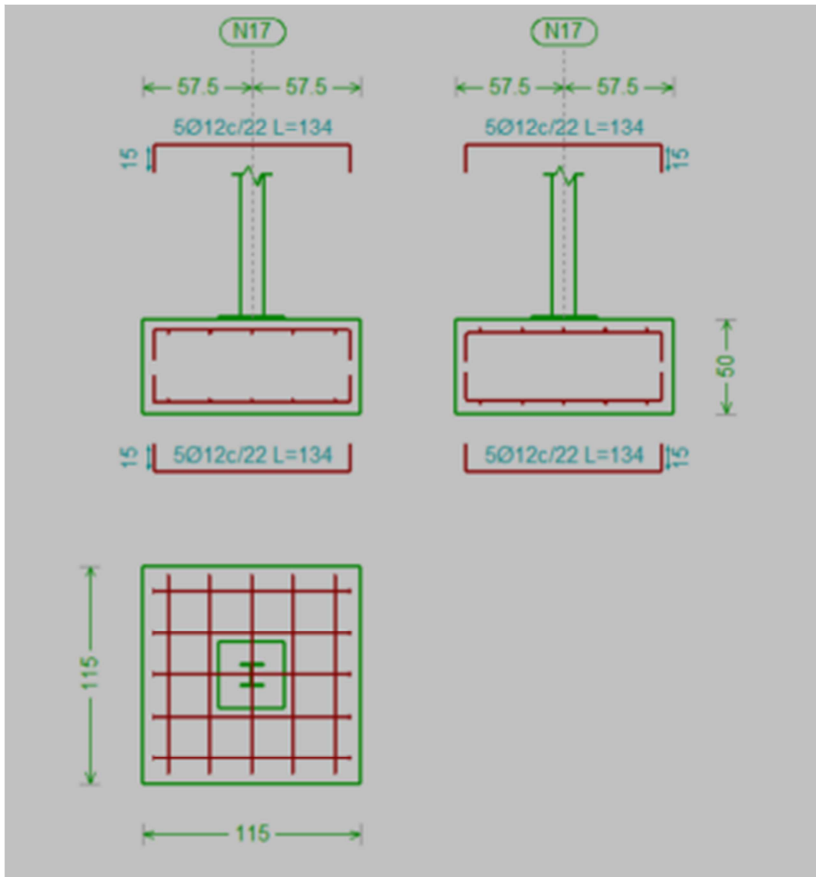


Referencia: N67		
Dimensiones: 70 x 70 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 1.033 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 0.952 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.315 kp/cm ²	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: 407.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 2905.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.39 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.35 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple

Referencia: N67		
Dimensiones: 70 x 70 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 23.79 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N67:	Mínimo: 30 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 0.0003	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: N67		
Dimensiones: 70 x 70 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

ZAPATAS G1, G2 Y G3



Referencia: N17		
Dimensiones: 115 x 115 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.827 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 0.95 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.757 kp/cm ²	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: 578.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 54.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.95 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.81 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N17		
Dimensiones: 115 x 115 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Cortante: 0.19 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.43 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 16.49 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N17:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple

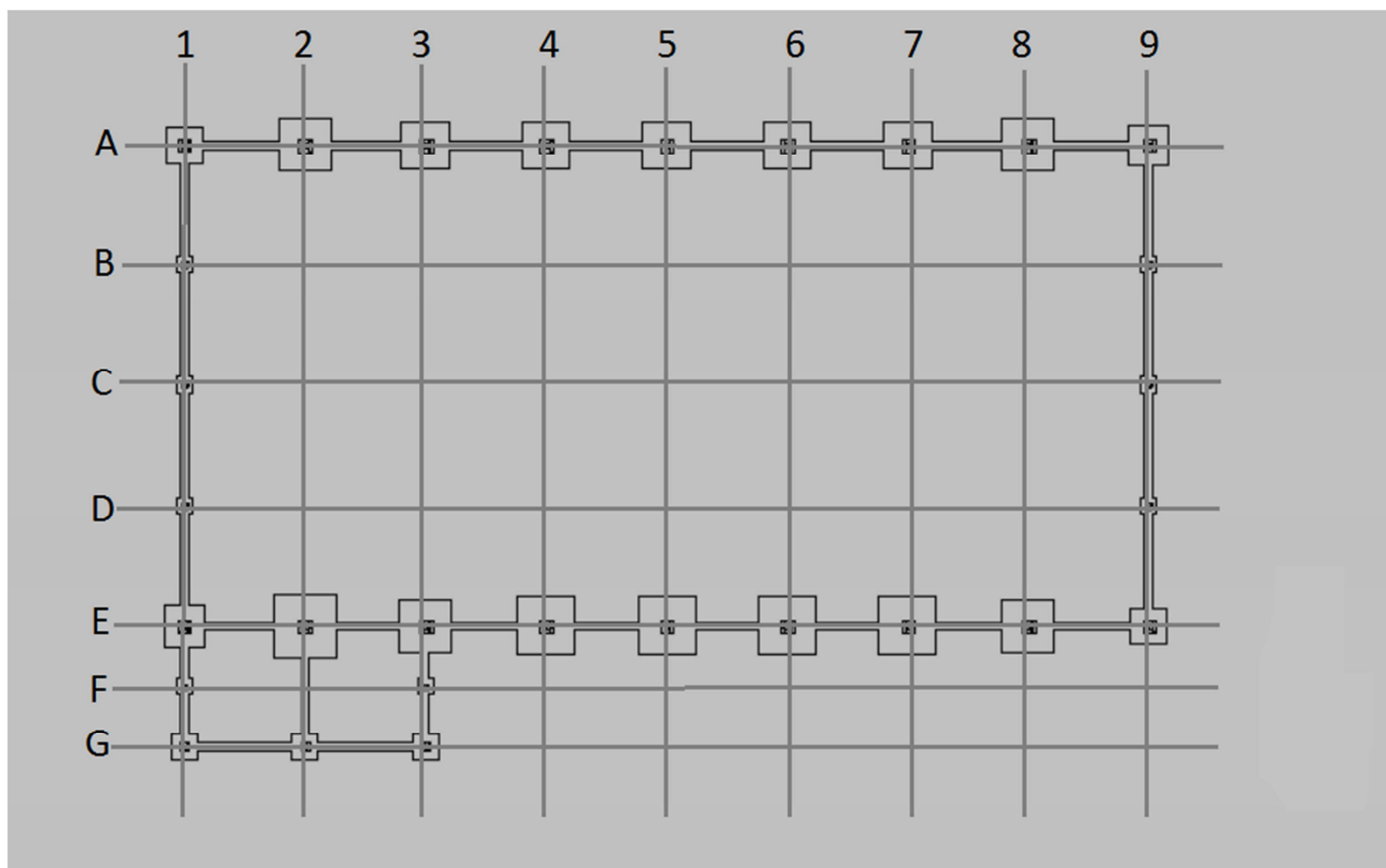
Referencia: N17		
Dimensiones: 115 x 115 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.3.8. Cimentación vigas de atado

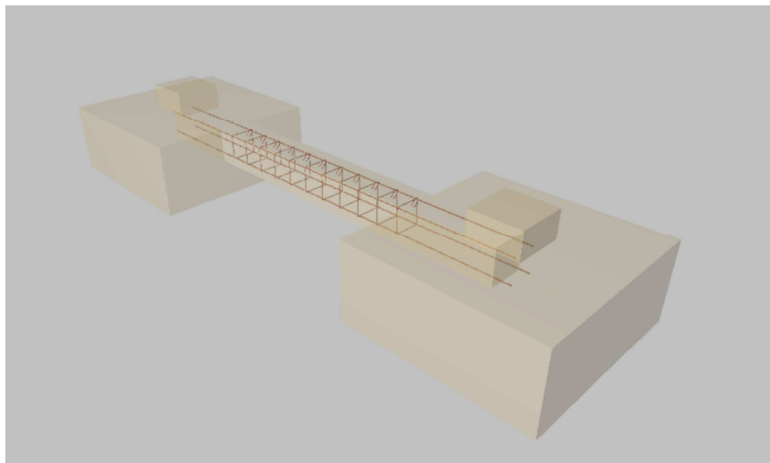
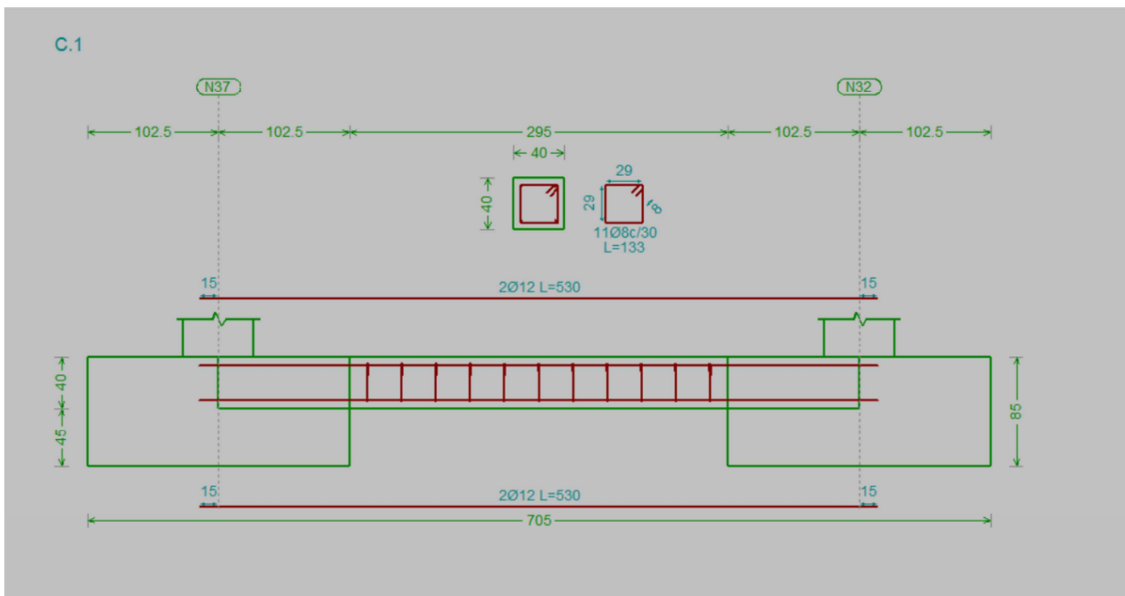
Las vigas ristras, de atado o de arriostamiento, son piezas o elementos estructurales generalmente de hormigón armado o de cualquier elemento que pueda resistir tracciones, que unen dos o mas cimientos o zapatas.

