

DISEÑO Y CÁLCULO DE NAVE INDUSTRIAL

DOCUMENTO 3: ANEXOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: ALEX

APELLIDOS: CEBADERO GONZÁLEZ

FDO.:

FECHA:

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IÑAKI

APELLIDOS: MARCOS RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:

3. ANEXOS

3.1. CÁLCULOS

eman ta zabal zazu



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014/2015

DISEÑO Y CÁLCULO DE NAVE INDUSTRIAL

DOCUMENTO 3.1: CÁLCULOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: ALEX

APELLIDOS: CEBADERO GONZÁLEZ

FDO.:

FECHA:

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IÑAKI

APELLIDOS: MARCOS RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:

1. INTRODUCCIÓN	7
2. DATOS DE PARTIDA	8
3. ACCIONES	9
3.1. Peso Propio	9
3.2. Sobrecarga de Uso	12
3.3. Acción del viento	13
3.3.1. Acciones del viento para el cálculo de la cubierta	14
3.3.2. Acciones del viento para el cálculo de la fachada	26
3.4. Acciones Térmicas	31
3.5. Sobrecarga de Nieve	31
4. COMBINACIÓN DE ACCIONES	33
5. ESTUDIO DE LA CUBIERTA	37
6. DIMENSIONAMIENTO DE CORREAS DE CUBIERTA	39
6.1. Resumen de acciones	39
6.2. Estados límite últimos	40
6.3. Estados límite de servicio	43
7. ESTUDIO DE LA FACHADA	47
8. DIMENSIONAMIENTO DE CORREAS DE FACHADA	49
8.1. Resumen de acciones	49
6.2. Estados límite últimos	49
6.3. Estados límite de servicio	52
9. PUENTE GRÚA	55
9.1. Acciones en el puente grúa	56
9.2. Situaciones posibles debidas al puente grúa	67
10. CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL	70

11. CÁLCULO DEL FROJADO DE LA ENTREPLANTA	74
11.1. Condiciones de uso	74
11.2. Composición	74
11.3. Características técnicas	75
11.4. Verificación de los estados límite últimos	76
11.5. Verificación de los estados límite de servicio	77
11.6. Comportamiento al fuego	78
12. ESTUDIO EN NUEVO METAL 3D	79
12.1. Coeficientes de empotramiento	79
12.2. Cargas	79
12.3. Pandeo	79
12.4. Pandeo Lateral	81
12.5. Flecha	81
13. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS	83
13.1. Estudio de resistencia	83
13.2. Estado límite últimos de las barras	89
14. CÁLCULO DE UNIONES	325
14.1. Especificaciones para uniones soldadas	325
14.2. Especificaciones para uniones atornilladas	327
14.3. Comprobaciones	331
15. PLACAS DE ANCLAJE	380
15.1. Agrupación	380
15.2. Medición de placas de anclaje	382
15.3. Medición de pernos de placas de anclaje	382
15.4. Comprobación	382

16. CIMENTACIÓN	389
16.1. Agrupación	389
16.2. Medición de la cimentación	390
16.3. Comprobación	392
16.4. Vigas de atado	400
17. SOLERA	404
18. SANEAMIENTO	406
18.1. Instalación de recogida de aguas pluviales	406
18.2. Instalación de recogida de aguas fecales	409
19. SUMINISTRO DE AGUAS	413
19.1. Características de la instalación	414
19.2. Componentes de la instalación	414
19.3. Caudales mínimos	414
19.4. Instalación de agua fría	415
19.5. Instalación de agua caliente	415

CÁLCULOS

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se justificarán todas las soluciones tomadas para el desarrollo de este proyecto. Contiene las hipótesis de partida, procedimientos seguidos para el cálculo del edificio, resultados finales de los elementos y las comprobaciones de dichos elementos.

Inicialmente se presentan los datos de partida y todas las acciones a los que está sometida la estructura. Una vez conocidos estos datos, se procede al dimensionamiento de la cubierta y los cerramientos laterales del edificio. Después, por medio del programa de cálculo Nuevo Metal 3D de Cype se dimensiona la nave. De esta manera, se agiliza el proceso de cálculo, evitando realizar comprobaciones manuales. También se calculan

Los cálculos que se muestran a continuación corresponden a la estructura completa, cimentación y saneamiento.

2. DATOS DE PARTIDA

Nave de taller de fabricación (Nave 1):

- Longitud: 28 metros.
- Anchura: 24 metros.
- Altura útil: 10 metros.
- Altura total: 11,05 metros.
- Inclinación de la cubierta: 5°.
- Distancia entre pórticos: 4 metros.
- Capacidad grúa puente (birrail): 5 Tn.

Nave de almacén (Nave 2):

- Longitud: 20 metros.
- Anchura: 12 metros.
- Altura útil: 10 metros.
- Altura total: 10,525 metros.
- Inclinación de la cubierta: 5°.
- Distancia entre pórticos: 4 metros.

Nave de oficinas (Nave 3):

- Longitud: 8 metros.
- Anchura: 18 metros.
- Altura útil: 7 metros.
- Altura total: 8,57 metros.
- Inclinación de la cubierta: 5°.
- Distancia entre pórticos: 4 metros.
- Altura de la entreplanta: 3 metros.

En toda la estructura:

- Cubierta: “Ondatherm 1150 C” sobre correas.
- Fachadas: Panel de fachada estándar “Metalpanel” sobre correas.
- Ubicación: Barakaldo.

3. ACCIONES

A continuación se presentan las acciones a las que está sometida la nave. Existen dos tipos de acciones, variables y permanentes. Mediante la combinación de dichas acciones se realizará el dimensionamiento de la nave. Todas las acciones se pueden determinar con los datos de partida, salvo el peso propio de la estructura, ya que inicialmente no se conocen los perfiles del edificio.

Las acciones permanentes de la estructura únicamente la compone el peso propio, el resto, corresponden al grupo de las cargas variables.

Todas las acciones se calcularán en base al Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones de la Edificación (DB SE-AE).

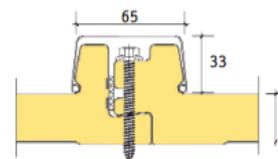
3.1. PESO PROPIO

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

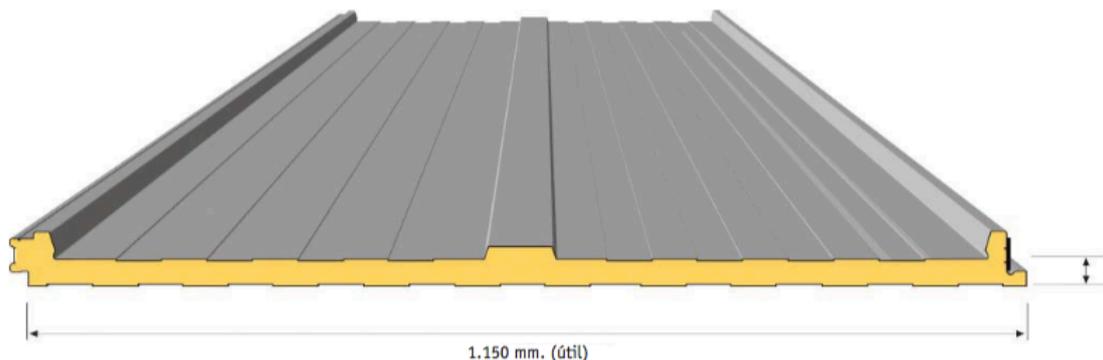
a) Cubierta:

Para la cubierta se ha optado un panel sándwich de la marca Arval, modelo Ondatherm 1150 C. Es un panel de cubierta para pendientes mínimas del 5%. Fijación oculta mediante tapajuntas para facilitar el montaje y desmontaje. La chapa exterior es de 0,6 mm de espesor con el fin de mejorar la resistencia del panel a las acciones climáticas (viento y nieve), el solape y el amarre de los remates debido a que mejora el atornillado y el tránsito durante la fase de instalación y posterior mantenimiento. La chapa interior es de 0,4 mm de espesor, con lo que mantenemos el mismo peso, incrementando su resistencia. Posibilidad de traslúcidos en policarbonato (tipo Danpalón) y poliéster doble capa.

MATERIAL BASE		NORMATIVA
Esesor de acero	0,6 (ext.)/ 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Esesor panel	30/40/50/80 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	



Longitud máxima limitada por transporte. Máximo 15 metros



DATOS TÉCNICOS			
ESESOR NOMINAL mm	TÉRMIKO W/m² K	MASA Kg/m²	VOLUMEN EMPAQUETADO m²/m³
30	0,68	10,0	22
40	0,53	10,5	18
50	0,43	11,0	15
80	0,27	12,5	10

TABLA DE UTILIZACIÓN		LUCES EN METROS					
SOPORTE	Esesor (mm)	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
 3 APOYOS	30	230	190	140	90		
	40	260	220	170	115	75	53
	50	290	250	190	135	95	75
	80	420	380	300	240	190	147

Para garantizar mayor resistencia, se escoge el panel con un perfil nominal mayor. Al elegir un mayor esesor, las correas se pueden colocar más distanciadas. Como bien se indica en las figuras anteriores, se selecciona el panel de 80 mm.

El peso de este panel es de 12,5 kg/m². Proyectando este valor perpendicularmente a la superficie de la cubierta para su posterior cálculo y cambiando las unidades es de 0,1225 kN/m². A este valor es necesario sumar el peso de las correas una vez seleccionadas, por lo que se elige un valor estimado para aproximar más el cálculo. Se preseleccionan una correas

con perfil IPE 100, no quiere decir que sea el definitivo, pero se puede aproximar al resultado final ahorrando contratiempos.

b) Fachada:

Para la fachada se ha optado por un panel con acabado convencional y económico para cerramientos de fachada de la marca Metalpanel, modelo estándar. Sus dos caras metálicas van perfiladas con un ligero nervado trapezoidal de 0,8 mm de altura. Este panel tiene buenas resistencias mecánicas y permite alcanzar longitudes amplias.

Las fachadas son la parte más visible de una nave industrial, de ahí que se ofrezcan diferentes tipos de acabado que resalten el carácter y la imagen del edificio. Para este caso, se elige un acabado sencillo, pero a su vez moderno.



Sobrecarga de uso para panel fachada (en Kg/m ²) 2 vanos (3 apoyos)						
Espesor panel (mm)	Distancia entre apoyos (m)					
	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
35	220	158	104	82	55	--
40	244	182	138	123	97	--
50	306	228	183	155	121	75
60	--	256	215	179	140	94
80	--	320	290	264	203	155

Coeficientes de TRANSMITANCIA térmica (K)					
	Espesor (mm)				
	35	40	50	60	80
Kcal/h m ² °C	0,51	0,45	0,35	0,30	0,23
W/m ² °C	0,58	0,51	0,40	0,34	0,26

Al igual que para el cerramiento de cubierta, se elige el panel con mayor espesor, el de 80 mm. Este panel es algo mas ligero que el de cubierta, su peso es de 10,5 kg/m², lo que es lo mismo 0,105 kN/m².

3.2. SOBRECARGA DE USO

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

La sobrecarga de uso debida a equipos pesados, o a la acumulación de materiales en bibliotecas, almacenes o industrias, no está recogida en los valores contemplados en este Documento Básico, debiendo determinarse de acuerdo con los valores del suministrador o las exigencias de la propiedad.

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

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
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

- Categoría G. Cubiertas accesibles únicamente para conservación.*

* Para cubiertas con una 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.

- Categoría G1*. Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado).**

* Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

** Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1kN/m^2 .

El valor de la carga uniforme es de $0,4\text{ kN/m}^2$. Este valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta. A efectos de cálculo, esta carga debe estar distribuida perpendicularmente a la superficie de la cubierta, por lo que el valor de dicha carga es de $0,397\text{ kN/m}^2$.

3.3. ACCIÓN DEL VIENTO

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

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

siendo:

- q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse $0,5\text{ kN/m}^2$. Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.
- c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.3.3 del DB SE-AE. En edificios urbanos de hasta 8 plantas pueden tomarse un valor constante, independientemente 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 los apartados 3.3.4 y 3.3.5 (DB SE-AE).

Los edificios se comprobarán ante la acción del viento en todas las direcciones, independientemente de la existencia de construcciones contiguas medianeras, aunque generalmente bastará la consideración en dos sensiblemente ortogonales cualesquiera. Para cada dirección se debe considerar la acción en los dos sentidos.

Como la nave industrial dispondrá de puertas de un tamaño considerado, es necesario calcular las presiones interiores que éstas generan.

3.3.1. Acciones del viento para el cálculo de cubierta

a) Presión dinámica del viento

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de $0,42 \text{ kN/m}^2$, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $0,52 \text{ kN/m}^2$ para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

El edificio se construirá en la localidad de Barakaldo, Vizcaya. Por lo que corresponde a la zona C. El valor de la presión dinámica del viento es de $0,52 \text{ kN/m}^2$.

b) Coeficiente de exposición exterior

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 (DB SE-AE), siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento. Para alturas superiores a 30 m los valores deben obtenerse de las expresiones generales que se recogen en el Anejo D (DB SE-AE). Para paneles prefabricados de gran formato el punto a considerar es su punto medio.

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

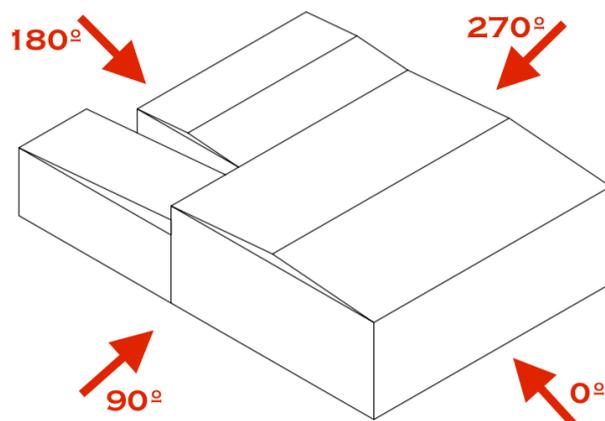
El grado de aspereza del entorno donde estará ubicada la nave es de tipo IV, zona urbana en general, industrial o forestal. Se utiliza la altura máxima de cumbre como altura del punto considerado, 11,05 m; por lo que es necesario realizar una interpolación lineal entre 9 y 12 para conocer dicho valor.

El valor del coeficiente de exposición para una altura considerada de 11,05 m es de 1,836.

c) Coeficiente de presión exterior

Los coeficientes de presión exterior o eólico, c_p , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.

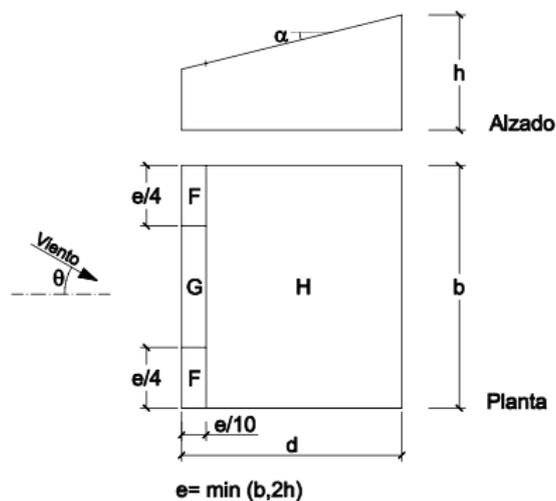
Se consideran 4 direcciones diferentes en función del ángulo, 0°, 90°, 180° y 270°. A continuación se indican la referencia de las direcciones tomadas para el cálculo.



El edificio tiene dos tipos de cubierta, cubierta a un agua y cubierta a dos aguas. Al calcular las acciones de viento en cada zona de la cubierta mediante el Anejo D (DB SE-AE) es necesario utilizar la Tabla D.5 Cubiertas a un agua y la Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas. A continuación se exponen las tablas utilizadas para los cálculos.

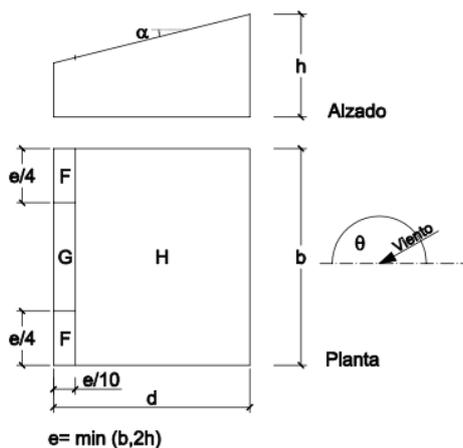
Tabla D.5 Cubiertas a un agua

- Dirección del viento $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$



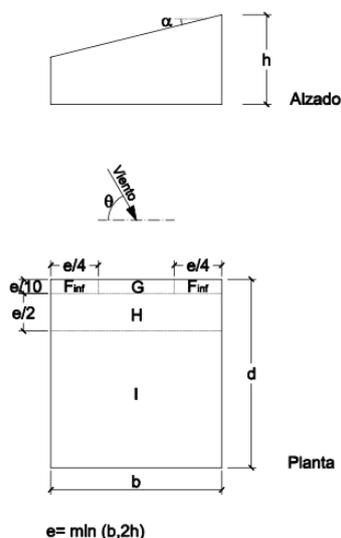
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-1,7 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6 +0,0
	≤ 1	-2,5 +0,0	-2,0 +0,0	-1,2 +0,0
15°	≥ 10	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2
	≤ 1	-2,0 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2
30°	≥ 10	-0,5 0,7	-0,5 0,7	-0,2 0,4
	≤ 1	-1,5 0,7	-1,5 0,7	-0,2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

- Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-2,3	-1,3	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2
15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9
	≤ 1	-2,8	-2,0	-1,2
30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,3	-1,5	-0,8
45°	≥ 10	-0,6	-0,5	-0,7
	≤ 1	-1,3	-0,5	-0,7
60°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,5
	≤ 1	-1,0	-0,5	-0,5
75°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,5
	≤ 1	-1,0	-0,5	-0,5

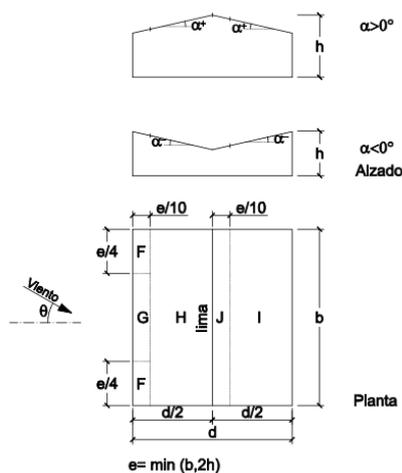
- Dirección del viento $45^\circ \leq \vartheta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $45^\circ \leq \vartheta \leq 135^\circ$				
		F _{inf}	F _{sup}	G	H	I
5°	≥ 10	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,4	-2,6	-2,0	-1,2	-0,5
15°	≥ 10	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7
	≤ 1	-2,4	2,9	-2,5	-1,2	-1,2
30°	≥ 10	-1,3	-2,1	-1,5	-1,0	-0,8
	≤ 1	-2,0	-2,9	-2,0	-1,3	-1,2
45°	≥ 10	-1,3	-1,5	-1,4	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,4	-2,0	-1,3	-1,2
60°	≥ 10	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,7
	≤ 1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
75°	≥ 10	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-0,5

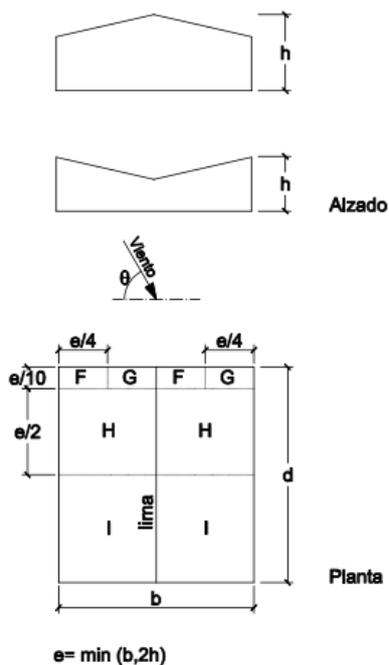
Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas

- Dirección del viento $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$



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	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

- Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



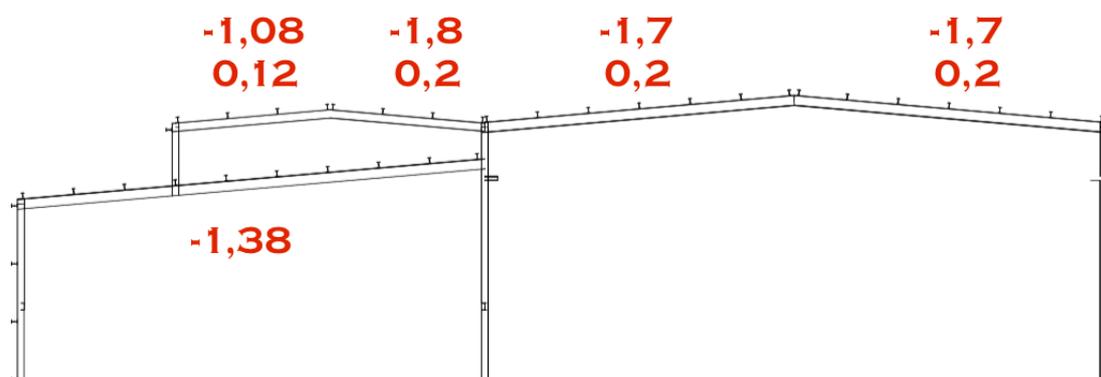
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6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

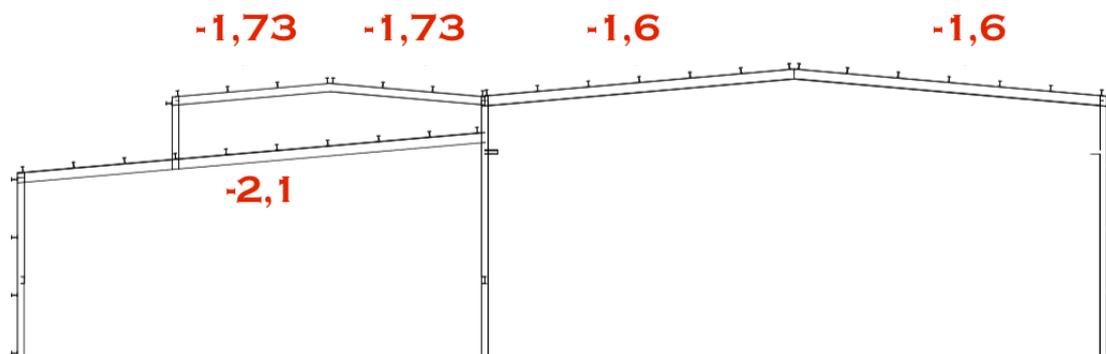
- No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

A continuación se muestran los resultados de los coeficientes de presión exterior más desfavorables para cada zona de cubierta en las 4 direcciones.