La finalidad de las vigas riostras es absorber las posibles acciones horizontales que pueden recibir de los cimientos bien de la estructura bien del propio terreno, evitando de esta forma el desplazamiento horizontal relativo de uno respecto a otro.

A continuación se verán los distinto tipos de vigas de atado que hay en la estructura:



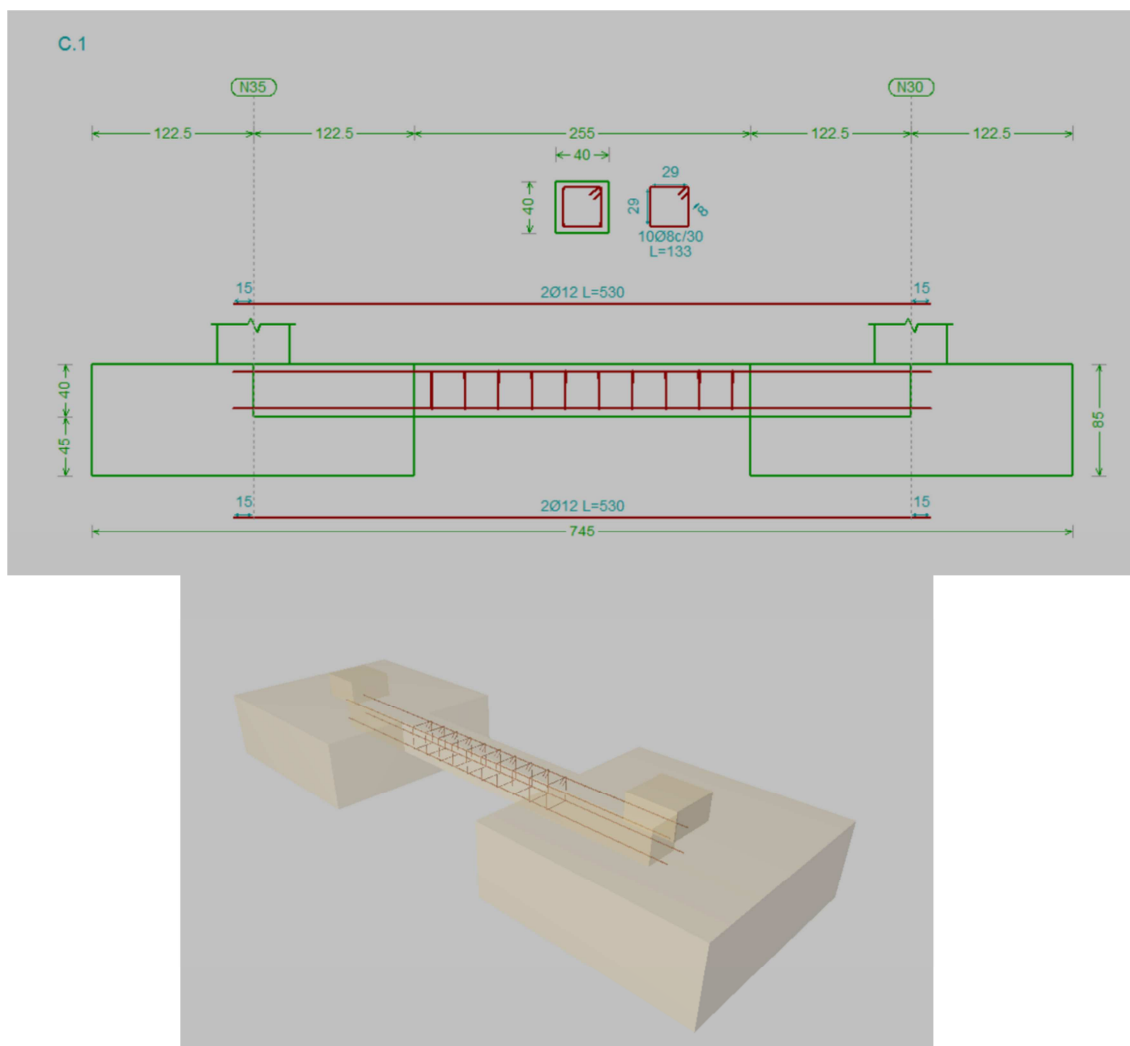
VIGAS DE ATADO A34, A45, A56 Y A67



Referencia: C.1 [N37-N32] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple

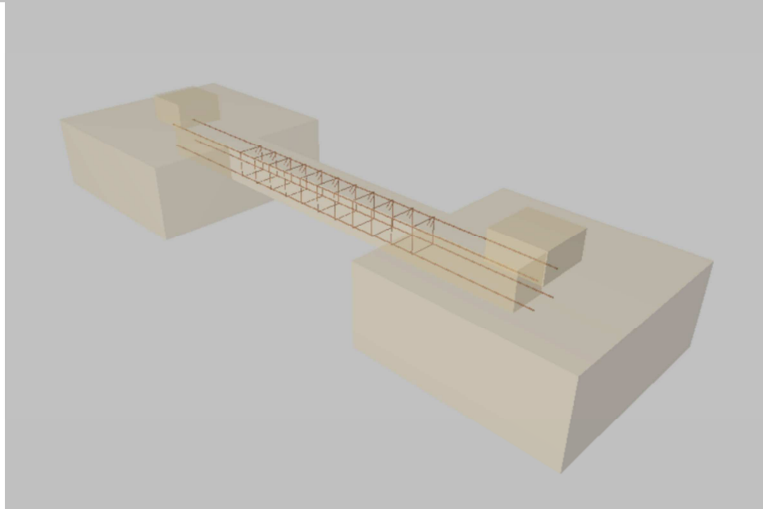
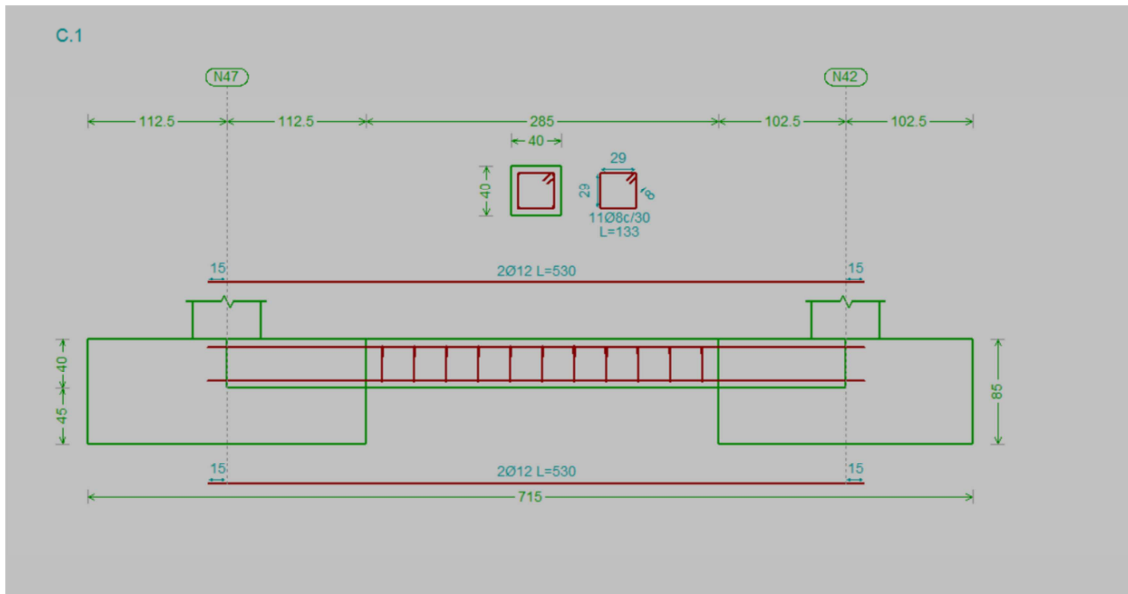
Referencia: C.1 [N37-N32] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

VIGAS DE ATADO E45, E67 Y E67



Referencia: C.1 [N40-N35] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</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 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