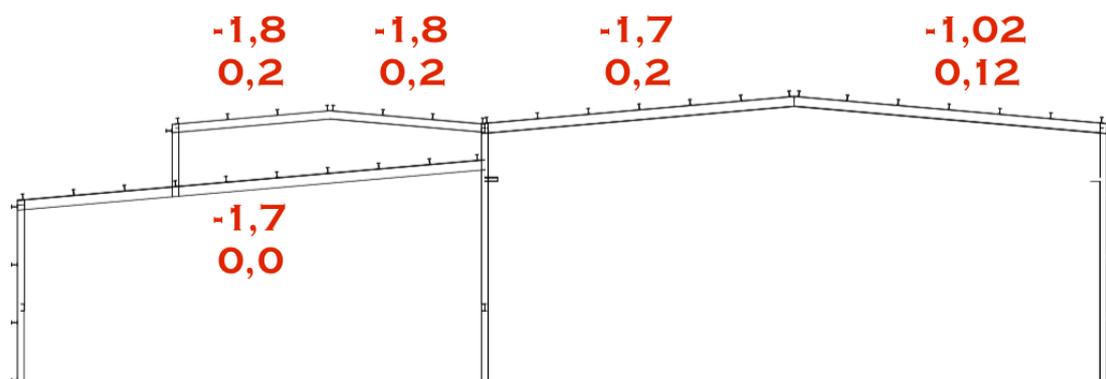
0°



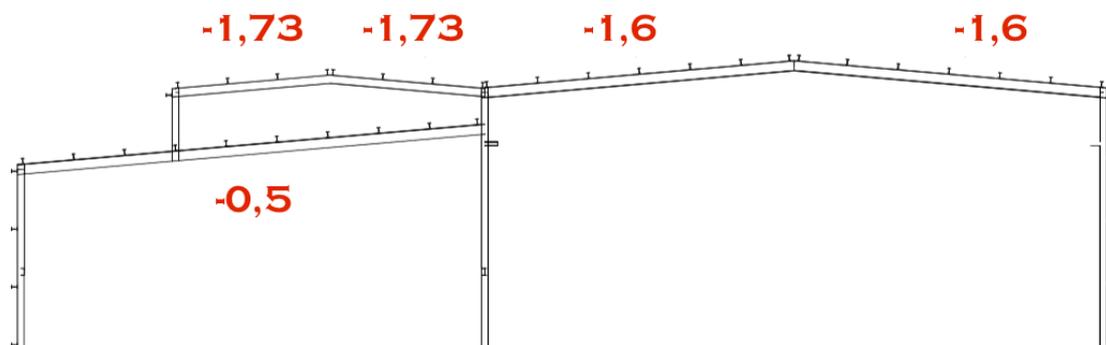
90°



180°



270°



d) Coeficiente de exposición interior

Si el edificio presenta grandes huecos la acción del viento genera, además de presiones en el exterior, presiones en el interior, que se suman a las anteriores.

Para la determinación de la presión interior, edificios de una sola planta, se considerará como coeficiente de exposición el correspondiente a la altura del punto medio del hueco, salvo que exista un hueco dominante, en cuyo caso el coeficiente de exposición será el correspondiente a la altura media de dicho hueco.

El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, pueden determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k)$$

$$F = k \ln (\max (z,Z) / L)$$

Siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno según la tabla D.2.

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

Los huecos de la nave corresponde a las puertas para el acceso de camiones. Las dimensiones de éstas son de 5 metros de alto por 3 metros de ancho, por lo que la altura media del hueco a considerar es de 2,5 m.

Realizando las operaciones con las fórmulas descritas anteriormente, el coeficiente de exposición tiene un valor de 1,336.

e) Coeficiente de presión interior

El coeficiente eólico de presión interior, c_{pi} , se considera único en todos los parámetros interiores del edificio que delimitan la zona afectada por la fachada o cubierta que presenta grandes huecos.

Para la determinación de este coeficiente se utilizará la tabla 3.6 (CTE DB SE-AE).

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

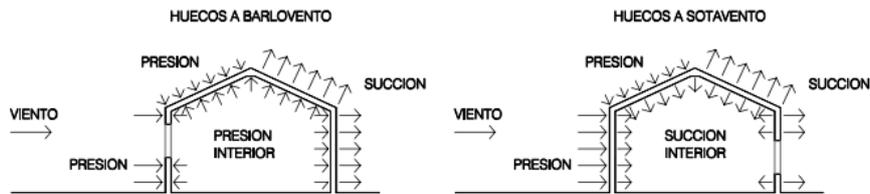
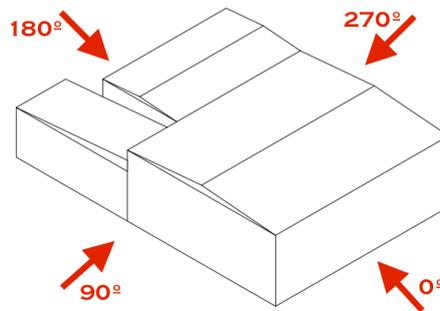


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

El área de los huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio oscilará entre 0,0 y 1. Dependiendo de la esbeltez en el plano paralelo al viento se obtendrá un valor u otro. La esbeltez se determina con la división de la altura entre la longitud del plano paralelo al viento.

Se han seguido los mismos criterios de distribución de viento que en los casos anteriores.



0° (succión interior)

Esbeltez: $h/b = 11,05 / 42 = 0,26 \leq 1$

$c_{pi} = -0,5$

90° (presión interior)

Esbeltez: $h/b = 11,05 / 28 = 0,39 \leq 1$

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

180° (presión interior)

$$\text{Esbeltez: } h/b = 11,05 / 42 = 0,26 \leq 1$$

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

270° (succión interior)

$$\text{Esbeltez: } h/b = 11,05 / 42 = 0,31 \leq 1$$

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

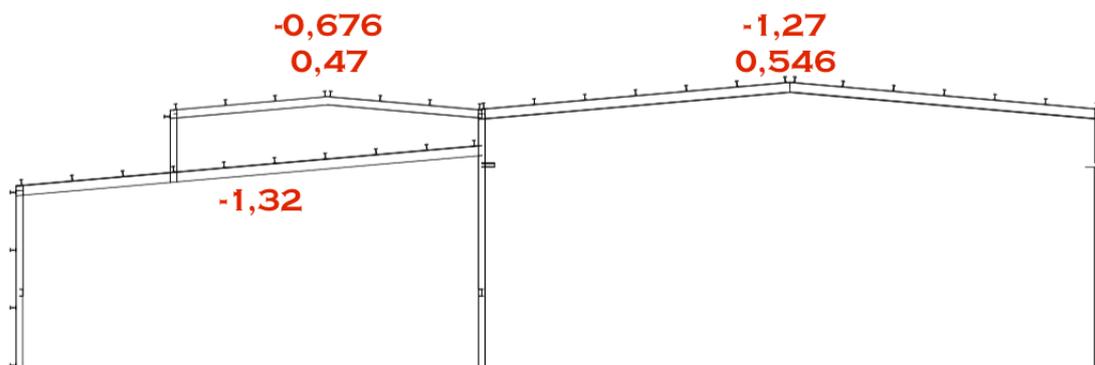
Resumen de cargas de viento sobre la cubierta

Se realizan todos los cálculos correspondientes para determinar la carga del viento. A continuación sólo se muestran las cargas de viento más desfavorables en las zonas de la cubierta. Se tienen en cuenta todas las direcciones para realizar el sumatorio de fuerzas exteriores e interiores con la fórmula siguiente:

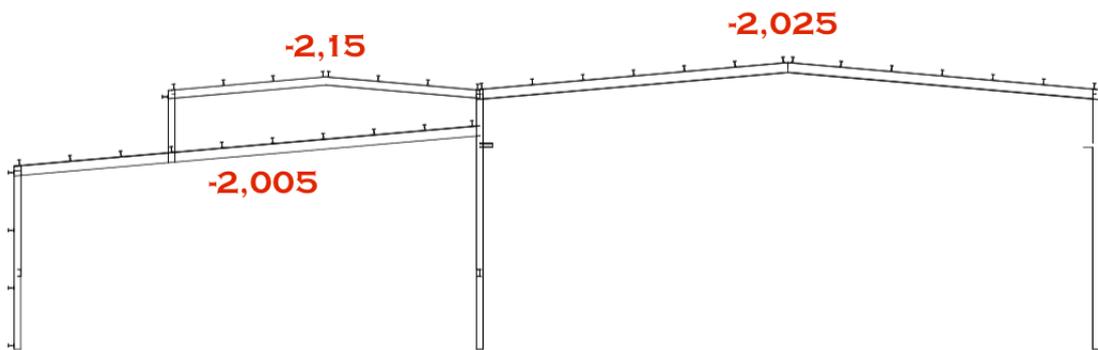
$$q_e = q_b \cdot c_{e,ext} \cdot c_{p,ext} + q_b \cdot c_{e,int} \cdot c_{p,int}$$

Se mantiene la dirección del viento. Todos los valores tienen como unidad [kN/m²].

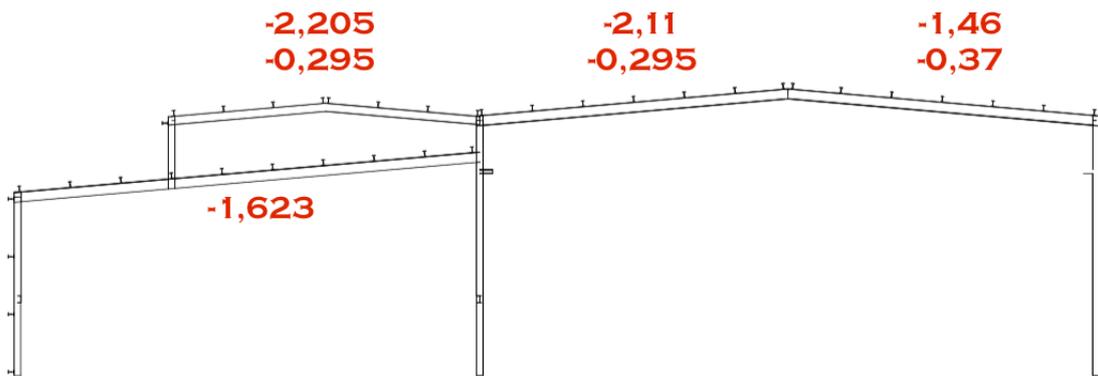
0°



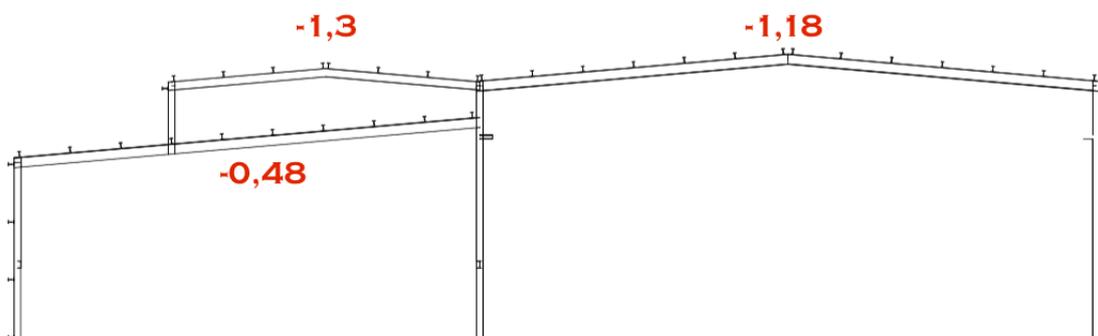
90°



180°



270°



3.3.2. Acciones del viento para el cálculo de fachada

a) Presión dinámica del viento

El valor de la presión dinámica del viento no varía, puesto que se determina en función de la localización del terreno para construir la nave industrial. Por lo que el valor sigue siendo de $0,52 \text{ kN/m}^2$.

b) coeficiente de presión exterior

El coeficiente de presión exterior se vuelve a calcular, ya que esta vez se toma como valor de altura la máxima altura de la fachada (10 m).

Se vuelve a utilizar las Tabla 3.4 (CTE DB SE-AE).

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_s

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

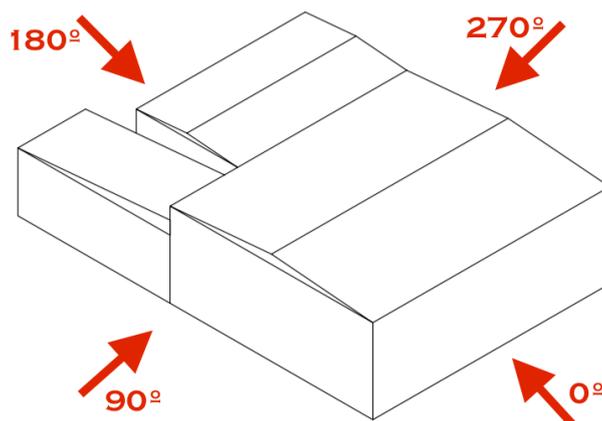
El grado de aspereza del entorno donde estará ubicada la nave es de tipo IV, zona urbana en general, industrial o forestal. Se utiliza la altura máxima de fachada como altura del punto considerado, 10 m; por lo que es necesario realizar una interpolación lineal entre 9 y 12 para conocer dicho valor.

El valor del coeficiente de exposición para una altura considerada de 10 m es de 1,76.

c) Coeficiente eólico o de presión exterior

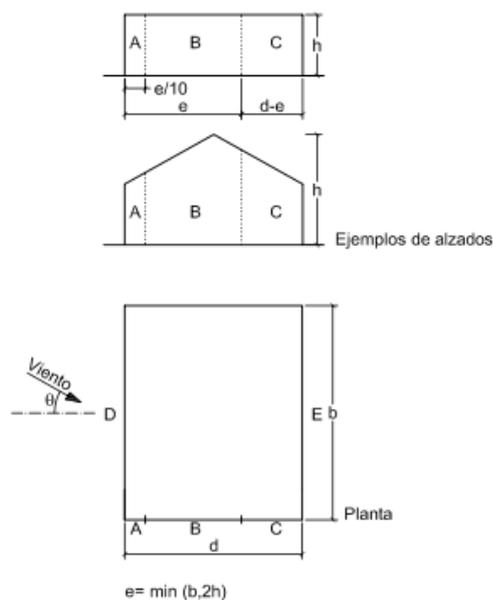
Los coeficientes de presión exterior o eólico, c_p , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.

Se consideran 4 direcciones diferentes en función del ángulo, 0° , 90° , 180° y 270° . A continuación se indican la referencia de las direcciones tomadas para el cálculo.



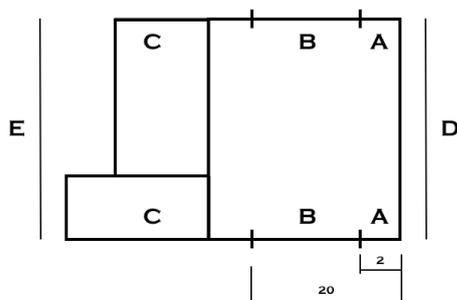
Para calcular las acciones del viento en todas las fachadas del edificio, es necesario utilizar en el Anejo D (DB SE-AE), la Tabla D.3 Paramentos verticales. A continuación se expone la tabla utilizada para los cálculos en todas las direcciones.

Tabla D.3 Paramentos verticales



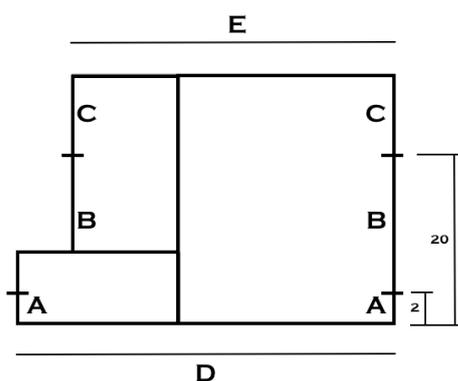
A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

0° y 180°



A (m ²)	h/d	Zona (según figura)				
		A	B	C	D	E
≥ 10	≤ 0,25	-1,2	-0,8	-	0,7	-0,3
8		-1,22	-0,85	-0,05	0,73	-0,3
≤ 1		-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,3

90° y 270°



A (m ²)	h/d	Zona (según figura)				
		A	B	C	D	E
≥ 10	0,35	-1,2	-0,8	-0,06	0,71	-0,33
8		-1,22	-0,82	-0,1	0,74	-0,33
≤ 1		-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,33

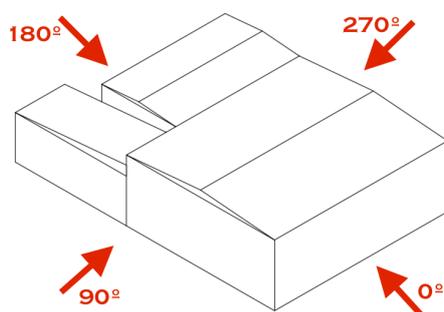
Se considera como área de influencia del panel 8 m².

d) Coeficiente de exposición interior

Al igual que en los cálculos de las acciones de viento para la cubierta, se considera la misma altura media de los huecos para el cálculo de la fachada. Por lo que el valor de este coeficiente se mantiene en 1,336.

e) Coeficiente de presión interior

En este caso, el coeficiente de presión interior también se mantiene idéntico. Con los mismos criterios para la dirección del viento son los expuestos a continuación.



0° (succión interior)

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

90° (presión interior)

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

180° (presión interior)

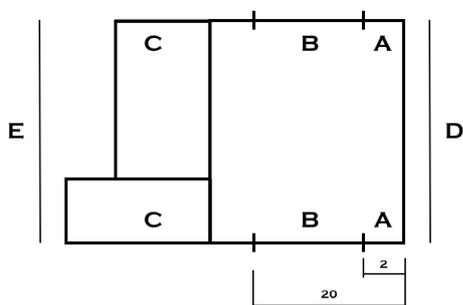
$$c_{pi} = 0,7$$

270° (succión interior)

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

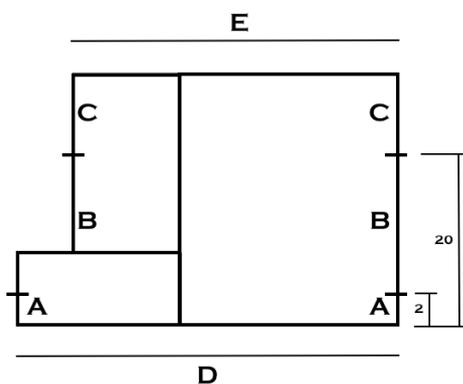
Resumen de cargas de viento sobre la fachada

0°



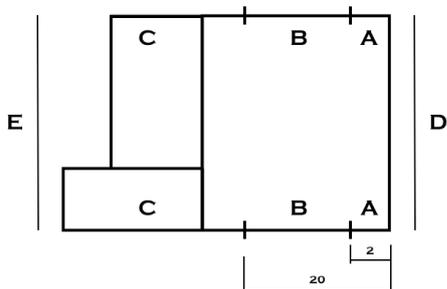
Zona	qe [kN/m ²]	Sentido
A	-0,75	succión
B	-0,385	succión
C	0,3	presión
D	1,01	presión
E	0,07	presión

90°



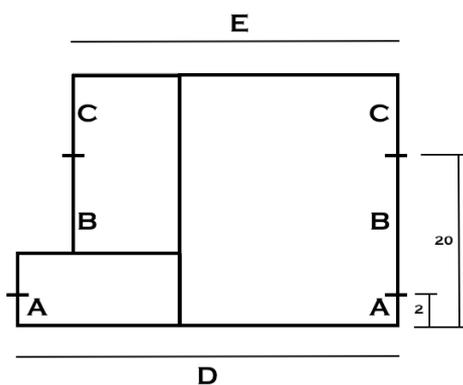
Zona	qe [kN/m ²]	Sentido
*A	-1,6	succión
B	-1,25	succión
C	-0,58	presión
D	0,2	presión
E	-0,79	succión

180°



Zona	qe [kN/m ²]	Sentido
*A	-1,6	succión
B	-1,25	succión
C	-0,53	succión
D	0,2	succión
E	-0,76	succión

270°



Zona	qe [kN/m2]	Sentido
A	-0,77	succión
B	-0,41	succión
C	0,25	presión
*D	1,025	presión
E	0,05	presión

Una vez calculadas todas las cargas que indiquen sobre la fachada, se marcan con un asterisco las más desfavorables de cara al cálculo del cerramiento lateral de todo el edificio.