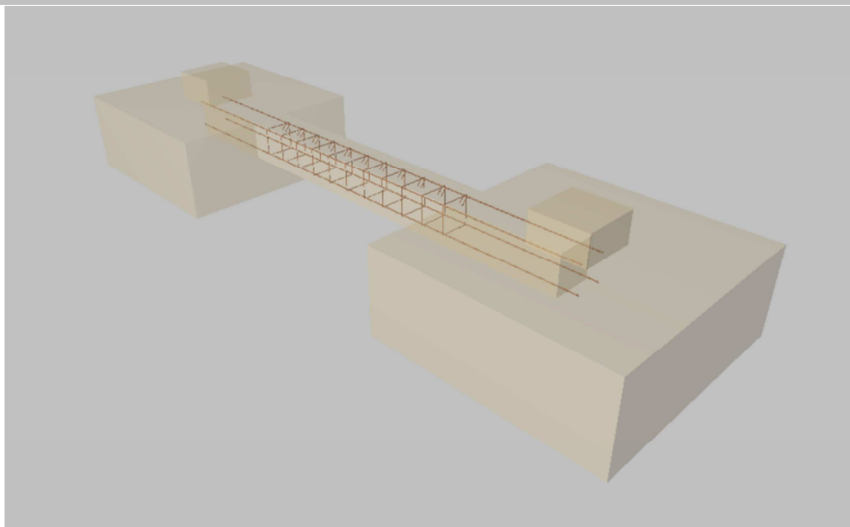
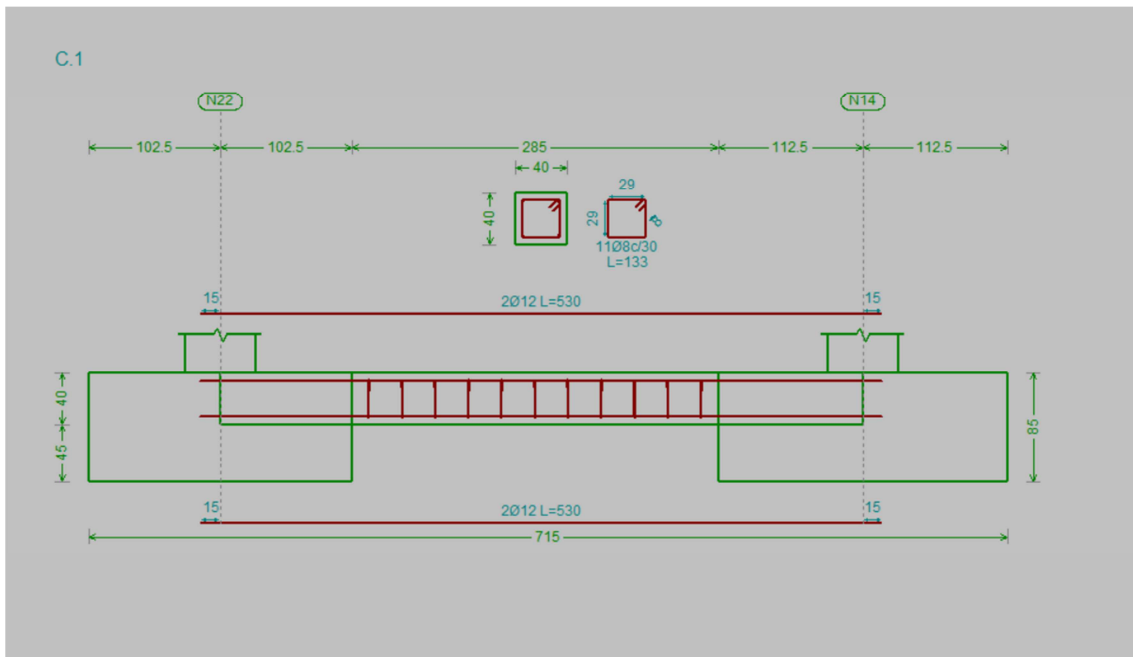
VIGAS DE ATADO A23 Y A78



Referencia: C.1 [N47-N42] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N47-N42] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

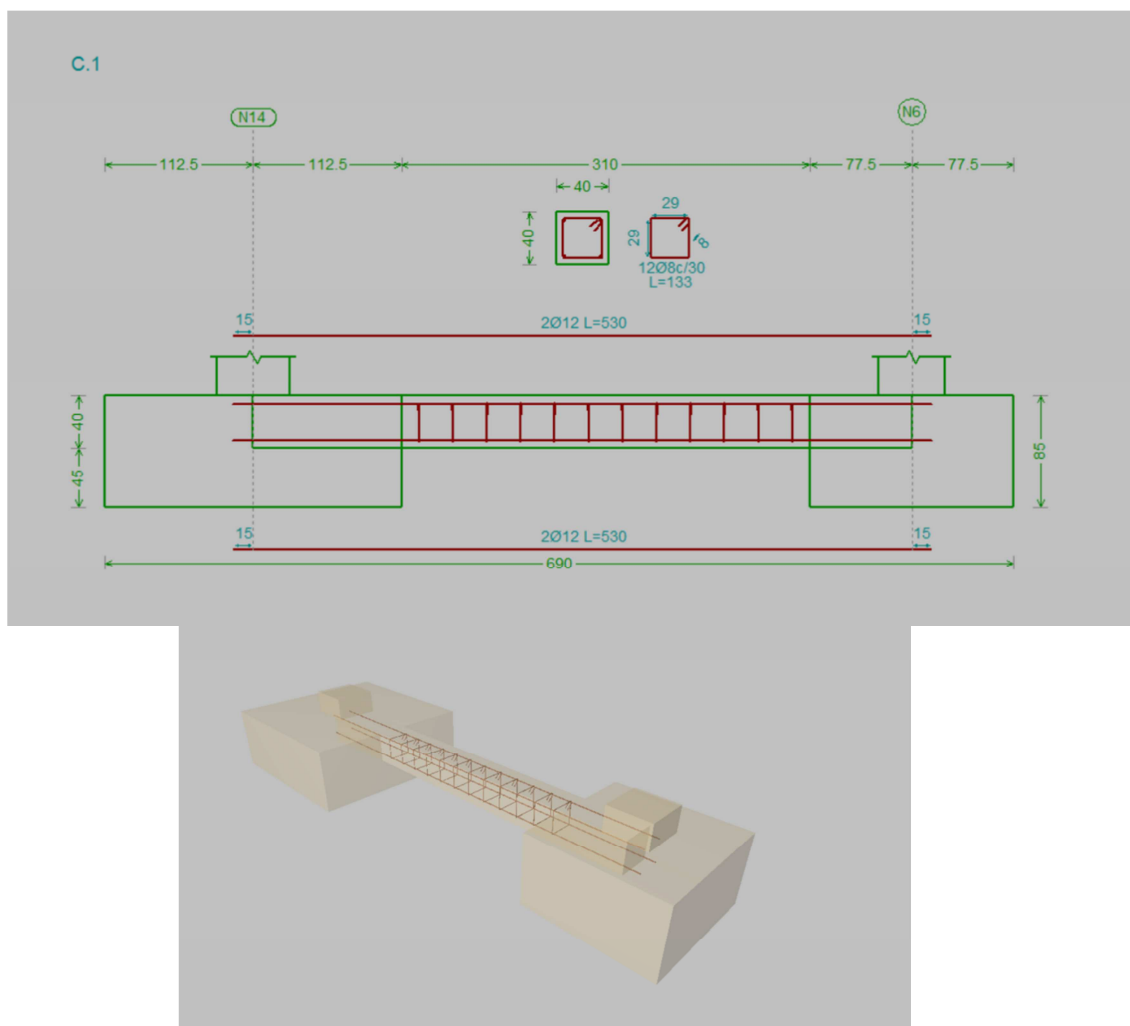
GRUPO A23



Referencia: C.1 [N22-N14] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N22-N14] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