3.4. ACCIONES TÉRMICAS

Los edificios y sus elementos sometidos a deformaciones y cambios debidos a variaciones de la temperatura ambiente exterior. Las variaciones de temperatura en el edificio conducen a deformarse de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que, en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados.

La disposición de juntas de dilatación puede contribuir a disminuir los efectos e las variaciones de la temperatura. En edificios estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 metros de longitud.

En el caso de este edificio, como no tiene elementos continuos de más de 40 metros de longitud, no se ponen juntas de dilatación y tampoco se consideran las acciones térmicas.

3.5. SOBRECARGA DE NIEVE

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

Para calcular el valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:

μ coeficiente de forma de la cubierta según el apartado 3.5.3 (CTE DB SE-AE).

s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según el apartado 3.5.2 (CTE DB SE-AE).

El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, s_k , en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la siguiente tabla:

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

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

La ubicación del terreno para construir la nave está en Barakaldo, a escasos kilómetros de Bilbao, por lo que se toma el mismo valor que el de Bilbao como referencia, pues ambas localidades están a una altitud similar. Esta sobrecarga tiene un valor de 0,3 kN/m².

Para la determinación del coeficiente de forma hay que fijarse en los faldones. Esta nave tiene un faldón que limita inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve. Como en este caso 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 2 metros.

Una vez determinado estos dos parámetros se procede a realizar el producto de ambos, lo que supone como resultado una carga de nieve de 0,35 kN/m² sobre la cubierta.

4. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Una vez obtenidas todas las acciones a las que está sometida la estructura, es necesario combinarlas para determinar la carga real, ya que las acciones pueden darse simultáneamente.

Según el CTE DB SE Seguridad Estructural:

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

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

es decir, considerando la actuación simultánea de:

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

Los valores de los coeficientes de seguridad, 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, aun 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.

2- El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

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

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- b) una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (A_d), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- c) una acción variable, en valor de cálculo frecuente ($\gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- d) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente ($\gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$).

En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad (γ_G , γ_P , γ_Q), son iguales a cero si su efecto es favorable, o a la unidad si es desfavorable, en los términos anteriores.

3- En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente según la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

En este caso se considera la primera hipótesis ya que está basado para un caso de cargas persistentes o transitorias, peso propio o viento, nieve, mencionados en el mismo orden, mientras que el segundo caso está basado en acciones correspondientes a una situación extraordinaria y la tercera para casos en los que se tenga en cuenta la acción accidental, acción sísmica; en este caso no se han tenido en cuenta estas acciones porque en esta zona no se tienen acciones sísmicas.

Las combinaciones expuestas a continuación son todas las posibles con las acciones tomadas en cuenta, donde se observan los valores de peso propio (Q_{PP}), sobrecarga de uso (Q_U), acción del viento (Q_{Vpres} y Q_{Vsucc}) y la sobrecarga de nieve (Q_N).

- 1) $\gamma_G \cdot Q_{PP}$
- 2) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_U \cdot Q_U$
- 3) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N$

- 4) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vpres}$
- 5) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vsucc}$
- 6) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N + \psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vpres}$
- 7) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N + \psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vsucc}$
- 8) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vpres} + \psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$
- 9) $\gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vsucc} + \psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$

Se observa que la carga de uso únicamente está combinada con el peso propio. Como bien se explicó en el cálculo de las acciones, al tratarse de una cubierta ligera no será concomitante con el resto de acciones, ya que cuando la climatología no lo permita, no se realizarán labores de mantenimiento por la seguridad de la persona encargada de dicha tarea.

Para determinar el valor de las acciones es necesario multiplicar cada valor de las acciones por unos coeficientes, los coeficientes parciales de seguridad (γ) y los coeficientes de simultaneidad (ψ). El valor de los coeficientes puede variar en función de la carga, si es carga permanente o carga variable; y según la situación persistente, desfavorable o favorable. Estos coeficientes se determinan con la siguiente tabla:

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	<u>Permanente</u>		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	<u>Variable</u>	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	<u>Permanente</u>		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	<u>Variable</u>	1,50	0

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

Al combinar más de dos cargas simultáneamente, es necesario aplicar el coeficiente de simultaneidad a todas las cargas variables no principales, son su correspondiente coeficiente parcial. Estos coeficientes se determinan con la siguiente tabla extraída del CTE DB SE.

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 \leq 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

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

A simple vista se pueden desechar ciertas combinaciones, ya que se sabe con certeza que hay algunas parecidas que serán más desfavorables.

$$1) \gamma_G \cdot Q_{PP}$$

$$2) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_U \cdot Q_U$$

$$3) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N$$

$$4) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vpres}$$

$$5) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vsucc}$$

$$6) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N + \psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vpres}$$

$$7) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N + \psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vsucc}$$

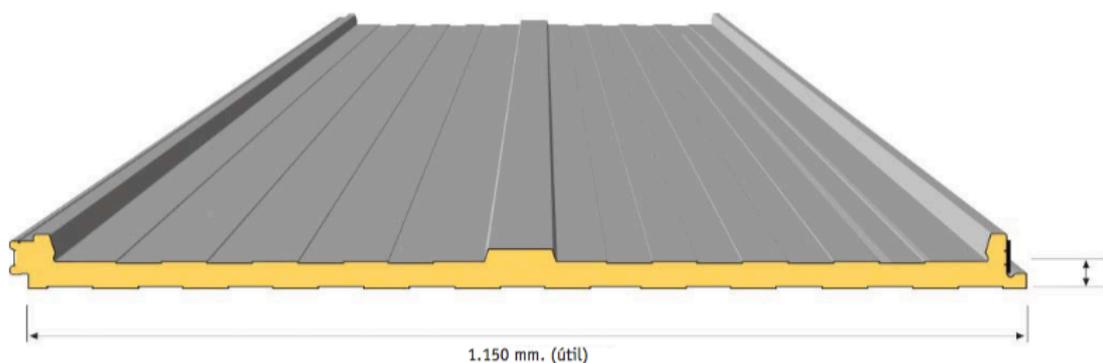
$$8) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vpres} + \psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$$

$$9) \gamma_G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vsucc} + \psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$$

Se considera que una acción es desfavorable cuando su carga es predominante sobre las demás y su sentido permite la desestabilización de la estructura, o cuando tiene el mismo sentido que el resto de cargas desfavorables. Por el contrario, una acción será favorable si su sentido es el contrario a las acciones desfavorables.

5. ESTUDIO DE LA CUBIERTA

Como bien se ha descrito anteriormente para el cálculo de la acción del peso propio, se ha elegido para el cerramiento de cubierta un panel Ondatherm 1150 C de la marca Arval con un espesor nominal de 80 mm.



Esta solución de cubierta estará sujeta mediante correas ancladas a los pórticos que se unen mediante éstas. Para la calcular la distancia de separación de las correas es necesario saber cual será la carga máxima que soportará el panel sándwich. Se calcula mediante las combinaciones de hipótesis descritas en el apartado anterior.

Ascendente:

- $0,8 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_{V_{succ}} = 3,4 \text{ kN/m}^2$

Descendente:

- $1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_U = 0,76 \text{ kN/m}^2$
- $1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot Q_{V_{pres}} = 1,18 \text{ kN/m}^2$
- $1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_{V_{pres}} + 0,5 \cdot 1,5 \cdot Q_N = 1,25 \text{ kN/m}^2$

La carga más elevada en valor absoluto es de $3,4 \text{ kN/m}^2$, por lo que esta será la que se utilice para el cálculo de la cubierta. De la siguiente tabla se elige el valor máximo que soporta el panel de espesor 80 mm escogiendo el valor inmediatamente mayor que la carga calculada, para un soporte con 3 apoyos.

TABLA DE UTILIZACIÓN		LUCES EN METROS					
SOPORTE	Espesor (mm)	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
 3 APOYOS	30	230	190	140	90		
	40	260	220	170	115	75	53
	50	290	250	190	135	95	75
	80	420	380	300	240	190	147

La máxima luz admisible entre correas es de 2,0 m para una carga de $3,8 \text{ kN/m}^2$, por lo que este valor es admisible. Se ajusta mas la distancia de las correas en función de sus medidas. Cada cubierta tendrá un voladizo de 0,1 metros para la instalación de canalones, uniones o demás elementos. Así pues, la separación de correas de la nave grande (destinada a la producción) es de 1,975 metros, la nave mediana (destinada a almacén) es de 1,941 metros y la nave pequeña (destinada a vestuarios y oficinas) es de 1,98 metros. Como todas son inferior al valor máximo admisible, esta distancia entre correas es completamente válida.

6. DIMENSIONAMIENTO DE CORREAS DE CUBIERTA

Se analizan de nuevo las acciones del viento, esta vez sobre las correas, ya que la cubierta tendrá correas con cargas más críticas debido a que la carga del viento no es uniforme y en algunas zonas es mayor que en otras. El resto de acciones son uniformes en toda la superficie de cubierta.

Ésta vez es necesario multiplicar el valor de la carga por la anchura del área tributaria de las correas, que se puede aproximar a 2 metros.

6.1. RESUMEN DE ACCIONES

En este apartado se resumen todas las acciones que inciden sobre la cubierta, tanto paralelamente a su plano como horizontalmente para su posterior cálculo. Los valores siguientes son los correspondientes a la carga que soportan las correas.

PESO PROPIO

- $Q_{PP \perp} = 0,404 \text{ kN/m}$
- $Q_{PP \parallel} = 0,035 \text{ kN/m}$

USO

- $Q_U \perp = 0,794 \text{ kN/m}$
- $Q_U \parallel = 0,07 \text{ kN/m}$

NIEVE

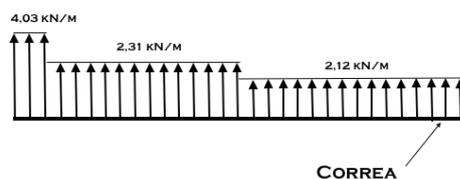
- $Q_{PP \perp} = 0,7 \text{ kN/m}$
- $Q_{PP \parallel} = 0,06 \text{ kN/m}$

VIENTO

El viento solo existe perpendicularmente a la superficie de la cubierta, cuando sopla horizontalmente no ejerce presión ni succión sobre la cubierta.

- $Q_{Vpres} = 0,89 \text{ kN/m}$ (uniforme en toda la correa)

- $Q_{V_{succ}} =$



6.2. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

La comprobación frente a los estados últimos supone, en el CTE DB SE-A, el análisis y la verificación ordenada de la resistencia de las secciones, de las barras y uniones.

En este caso, hay que comprobar la resistencia de la sección de las correas. Para ello es necesario conocer los momentos máximos a los que están sometidas para después mediante la siguiente fórmula poder realizar las comprobaciones.

$$\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} \leq f_{yd}$$

Se define resistencia de cálculo, f_{yd} , al cociente de la tensión de límite elástico y el coeficiente de seguridad del material:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M$$

siendo:

f_y tensión del límite elástico del material base (tabla 4.1). No se considerará el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

γ_M coeficiente parcial de seguridad del material. En este caso es el coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material γ_{M0} . El valor de este coeficiente es de 1,05.

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

La sección que se ha elegido es la sección de tipo IPE, ya que trabajan muy bien en el plano perpendicular a la cubierta. Hasta IPE 500 el espesor nominal es menor a 16 mm, por lo que el valor del límite elástico para este material (acero S275JR), es de 275 N/mm².

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 275 / 1,05 = 261,9 \text{ MPa}$$

Combinación de acciones

1) $0,8 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_{V\text{succ}}$

⊥) $0,8 \cdot Q_{PP\perp}$

∥) $0,8 \cdot Q_{PP\parallel} + 1,5 \cdot Q_{V\text{succ}\parallel}$

2) $1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_U$

⊥) $1,35 \cdot Q_{PP\perp} + 1,5 \cdot Q_{U\perp}$

∥) $1,35 \cdot Q_{PP\parallel} + 1,5 \cdot Q_{U\parallel}$

3) $1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_{V\text{pres}} + 0,5 \cdot 1,5 \cdot Q_N$

$$\perp) 1,35 \cdot Q_{PP\perp} + 1,5 \cdot Q_{Vpres\perp} + 0,5 \cdot 1,5 \cdot Q_{N\perp}$$

$$\parallel) 1,35 \cdot Q_{PP\parallel} + 0 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot Q_{N\parallel}$$

$$4) 1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_N + 0,6 \cdot 1,5 \cdot Q_{Vpres}$$

$$\perp) 1,35 \cdot Q_{PP\perp} + 1,5 \cdot Q_{N\perp} + 0,6 \cdot 1,5 \cdot Q_{Vpres\perp}$$

$$\parallel) 1,35 \cdot Q_{PP\parallel} + 1,5 \cdot Q_{N\parallel} + 0$$

Se introducen todas las combinaciones de hipótesis en el programa informático CESPLA, para obtener la resultante de cargas de todas las combinaciones y obtener los momentos máximos y mínimos que soportan las correas tanto en perpendicular (eje y), como en paralelo (eje z), para después realizar las comprobaciones correspondientes a la resistencia de la sección.

A continuación se muestran los momentos máximos en valor absoluto obtenidos de cada hipótesis y la aplicación de la formula anteriormente descrita con varios tamaños de perfiles diferentes para determinar las admisibles y las no admisibles.

	IPE 80	IPE 100	IPE 120	IPE 140	IPE 160	IPE 180	IPE 200
Wy	20030	34200	52960	77320	108660	146330	194320
Wz	3690	5790	8650	12310	16660	22160	28470

Hipótesis 1

My	6899000
Mz	45000

356,62	209,50	135,47	92,88	66,19	49,18	37,08	≤ 261,9 Mpa
--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------------

Hipótesis 2

My	2602000
Mz	253000

198,47	119,78	78,38	54,20	39,13	29,20	22,28	≤ 261,9 Mpa
--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------

Hipótesis 3

My	3735000
Mz	152000

227,66	135,46	88,10	60,65	43,50	32,38	24,56	≤ 261,9 Mpa
--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------

Hipótesis 4

My	3701000
Mz	236000

248,73	148,98	97,17	67,04	48,23	35,94	27,34	≤ 261,9 Mpa
--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------

Se observa que la hipótesis más crítica es la primera, ya que tiene momentos mayores. En esta hipótesis es en la única que no cumple la comprobación en un perfil, IPE 80, por lo que se elige el perfil IPE 100 porque es en todas las hipótesis admisible.

6.3. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Combinación de acciones

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

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

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;

1) $Q_{PP} + Q_{Vsucc}$

$$\perp) Q_{PP\perp}$$

$$\parallel) Q_{PP\parallel} + Q_{Vsucc\parallel}$$

2) $Q_{PP} + Q_U$

$$\perp) Q_{PP\perp} + Q_{U\perp}$$

$$\parallel) Q_{PP\parallel} + Q_{U\parallel}$$

3) $Q_{PP} + Q_{Vpres} + 0,5 \cdot Q_N$

$$\perp) Q_{PP\perp} + Q_{Vpres\perp} + 0,5 \cdot Q_{N\perp}$$

$$\parallel) Q_{PP\parallel} + 0 + 0,5 \cdot Q_{N\parallel}$$

4) $Q_{PP} + Q_N + 0,6 \cdot Q_{Vpres}$

$$\perp) Q_{PP\perp} + Q_{N\perp} + 0,6 \cdot Q_{Vpres\perp}$$

$$\parallel) Q_{PP\parallel} + Q_{N\parallel} + 0$$

Con las hipótesis tomadas, las mismas que en las comprobaciones últimas, pero esta vez sin coeficientes de seguridad, únicamente con coeficientes de simultaneidad. A continuación se exponen los desplazamientos máximos en cada hipótesis tanto paralelamente (eje z), como perpendicularmente (eje y).

1) $Q_{PP} + Q_{Vsuce}$

⊥) 15,6 mm

∥) 1,8 mm

2) $Q_{PP} + Q_U$

⊥) 5,6 mm

∥) 5,1 mm

3) $Q_{PP} + Q_{Vpres} + 0,5 \cdot Q_N$

⊥) 7,8 mm

∥) 3,3 mm

4) $Q_{PP} + Q_N + 0,6 \cdot Q_{Vpres}$

⊥) 7,7 mm

∥) 4,8 mm

Es necesario conocer la resultante de desplazamiento, para ello mediante la siguiente expresión se obtiene el desplazamiento total,

$$\delta = \sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{\parallel}^2} \leq \frac{L}{300}$$

El máximo desplazamiento admisible es una la parte 300 de la longitud entre pórticos. La longitud entre pórticos es de 4 metros, por lo que el máximo desplazamiento permitido es de $L/300 = 4000/300 = 13,33\text{mm}$. Se observa que la hipótesis número 1 no cumple la condición, sobrepasa el valor de la máxima flecha admisible, por ello, se aumenta el perfil en un valor (IPE 120).

Se comprueban los desplazamientos de nuevo con el nuevo perfil. Esta vez el desplazamiento en paralelo para la hipótesis 1 es de 2,8mm y perpendicularmente es de 8,4mm, por lo que aplicando la formula anteriormente descrita, el desplazamiento total es de

8,8mm. Este valor es menor que el valor máximo admisible, por lo tanto se considera como valido este valor.

PERFIL SELECCIONADO PARA CORREAS DE CUBIERTA **IPE 120**

7. ESTUDIO DE LA FACHADA

Como se ha descrito en otro apartado anterior, el panel escogido para el cerramiento de la fachada es un panel de fachada estándar de la marca Metalpanel. Es un panel con acabado convencional y económico para cerramientos de fachada. Para la suportación de los paneles es necesario el uso de correas, al igual que en el cerramiento de cubierta. Se procede a calcular la distancia a la que deberán estar estas correas en función a las cargas que soporta el cerramiento.



7.1. RESUMEN DE ACCIONES

En la fachada las únicas acciones que inciden sobre ella son la del peso propio y la del viento (succión y presión). El peso propio únicamente ejerce carga en el plano paralelo de la fachada y el viento, tanto succión y presión, en el plano perpendicular a la fachada. El resto de acciones como la sobrecarga de uso o nieve no existen. La nieve no se deposita sobre la fachada y no ejerce presión, y mucho menos la fachada será transitable.

$$Q_{PP} = 0,105 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Vpres} = 1,025 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Vsucc} = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

Combinación de acciones

La única acción perpendicular a la fachada es la del viento, por lo que solo se toma en cuenta esa acción para el estudio de la fachada. Es necesario aumentar esta carga con el

coeficiente de seguridad (1,5) para una acción variable desfavorable a la estabilidad de la estructura.

- $Q_{Vpres} = 1,025 \cdot 1,5 = 1,54 \text{ kN/m}^2$
- $Q_{Vsucc} = 1,6 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{240 \text{ kg/m}^2}$

La carga más crítica es cuando el viento succiona la fachada, por lo tanto, esa es la que se toma en cuenta para el cálculo de la cubierta. Una vez se tiene la carga máxima a la que estará sometido el panel, con la tabla de selección rápida se determina la distancia máxima permitida de separación entre correas para garantizar su estabilidad.

Sobrecarga de uso para panel fachada (en Kg/m ²) 2 vanos (3 apoyos)						
Espesor panel (mm)	Distancia entre apoyos (m)					
	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
35	220	158	104	82	55	--
40	244	182	138	123	97	--
50	306	228	183	155	121	75
60	--	256	215	179	140	94
80	--	320	290	264	203	155

Con el espesor de panel elegido, es necesario aproximarme al valor inmediatamente de la carga máxima que incide sobre la cubierta, en este caso la distancia máxima admisible para una carga de 264 kg/m^2 es de 3 metros.

En las fachadas con una altura de 10 metros es necesario quitarle dos metros que es la altura del muro inferior de hormigón prefabricado. En esta fachada se colocarán 4 correas separadas por una distancia de 2,6 metros entre ellas. En las fachadas con menor altura, 7 metros, de los cuales son 5 metros reales, debido al muro de 2 metros de altura de hormigón prefabricado, se colocarán 3 correas separadas a una distancia de 2,4 metros.

8. DIMENSIONAMIENTO DE CORREAS DE LA FACHADA

Las correas es necesario dimensionarlas de nuevo como las de cubierta, utilizando la carga que incide sobre ellas. Para ello es necesario calcular la carga que incide sobre ellas, que se calcula multiplicando el valor de dicha carga por el área tributaria que abarca la correa. En este caso se va a utilizar un área tributaria de 2,6 metros, ya que es la mayor y la carga será más desfavorable.

8.1. RESUMEN DE ACCIONES

PESO PROPIO

Como acción del peso propio se toma en cuenta el peso del panel y de las correas, que en este caso se estimará el peso como si fueran de un perfil IPE 120.

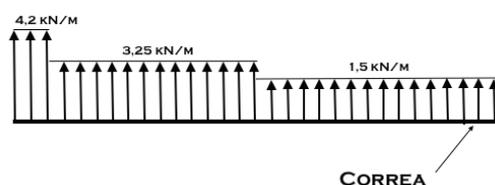
$$Q_{PP} = PP_{fachada} + PP_{correas} = 0,38 \text{ kN/m}$$

VIENTO

Se tienen dos sentidos opuestos de carga. Uno succionará el panel y el otro ejercerá presión sobre el panel.

$$Q_{Vpres} = 2,66 \text{ kN/m}$$

$$Q_{Vsucc} =$$



8.2. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

La comprobación frente a los estados últimos supone, en el CTE DB SE-A, el análisis y la verificación ordenada de la resistencia de las secciones, de las barras y uniones.