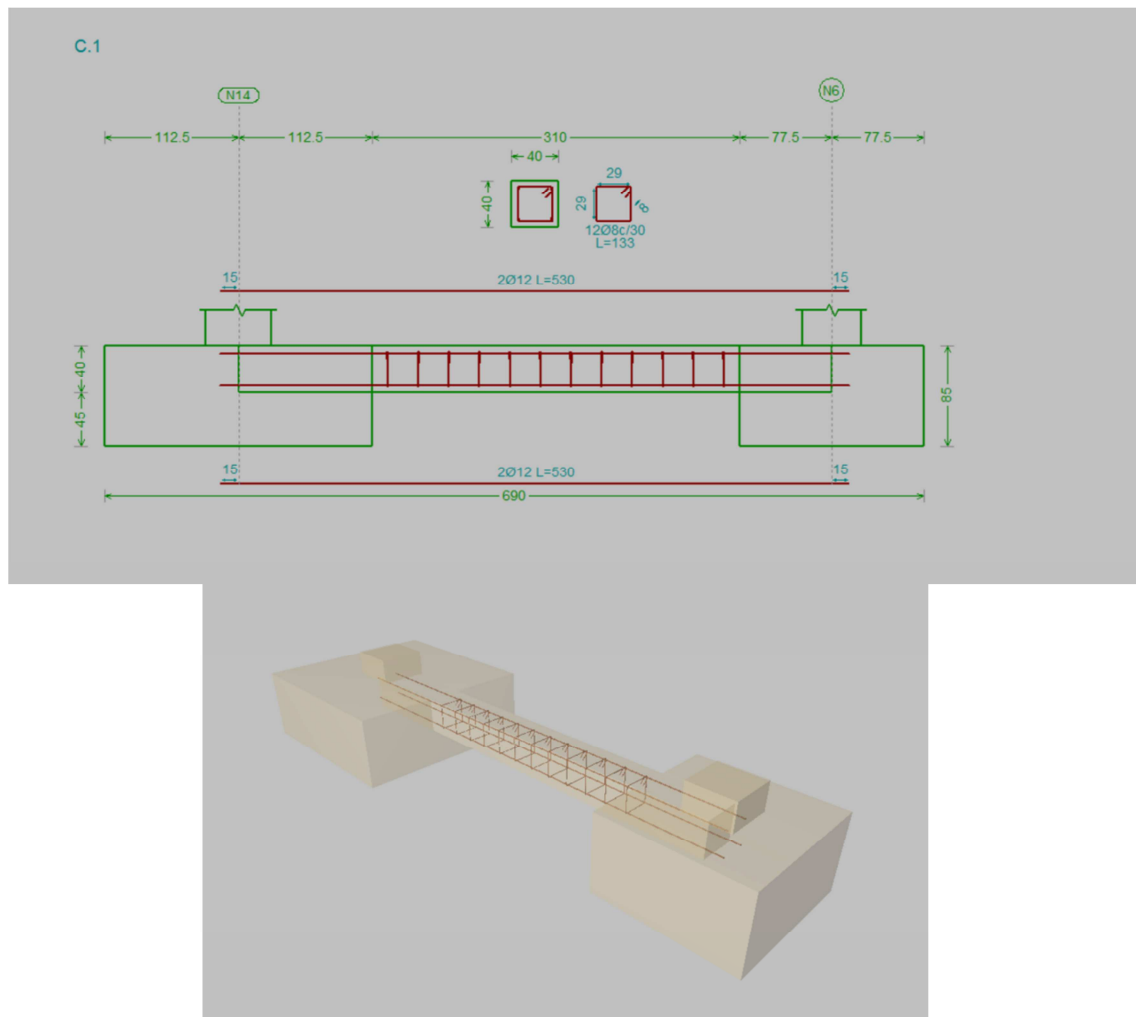
VIGA DE ATADO A89



Referencia: C.1 [N52-N47] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

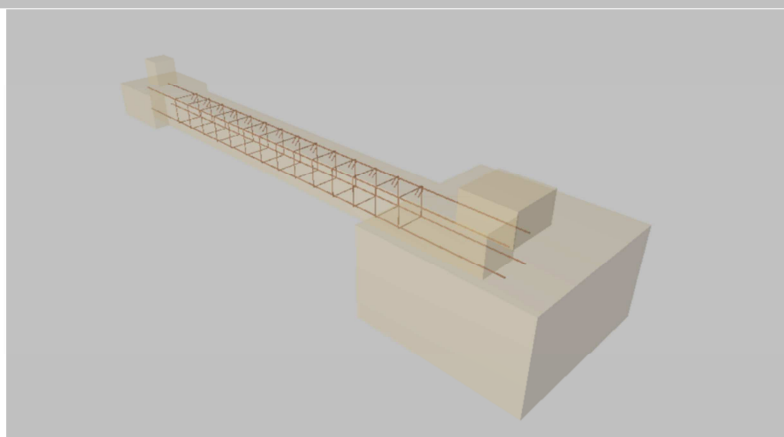
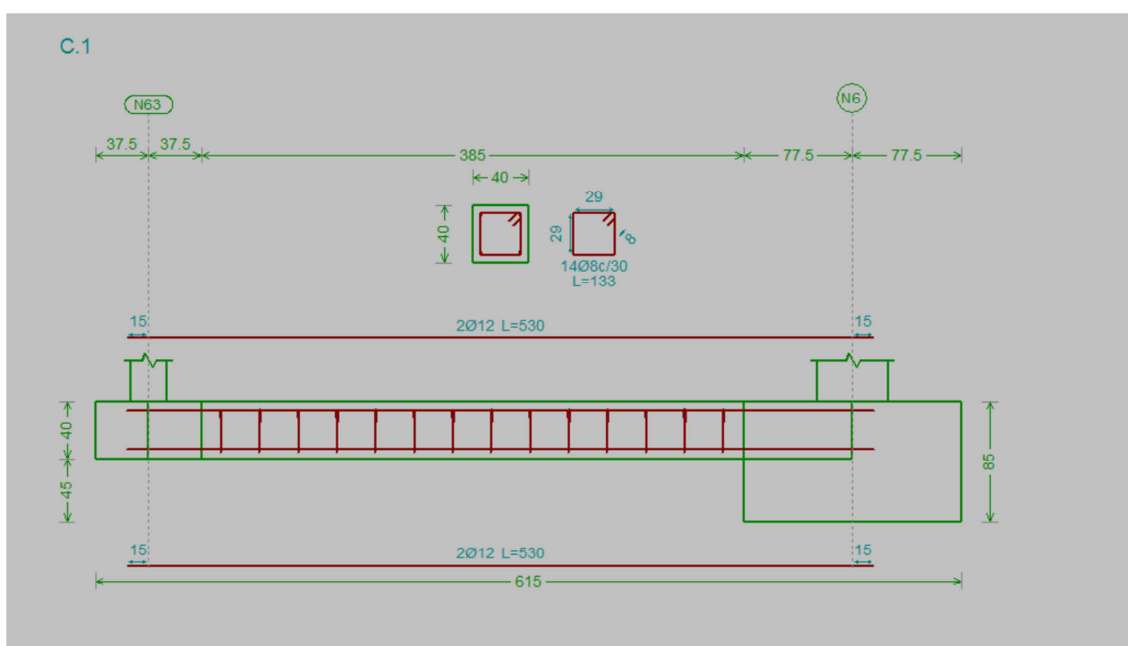
Referencia: C.1 [N52-N47] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

VIGA DE ATADO A12 Y E89



Referencia: C.1 [N14-N6] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</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 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

VIGAS DE ATADO AB1 Y DE9



Referencia: C.1 [N63-N6] (Viga de atado)

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm

-Armadura superior: 2Ø12

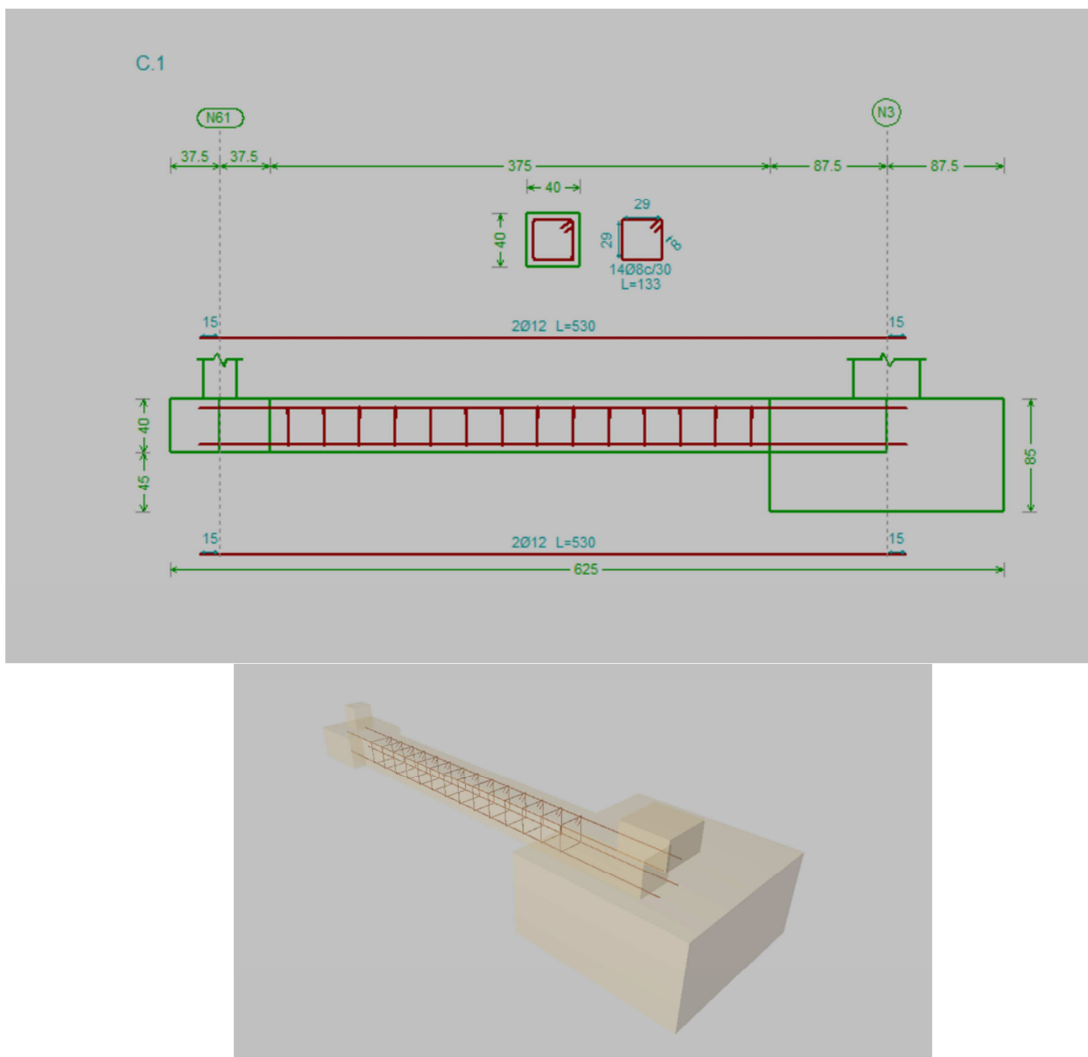
-Armadura inferior: 2Ø12

-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple

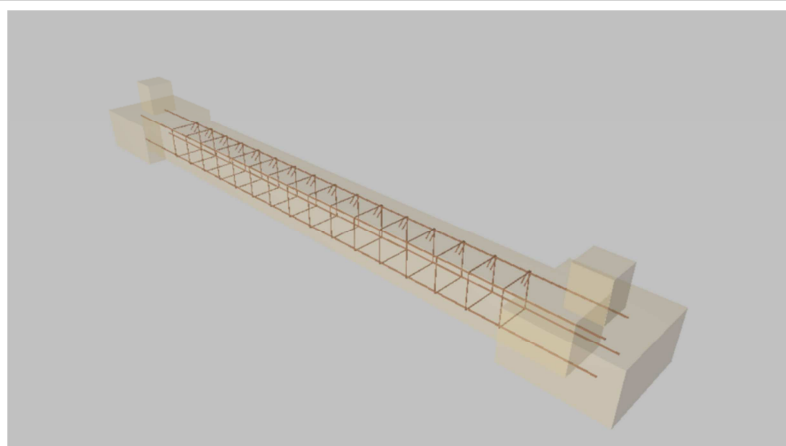
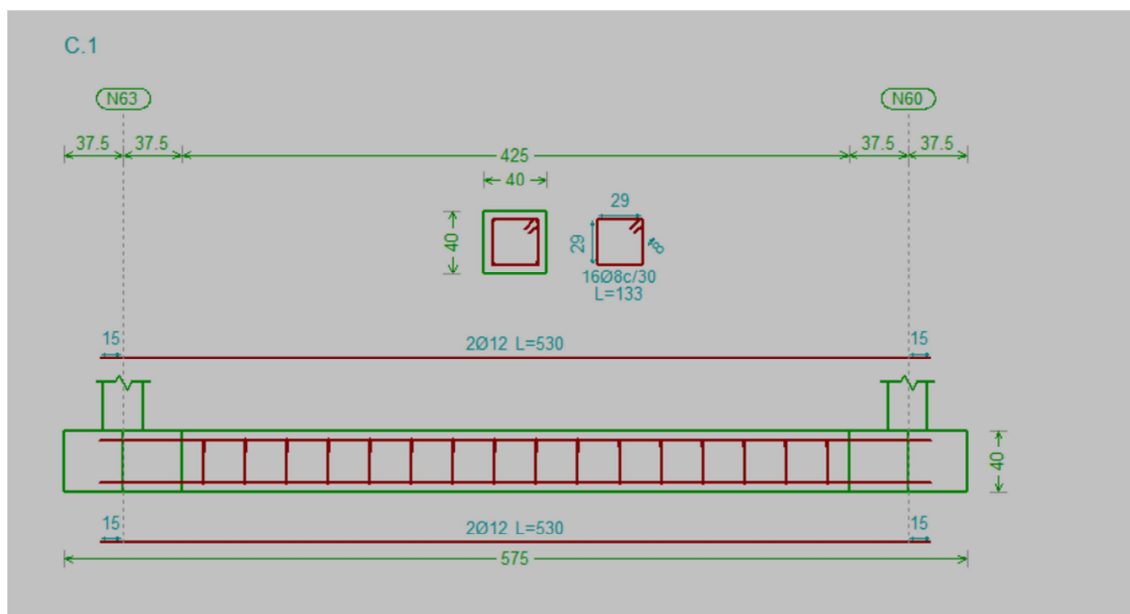
Referencia: C.1 [N63-N6] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