En este caso, hay que comprobar la resistencia de la sección de las correas. Para ello es necesario conocer los momentos máximos a los que están sometidas para después mediante la siguiente fórmula poder realizar las comprobaciones.

$$\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} \leq f_{yd}$$

Se define resistencia de cálculo, f_{yd} , al cociente de la tensión de límite elástico y el coeficiente de seguridad del material:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M$$

siendo:

f_y tensión del límite elástico del material base (tabla 4.1). No se considerará el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

γ_M coeficiente parcial de seguridad del material. En este caso es el coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material γ_{M0} . El valor de este coeficiente es de 1,05.

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico			Tensión de rotura	
	f_y (N/mm ²)			f_u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

La sección que se ha elegido es la sección de tipo IPE, ya que trabajan muy bien en el plano perpendicular a la cubierta. Hasta IPE 500 el espesor nominal es menor a 16 mm, por lo que el valor del límite elástico para este material (acero S275JR), es de 275 N/mm².

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 275 / 1,05 = 261,9 \text{ MPa}$$

Combinación de acciones

$$1) 1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_{Vsucc}$$

$$\perp) 1,5 \cdot Q_{Vsucc\perp}$$

$$\parallel) 1,35 \cdot Q_{PP\parallel}$$

$$2) 1,35 \cdot Q_{PP} + 1,5 \cdot Q_{Vpres}$$

$$\perp) 1,5 \cdot Q_{Vpres\perp}$$

$$\parallel) 1,35 \cdot Q_{PP\parallel}$$

Se introducen todas las combinaciones de hipótesis en el programa informático CESPLA, para obtener la resultante de cargas de todas las combinaciones y obtener los momentos máximos y mínimos que soportan las correas tanto en perpendicular (eje y), como en paralelo (eje z), para después realizar las comprobaciones correspondientes a la resistencia de la sección.

A continuación se muestran los momentos máximos en valor absoluto obtenidos de cada hipótesis y la aplicación de la formula anteriormente descrita con varios tamaños de perfiles diferentes para determinar las admisibles y las no admisibles.

	IPE 80	IPE 100	IPE 120	IPE 140	IPE 160	IPE 180	IPE 200
Wy	20030	34200	52960	77320	108660	146330	194320
Wz	3690	5790	8650	12310	16660	22160	28470

Hipótesis 1

My	8930000
Mz	862000

679,44	409,99	268,27	185,52	133,92	99,93	76,23	≤	261,9 Mpa
--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	---	--------------

Hipótesis 2

My	6743000
Mz	862000

570,25	346,04	226,98	157,23	113,80	84,98	64,98	≤	261,9 Mpa
--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	---	--------------

El mínimo perfil admisible para estas combinaciones de acciones es un perfil IPE 140. Antes de seleccionarlo como el perfil definitivo es necesario comprobar de nuevo el estado límite de servicio para las correas de fachada.

8.3. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Combinación de acciones

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

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

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

1. todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);

2. una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
3. una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;

1. $Q_{PP} + Q_{Vsucc}$

⊥) $Q_{Vsucc⊥}$

∥) $Q_{PP∥}$

2. $Q_{PP} + Q_{Vpres}$

⊥) $Q_{Vpres⊥}$

∥) $Q_{PP∥}$

Con las hipótesis tomadas, las mismas que en las comprobaciones últimas, pero esta vez sin coeficientes de seguridad, únicamente con coeficientes de simultaneidad. A continuación se exponen los desplazamientos máximos en cada hipótesis tanto paralelamente (eje z), como perpendicularmente (eje y).

1) $Q_{PP} + Q_{Vsucc}$

⊥) 5,8 mm

∥) 6,8 mm

2) $Q_{PP} + Q_{Vpres}$

⊥) 4,0 mm

∥) 6,8 mm

Es necesario conocer la resultante de desplazamiento, para ello mediante la siguiente expresión se obtiene el desplazamiento total,

$$\delta = \sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{\parallel}^2} \leq \frac{L}{300}$$

El máximo desplazamiento admisible es una la parte 300 de la longitud entre pórticos. La longitud entre pórticos es de 4 metros, por lo que el máximo desplazamiento permitido es de $L/300 = 4000/300 = 13,33\text{mm}$. Como se cumplen todas las comprobaciones, se puede dar este perfil como definitivo.

PERFIL SELECCIONADO PARA CORREAS DE CUBIERTA **IPE 140**

9. PUENTE GRÚA

La nave principal, destinada a la producción, será la que dispondrá de un puente grúa. Tendrá un recorrido en toda la longitud de la nave, una luz entre carriles de 24 metros y capacidad para levantar cargas de hasta 5 Tn.

Como mejor solución se ha optado por una grúa puente birraíl modelo ZLK de la marca ABUS.

El modelo que se ha escogido para instalarlo en la nave es el siguiente indicado en la tabla:

Carga, Polipasto ¹⁾	S ²⁾ m	A1 mm	K1 mm	C1 mm	L1 mm	L2 mm	Z min mm	Hmax ³⁾ mm	R mm	LK mm	Carga rueda kN	
											R max	R min
5000 kg	10	200	770	-50	660	660	150	9000	2700	1605	30.6	6.9
Polipasto de cable	14	300	770	-50	660	660	150	9000	2700	1605	33.5	8.7
GM 1050 H6	16	300	770	-50	660	660	150	9000	2700	1630	35.5	10.4
FEM 2m	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
	22	460	810	-90	660	660	170	9000	3200	1895	42.7	17.0
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
	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

Características y ficha técnica:

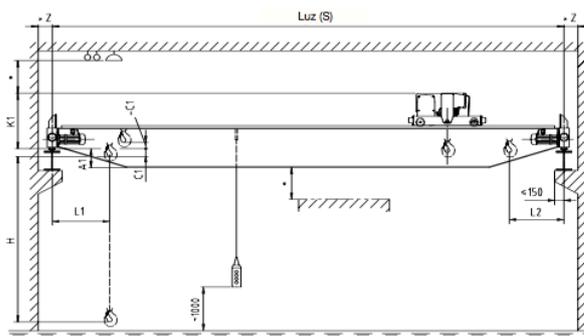
Observaciones generales respecto al diseño	
Diseño básico	DIN 15018, H2/B3 funcionamiento en interior, sin pasarela en la grúa sin cabina del conductor tensión de funcionamiento 400 V / 50 Hz
Velocidades de traslación de la grúa	EDL : 7.5/30 m/min ELV / ELK / ZLK : 10/40 m/min
Velocidades de traslación del carro	ELV / ELK / EDL / ZLK : 5/20 m/min Estándar – están disponibles otras velocidades
Flacha	<= 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



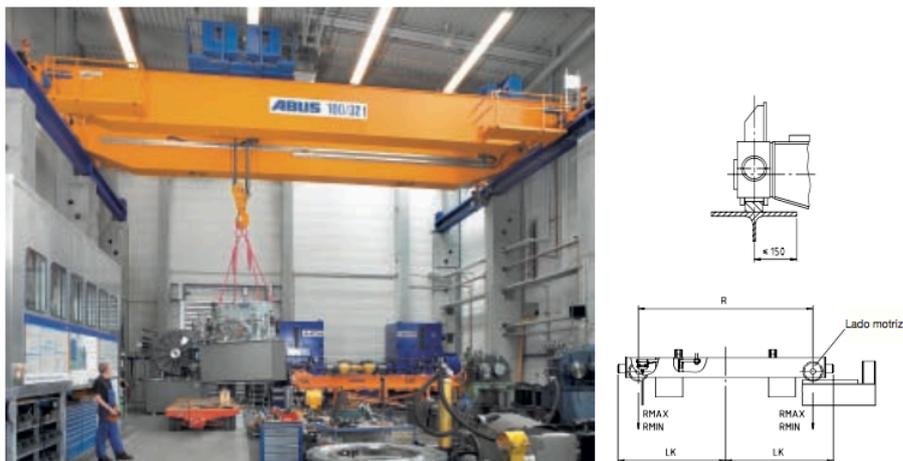
Las medidas A1, C1 y K1 se pueden cambiar para ajustarlas a las condiciones del edificio de cada caso concreto, simplemente elevando la parte inferior de la viga principal hasta la parte inferior del testero.

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.



A continuación se describe el proceso que se ha seguido para la selección de este modelo.

9.1. ACCIONES DEL PUENTE GRÚA

Una vez obtenidos todos los datos y las especificaciones técnicas requeridos (obtenidos de la ficha técnica), se procede a estimar las consideraciones y cálculos adoptados para su selección. Todos los apartados de esta selección se han basado en la norma UNE 76201-88.

➤ Documentación característica y técnica

- Puente grúa birraíl del catálogo de puentes grúa ABUS.
- Referencia: 5000kg Polipasto de cable GM 1050 H6 FEM 2m.
- Luz entre carriles: 24 metros.
- Capacidad: 5 Tn.
- Distancia entre ruedas: 3800 mm.
- Reacción máxima vertical por cada rueda: 45,7 kN.
- Reacción mínima vertical por cada rueda: 19,7 kN.
- Velocidad máxima del puente (lenta): 10 m/min.
- Velocidad máxima del carro (rápida): 20 m/min.

➤ Clasificación de los aparatos de elevación

En función de la utilidad del puente grúa, se determina la clase de utilización, el estado de caga y el grupo. Se determina mediante la tabla 1 del documento UNE 76201-88.

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.

La utilización de la nave será para el taller y portará un gancho para facilitar el enganche de materiales, cuerdas, cinchas, etc. Para este tipo de puentes grúa tiene una clase de utilización de clase B, un estado de carga 1-2 y del grupo 3-4, como se observa en la tabla superior.

➤ Condiciones de utilización

Siguiendo con el documento Une 76201-88, se procede a elegir las condiciones de utilización de la siguiente tabla. Como la utilización del puente grúa será regular en servicio intermitente, con numerosos periodos de paro, se escogen unas condiciones de utilización de tipo U₅.

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	

➤ Estado de carga

La utilización de este puente grúa se utilizará para levantar raramente la carga útil y corrientemente cargas muy pequeñas, por lo que las condiciones de carga son de tipo Q1-Ligero, como se puede observar en la tabla inferior.

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

➤ GRUPO

Para determinar el grupo, es necesario entrar en la siguiente tabla con los parámetros de las condiciones de carga (Q1-Ligero) y las condiciones de utilización (U₅).

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

Se determina que el grupo clasificatorio para este puente grúa es el grupo 4.

➤ Coeficiente de mayoración dinámico

Se entra en la siguiente tabla del documento para determinar los coeficientes de mayoración dinámicos de las cargas. Como es de grupo 4, se elige dicho grupo compartiendo coeficientes con el grupo 3.