VIGAS DE ATADO DE I Y AB9



Referencia: C.1 [N61-N3] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

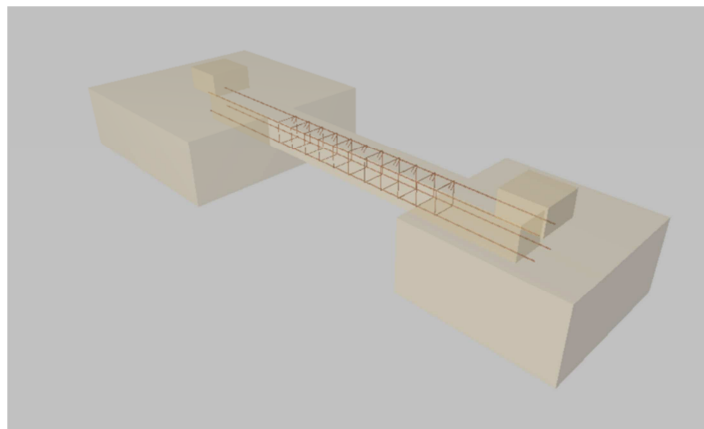
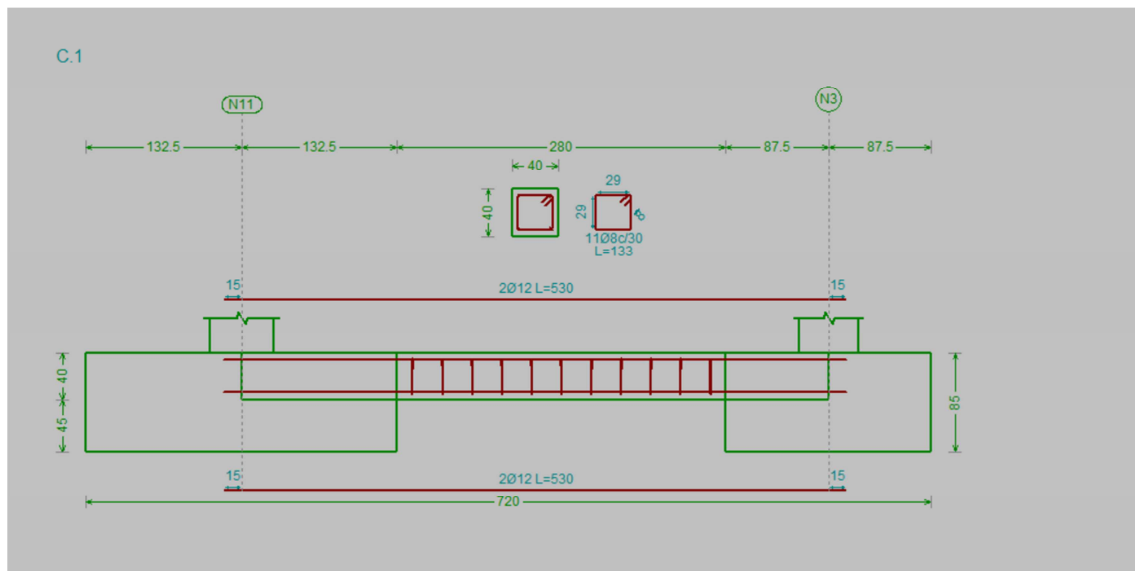
VIGAS DE ATADO BC1, CD1, BC9 Y CD9



Referencia: C.1 [N63-N60] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

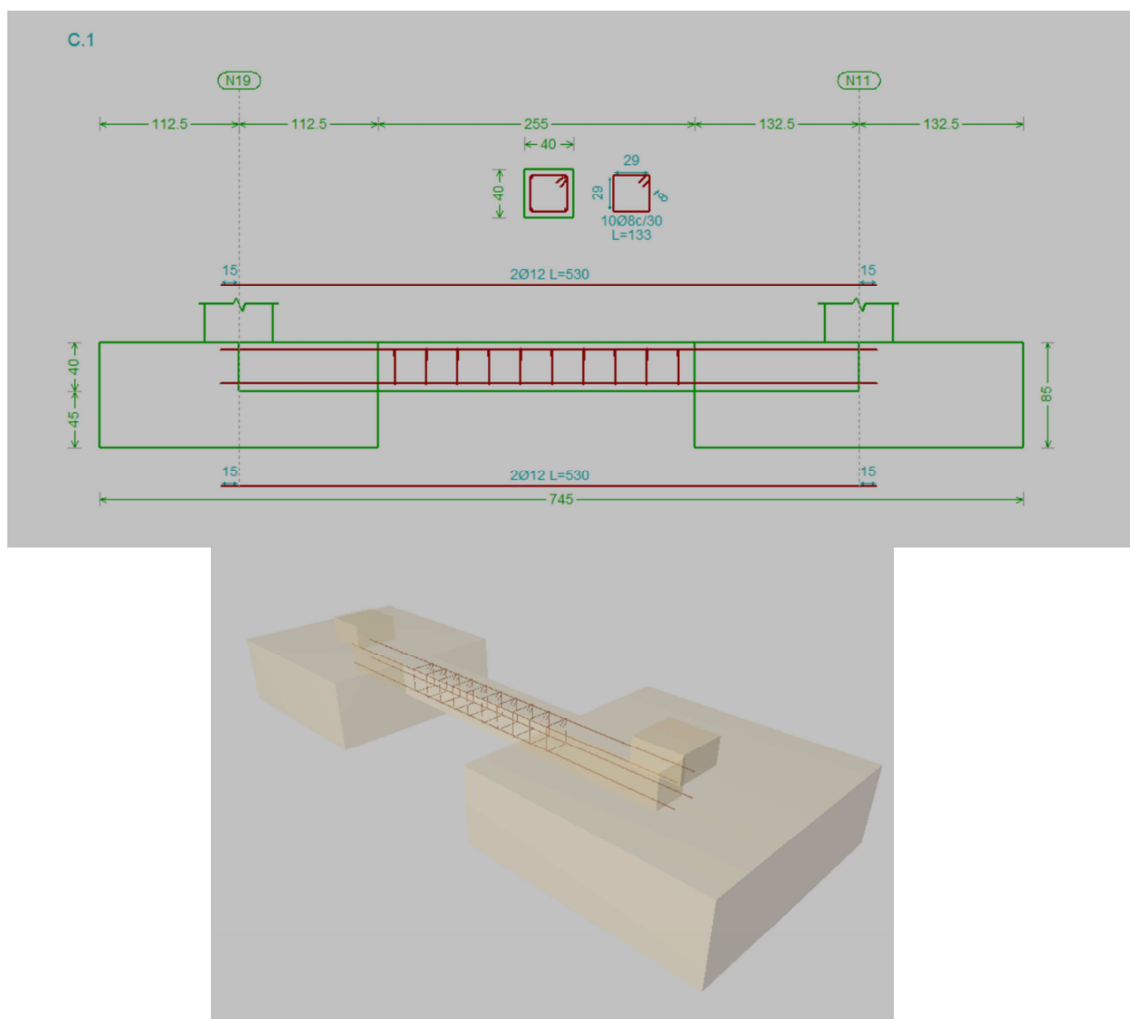
Referencia: C.1 [N63-N60] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

VIGA DE ATADO E12



Referencia: C.1 [N11-N3] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</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 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

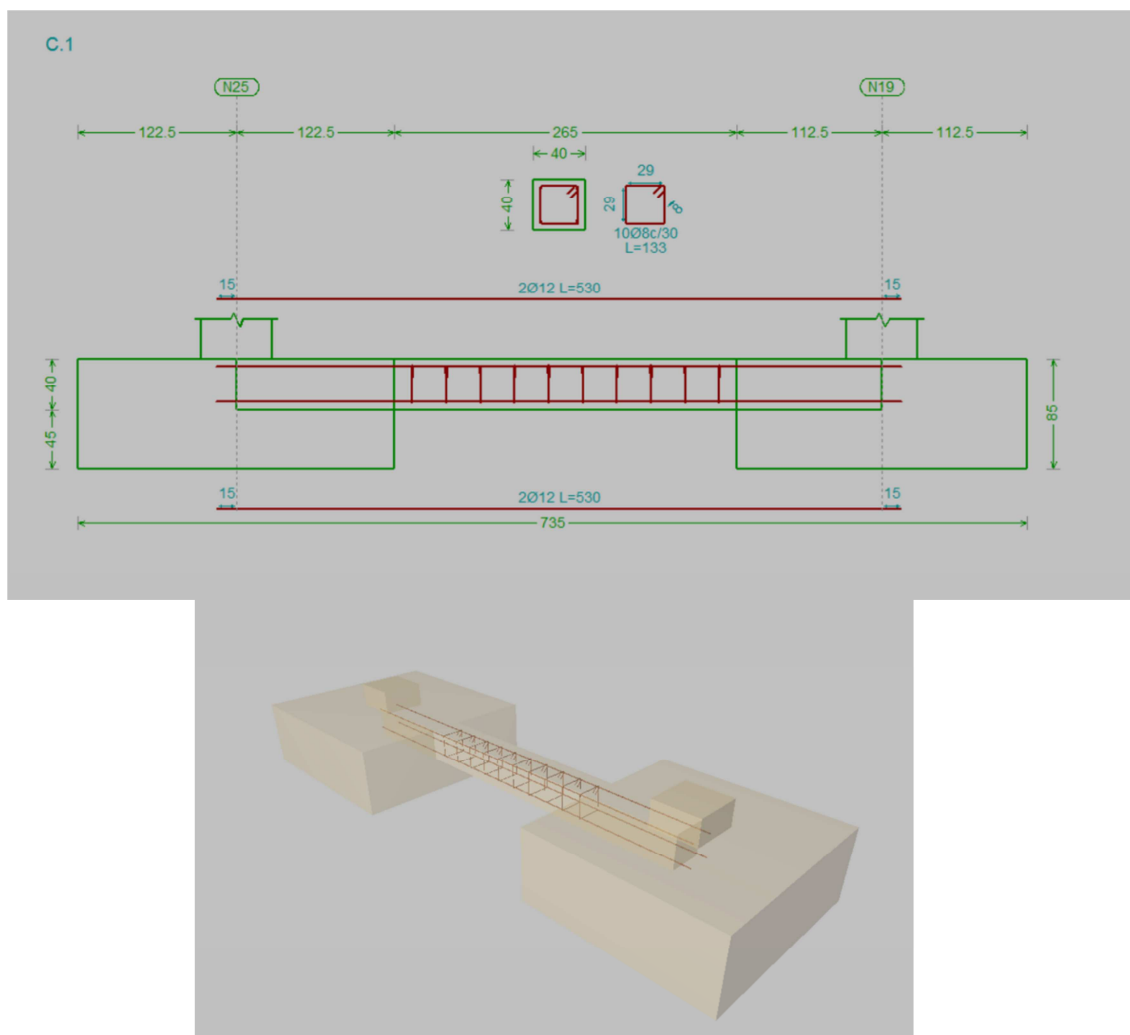
VIGA DE ATAJO E23



Referencia: C.1 [N19-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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N19-N11] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegaran estados de carga a la cimentación.		

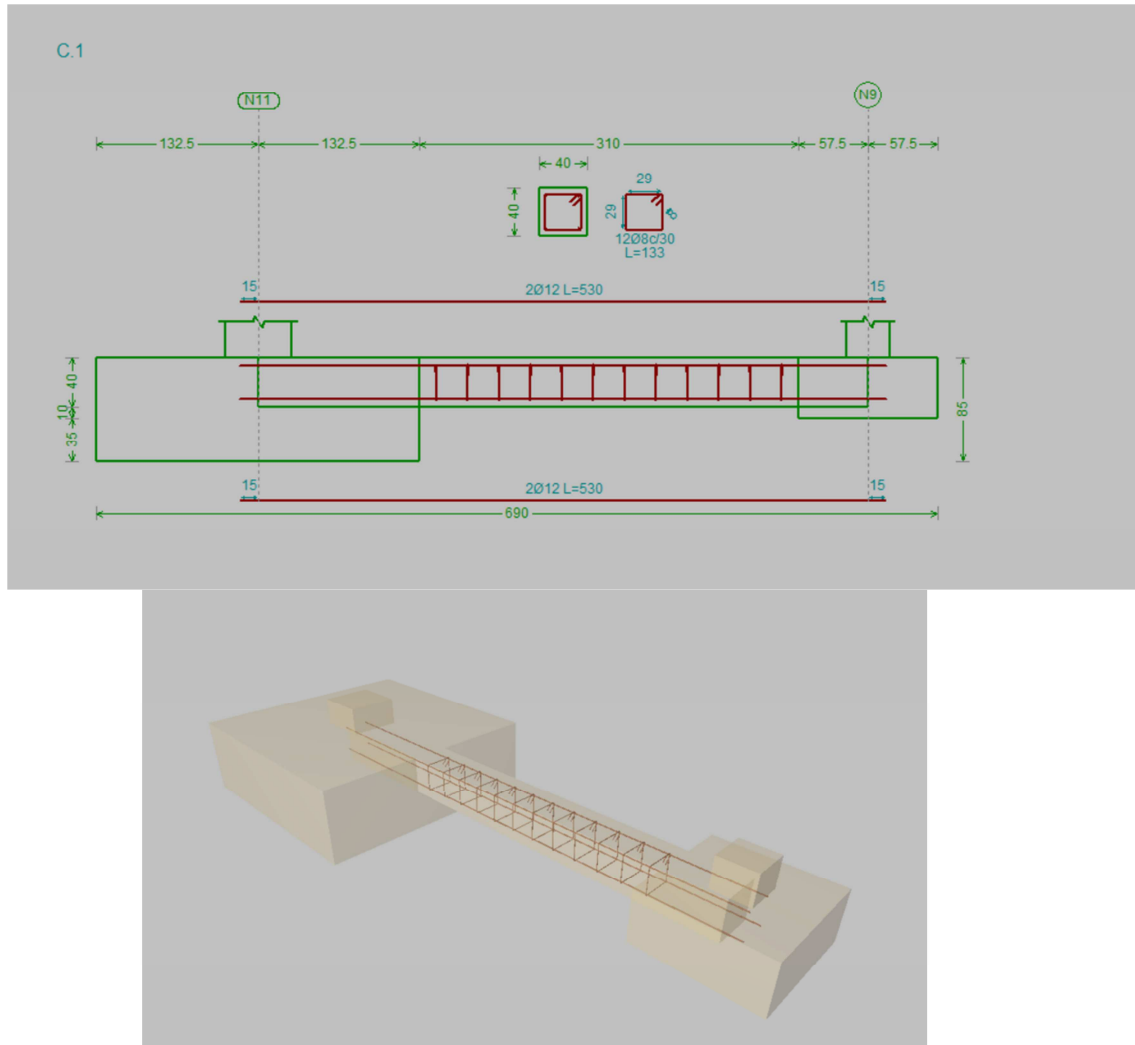
VIGA DE ATADO E34 Y E89



Referencia: C.1 [N25-N19] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N25-N19] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

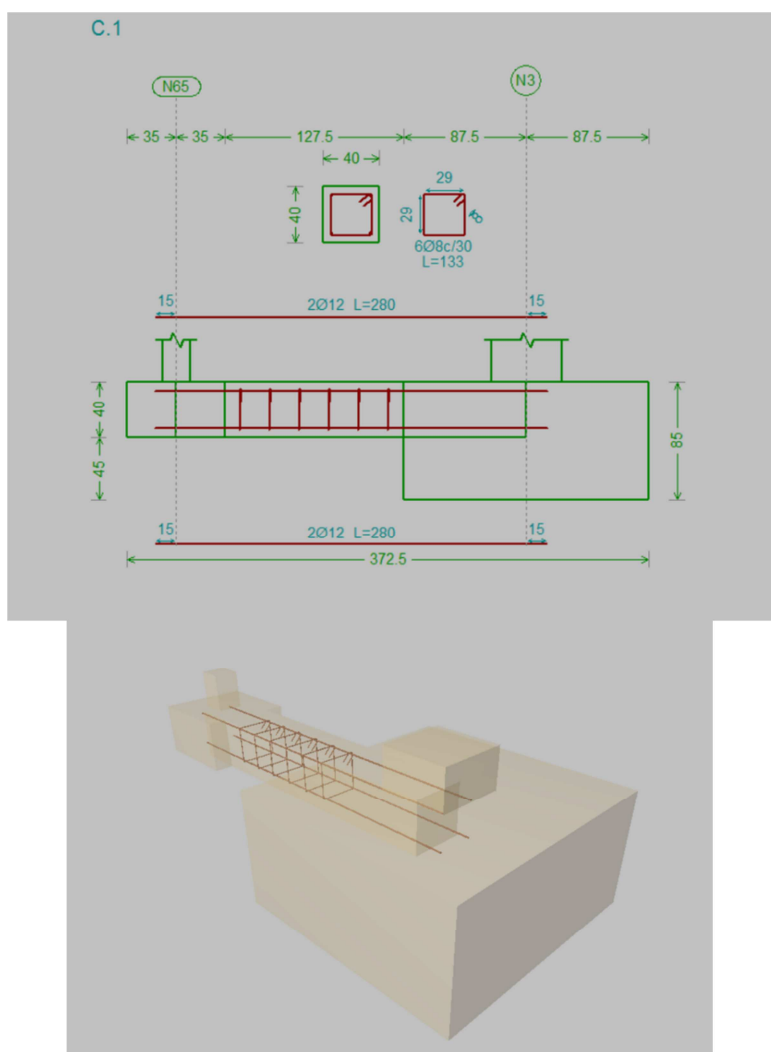
VIGA D ATADO EG2



Referencia: C.1 [N11-N9] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	

Referencia: C.1 [N11-N9] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

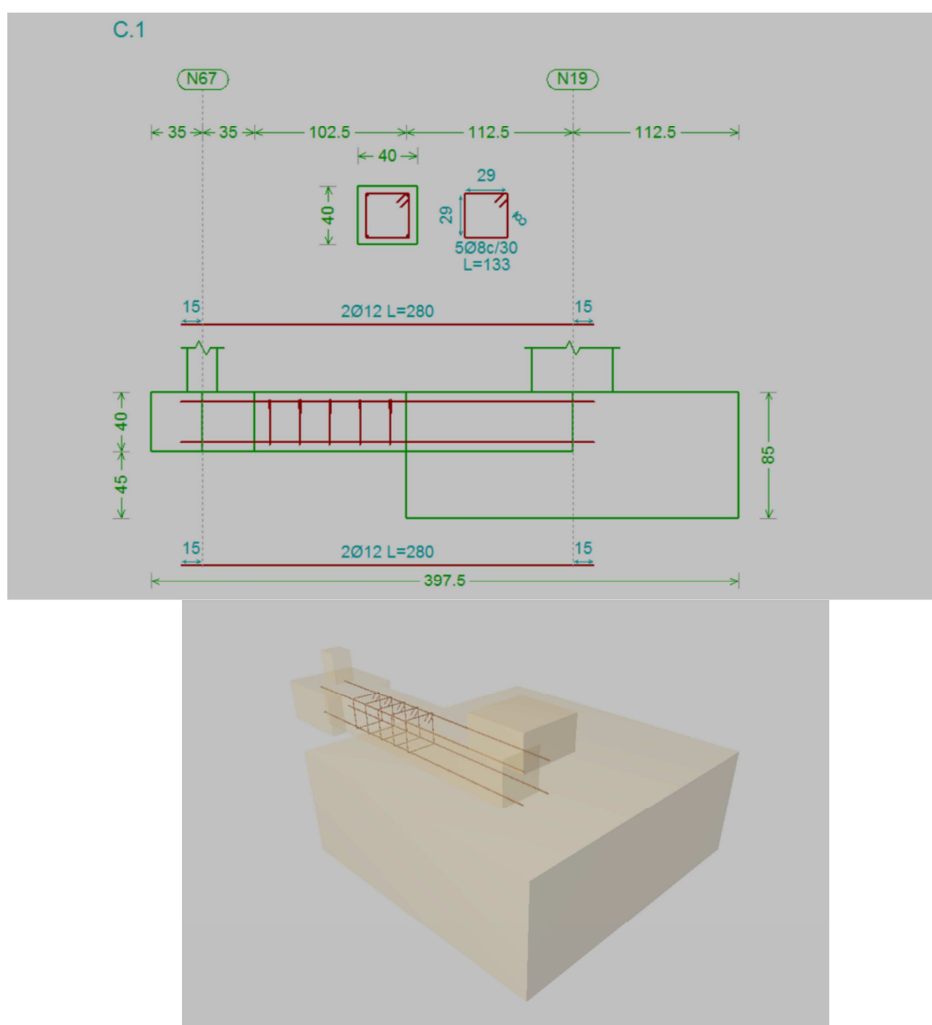
VIGA DE ATADO EF1



Referencia: C.1 [N65-N3] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N65-N3] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

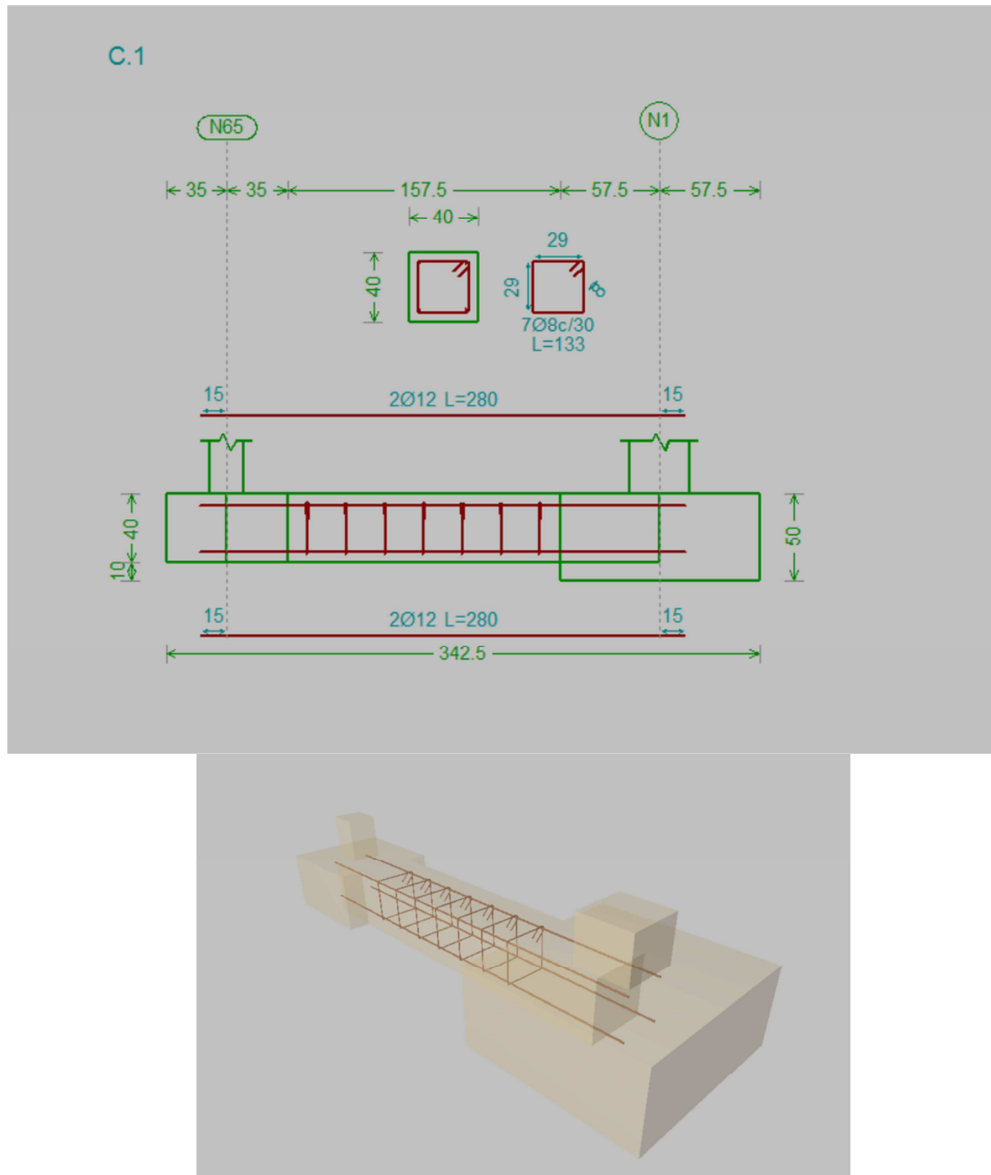
VIGA DE ATADO EF3



Referencia: C.1 [N67-N19] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N67-N19] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegaran estados de carga a la cimentación.		

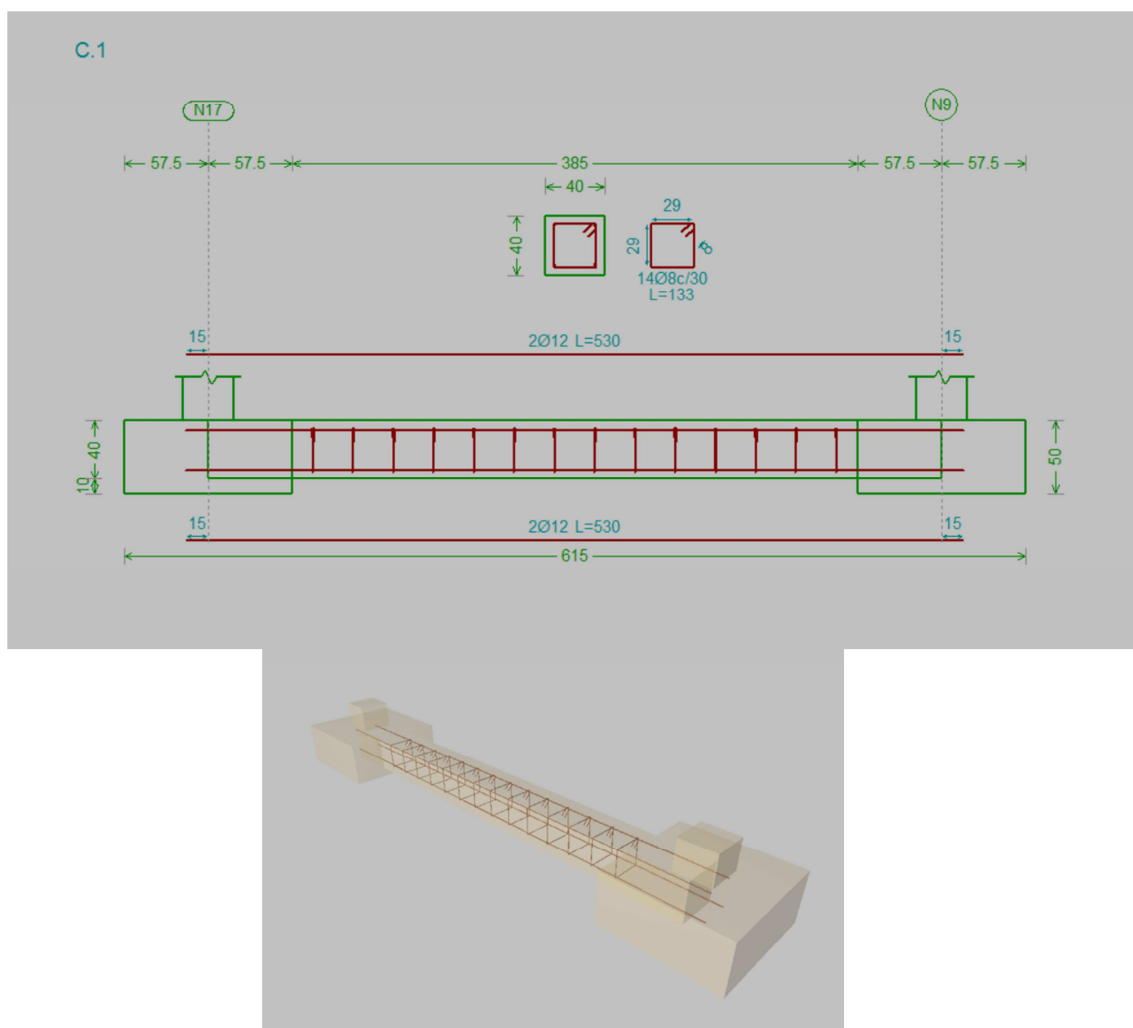
VIGA DE ATADO FG1 Y FG3



Referencia: C.1 [N67-N17] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N67-N17] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

VIGA DE ATADO G12 Y G23



Referencia: C.1 [N17-N9] (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 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 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-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N17-N9] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	 Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegaran estados de carga a la cimentación.		

3.3. INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS

A continuación se detallará el dimensionamiento de la evacuación de aguas, que se realizará siguiendo la normativa del código técnico separando la red de aguas pluviales y la red de aguas residuales.

Tanto la red de recogida de aguas pluviales como la red de recogida de aguas residuales se diseñará siguiendo el Documento Básico HS Salubridad que a su vez deriva al uso del NTE-ISS.

3.3.1. Red de recogida de aguas residuales -UNIDADES DE DESAGÜE

La adjudicación de unidades de desagüe y los diámetros mínimos de los sifones y derivaciones individuales correspondientes se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

Los baños serán de uso privado y se dispondrá de cuatro cuartos de aseo (lavabo, inodoro y ducha). En la tabla obtenemos que el número máximo de unidades de desagüe será de 6 y el diámetro del sifón y derivación individual será de 100.

-RAMALES COLECTORES

Mediante la siguiente tabla se obtendrán los diámetros de los ramales colectores y bajantes según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector.

Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Teniendo en cuenta que el número máximo de unidades de desagüe es de 6, obtenemos una pendiente del 2% y un diámetro de 50mm.

- BAJANTES

El diámetro de las bajantes se obtiene en la tabla 4.4 como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas

Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

En este caso hay que tener en cuenta que las bajante que acometan inodoros, deberán tener un diámetro acorde con la unidad de desagüe del inodoro que es de diámetro 100mm. Por lo tanto, en este caso, el diámetro de las bajantes será de 110mm.

-COLECTOR HORIZONTAL DE AGUAS RESIDUALES

El diámetro de los colectores horizontales se obtiene en la tabla 4.5 en función del máximo número de UD y de la pendiente.

Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

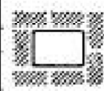
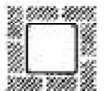

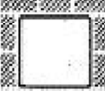
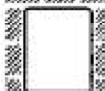

Teniendo 12 unidades de desagüe, corresponde pendiente 2% y diámetro de 50mm.

El diámetro mínimo para una red de colectores enterrados será de 125mm, sobre todo si llegan a él bajantes con rameles de inodoros.

Por lo tanto, se obtiene una pendiente de 2% y diámetro 125mm.

- ARQUETA

La Tabla 2 determina la longitud A y anchura B mínimas necesarias de una arqueta según el diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 2	Diámetro D en mm. del colector de salida.					
	100	125	150	200	250	300
Dimensiones AxB en cm de la arqueta	38x26	38x38	51x38	51x51	63x51	63x63
						

A cada lado de la arqueta sólo podrá acometer un colector.

Para un diámetro de salida d 125mm corresponde una arqueta de dimensiones 380mmx380mm.

3.3.2. Red de recogida de pluviales

- NÚMERO DE SUMIDEROS

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la tabla 4.6, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven.

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

La superficie de cubierta en proyección de la nave es de 850m², por lo que habrá que colocar 1 sumidero cada 150m².

Se instalará un total de 6 sumideros.

- CANALONES

El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 4.7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h (véase el Anexo B), debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que: $f = i / 100$ (4.1) siendo i la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

Apéndice B. Obtención de la intensidad pluviométrica

- 1 La intensidad pluviométrica i se obtendrá en la tabla B.1 en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondientes a la localidad determinadas mediante el mapa de la figura B.1

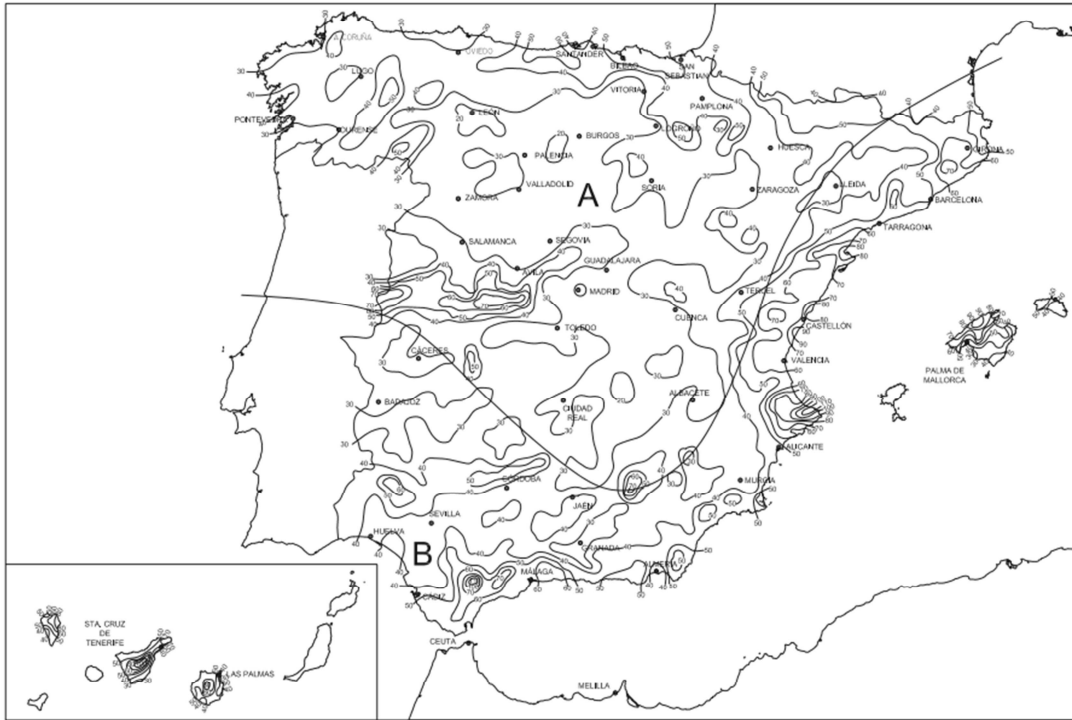


Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Tabla B.1
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



ZONA A ISOYETA 50 ---→ $i=155\text{mm/h}$

Factor corrección f a la superficie:

$$f = i/100 = 155/100 = 1.55$$

Sabiendo que la superficie de cubierta servida es de 150m², tenemos que aplicando el factor de corrección queda en:

$$S=150\text{m}^2 * 1.55= 235.5\text{m}^2$$

Siendo la pendiente de la cubierta de al menos un 1%, se interpola obteniendo así el diámetro de canalón que es de 189.81mm, por lo que optamos por uno de 200mm por ser medida comercial.

- BAJANTES

El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.8:

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Debido a que la superficie en proyección horizontal servida es de 235.5m², se obtiene un diámetro de bajantes de 90mm.

- COLECTORES DE AGUAS PLUVIALES

El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.9, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.







Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m ²)			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

El diámetro nominal necesario para los colectores de aguas pluviales será de 125mm.

- ARQUETAS

La Tabla 2 determina la longitud A y anchura B mínimas necesarias de una arqueta según el diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 2	Diámetro D en mm. del colector de salida.					
	100	125	150	200	250	300
Dimensiones AxB en cm de la arqueta	38x26	38x38	51x38	51x51	63x51	63x63
						

A cada lado de la arqueta sólo podrá acometer un colector.

Cálculo de arquetas paa cada tramo:

ARQUETAS Y COLECTORES					
ARQUETA	RECOGE AGUA DE	DIMENSIONES MÍNIMAS	COLECTOR	DIÁMETRO (mm)	PENDIENTE
A1	B1	380X380	A1-A2	125	1%
A2	A1+B1	510X510	A2-A3	160	1%
A3	A1+A2+B3	510X510	A3-ACOMETIDA	200	1%

3.4. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

Para calcular la instalación de fontanería se seguirá la norma NTE-IFF para agua fría y NTE-IFC para agua caliente.

AGUA FRÍA:

Apartir de la siguiente tabla hallaremos el diámetro de la tubería según el número de grifos o fluxores servidos por el tramo calculado:

Tabla 1		N.º total de grifos servidos por el tramo										
Uso del edificio	Público	3	8	15	33	51	99	206	322	663	1217	2008
	Privado	3	9	18	42	67	134	291	409	1027	1929	3286
Tipo de tubería	Acero	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Cobre o PVC	10	15	20	25	30	40	60	80	100	125	150
		Diámetro D en mm										

Debido a que el número de grifos que hay en la nave es 12 y que se pondrán tuberías de PVC, se obtiene mediante la tabla que el diámetro de la tubería será de 20mm.

AGUA CALIENTE:

Apartir de la siguiente tabla hallaremos el diámetro de la tubería según el número de grifos o fluxores servidos por el tramo calculado:

Tabla 1		Número de grifos servidos por el tramo										
Uso del edificio	Público	3	8	15	33	51	99	206	322	663	1217	2008
	Privado	3	9	18	42	67	134	291	469	1027	1929	3286
Tipo de tubería	Acero	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Cobre	18	22	28	36	42	50	60	80	100	125	160
		Diámetro D en mm										

En este caso tenemos 8 grifos de agua caliente y como el uso del edificio es privado y además las tuberías serán de PVC, se obtiene un diámetro de 20mm.