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

➤ Acciones verticales de las ruedas del puente grúa

Las acciones de las ruedas del puente en movimiento se obtienen a partir de las acciones estáticas máximas correspondientes, multiplicándolas por un coeficiente de efectos dinámicos. Con la notación establecida:

$$V_d = \varphi \cdot V$$

La tabla 5 del anterior apartado recoge los valores del coeficiente φ correspondiente a los distintos grupos de puentes grúa, tanto para las vigas del camino de rodadura como para los soportes de las mismas, estos valores corresponden al caso de que,

tanto el carril como las ruedas, estén en buen estado y que las maniobras se efectúen normalmente.

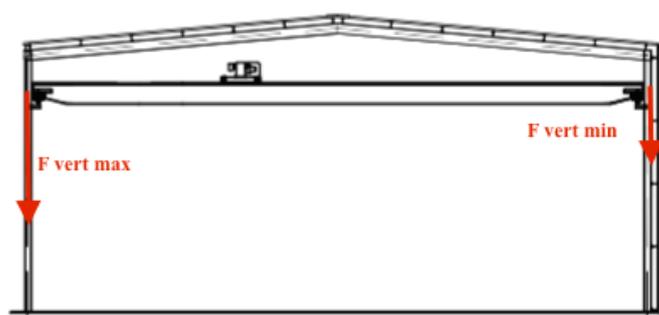
Cuando sobre una viga carrilera actúe simultáneamente más de un puente grúa, se aplicará el valor reducido del coeficiente de efectos dinámicos.

Los inconvenientes provenientes de un mal estado del camino de rodadura, juntas defectuosas, carriles sin el necesario grado de fijación, o del mal estado de las ruedas, rueda aplanada, son imposibles de tener en cuenta con un valor alguno del coeficiente de efectos dinámicos.

- Primeramente, se contempla la sollicitación generada en la viga:
 - $F_{\text{VERTmax}} 1,15 \cdot 2 \cdot 45,7 = 105,11 \text{ kN}$
 - $F_{\text{VERTmin}} 1,15 \cdot 2 \cdot 19,7 = 45,31 \text{ kN}$

- Después, se procede a calcular los mismos análisis, pero esta vez para las cargas surgidas en el pilar:
 - $F_{\text{VERTmax}} 1,0 \cdot 2 \cdot 45,7 = 91,4 \text{ kN}$
 - $F_{\text{VERTmin}} 1,0 \cdot 2 \cdot 19,7 = 39,4 \text{ kN}$

*Las fuerzas se multiplican por 2, debido al número de ruedas considerado.



➤ Acciones horizontales longitudinales

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:

- 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 $0,4 \text{ m/s}^2$ 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.

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

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

debiendo tomarse como valor del coeficiente de adherencia:

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

$f = 0,2$ en caminos secos.

Se considerará que la carga se halla en su posición más elevada, y no se tendrá en cuenta su oscilación. Las acciones longitudinales se considerarán repartidas por igual en los dos

carriles, siempre que su valor no esté limitado por la adherencia entre rueda y carril. En caso contrario, se repartirá en dos fuerzas desiguales, de la manera siguiente:

Reacción longitudinal menor:

$$H_{l2} = f k_p \sum V_2$$

Reacción longitudinal mayor:

$$H_{l1} = \sum H_{lmax} - H_{l2}$$

siendo $\sum V_2 = \sum V_{min}$ la suma de las acciones verticales estáticas ejercidas por las ruedas de la viga testera menos cargada.

Para el cálculo de los soportes se adoptará:

$$H_l = 0,2 \sum V k_p$$

siendo $\sum V$ la suma de todas las acciones estáticas ejercidas por las ruedas de la viga testera correspondiente.

Se procede al cálculo con la formula anteriormente descrita:

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

Donde cada sigla corresponde con:

Q = Carga

P = puente

C = Carro

$$(Q + P + C) = (1,0 \cdot 2 \cdot 45,7 + 1,0 \cdot 2 \cdot 19,7) = 130,8 \text{ kN}$$

J_p: aceleración media (tabla 6 del documento UNE 76201-88).

Velocidad máxima del puente (lenta): 10 m/min = 0,16 m/s

Como se observa en la tabla 6, para un valor de velocidad máxima del puente (lenta) de 0,16 m/s, el valor de la aceleración media corresponde a $J_p = 0,064 \text{ m/s}^2$.

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				

f: coeficiente de adherencia (fricción). Como bien se ha descrito anteriormente existen dos casos, en este caso se escogerá el valor de caminos de rodadura secos. ($f = 0,20$)

k_p : este valor viene descrito por la siguiente expresión,

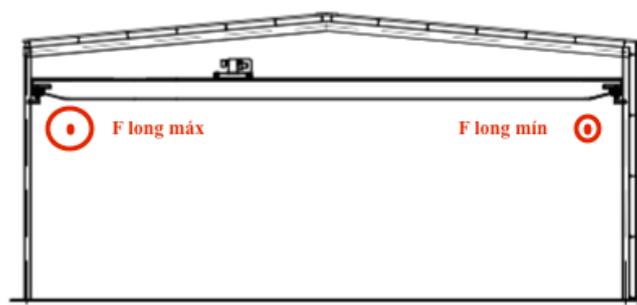
$$k_p = \frac{n^{\circ} \text{ de ruedas motrices}}{n^{\circ} \text{ total de ruedas}} = \frac{2}{4} = 0,5$$

De modo que para la situación expuesta, el número de ruedas motrices corresponde con la mitad del total de ruedas, obteniendo un valor de 0,5 para el coeficiente k_p .

Finalmente se introducen todos los parámetros calculados en la expresión de la fuerza longitudinal y se realiza la comprobación.

$$F_{long} = 130,8 \cdot \frac{2 \cdot 0,064}{9,81} \leq 130,8 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \rightarrow 1,70 \text{ kN} \leq 13,8 \text{ kN} \rightarrow \text{cumple}$$

Como la ecuación se cumple, se continua con el dimensionamiento, siempre tomando en cuenta la situación mas desfavorable para el cálculo.



$$F_{long\ máx} = F_{vert\ máx} \cdot \frac{2 \cdot J_p}{g} = 1,19\ kN$$

$$F_{long\ mín} = F_{vert\ mín} \cdot \frac{2 \cdot J_p}{g} = 0,26\ kN$$

➤ Acciones horizontales transversales

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 se 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 $0,2\ m/s^2$ como aceleración media.

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

$$\sum H_{cmax} = (Q + C) \left(\omega + \frac{2j_c}{g} \right) \leq (Q + C) f k_c$$

siendo los valores del coeficiente de adherencia los mismos anterior.

Donde cada sigla corresponde con:

$$\begin{array}{l}
 Q = \text{Carga} \\
 C = \text{Carro}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} Q \\ C \end{array}} \right\} (Q + C) = 50 \text{ kN} + 22 \text{ kN} = 72 \text{ kN}$$

J_p: aceleración media (tabla 6 del documento UNE 76201-88).

Velocidad máxima del carro (rápida): 20 m/min = 0,33 m/s

Como se observa en la tabla 6, para un valor de velocidad máxima del carro (rápida) de 0,33m/s, el valor de la aceleración media corresponde a $J_p = 0,088 \text{ m/s}^2$. El valor de J_p se obtiene mediante la interpolación lineal de los valores marcados en la tabla 6.

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				

f: coeficiente de adherencia (fricción). Como bien se ha descrito anteriormente existen dos casos, en este caso se escogerá el valor de caminos de rodadura secos. ($f = 0,20$)

k_p: este valor viene descrito por la siguiente expresión,

$$k_p = \frac{n^\circ \text{ de ruedas motrices}}{n^\circ \text{ total de ruedas}} = \frac{2}{4} = 0,5$$

De modo que para la situación expuesta, el número de ruedas motrices corresponde con la mitad del total de ruedas, obteniendo un valor de 0,5 para el coeficiente k_p .

Finalmente se introducen todos los parámetros calculados en la expresión de la fuerza transversal y se realiza la comprobación.

$$F_{long} = 72 \cdot \frac{2 \cdot 0,088}{9,81} \leq 72 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \rightarrow 1,29 \text{ kN} \leq 7,2 \text{ kN} \rightarrow \text{cumple}$$

Como la ecuación se cumple, se continua con el dimensionamiento, siempre tomando en cuenta la situación mas desfavorable para el cálculo.

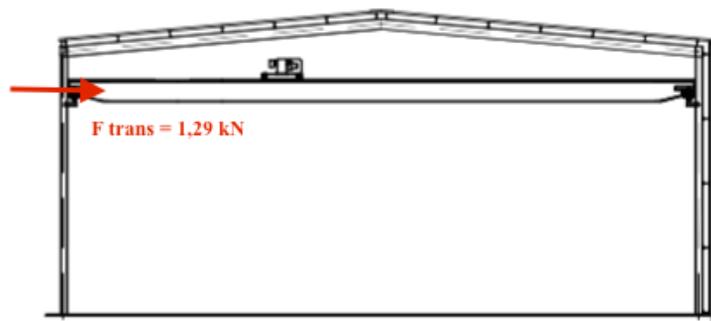


Tabla A-2
Pesos, acciones de rueda y factor ω de resistencia por fricción (continuación)

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	Puente P kN	Total (C+P) kN	V _{máx} kN	V _{mín} kN	Carro C kN	Puente P kN	Total (C+P) kN	V _{máx} kN	V _{mín} kN	Carro C kN	Puente P kN	Total (C+P) kN	V _{máx} kN	V _{mín} kN	Carro C kN	Puente P kN	Total (C+P) kN			
200/50	10,0	1		146,0	23,0	164,3	50,7		150,0	23,5	165,8	51,7		157,0	25,0	171,1	53,9		177,0	27,0	179,5	55,5	
	13,0			166,0	25,0	172,6	52,4		170,0	25,0	174,0	53,5		177,0	27,0	179,5	55,5		187,0	29,0	186,0	57,5	
	16,0			196,0	28,0	182,1	57,9		200,0	28,5	183,6	58,9		207,0	30,0	189,1	60,9		217,0	32,0	191,0	62,9	
300/50	19,0	1	84,0	236,0	32,0	193,5	66,5	85,0	240,0	32,5	195,0	67,5	93,0	242,0	33,5	199,3	68,2		277,0	37,0	209,1	75,9	
	22,0			271,0	35,0	204,5	73,0		275,0	36,0	204,8	75,2		282,0	37,0	209,1	75,9		297,0	40,0	217,0	79,0	
	25,0			321,0	40,0	216,6	85,9		325,0	41,0	218,1	86,3		332,0	42,0	222,4	87,6		347,0	45,0	229,1	90,6	
500/100	28,0	1		376,0	46,0	230,9	99,1		380,0	46,5	232,4	100,1		382,0	47,0	236,8	101,0		402,0	50,0	242,0	105,0	
	31,0			421,0	50,0	242,7	103,8		425,0	51,0	244,2	110,8		427,0	52,0	248,5	111,5		447,0	55,0	253,5	115,5	
	10,0			223,0	33,5	239,1	78,4		230,0	35,0	244,4	80,6		240,0	36,5	249,1	83,4		255,0	40,0	263,3	86,7	
300/50	13,0	1		263,0	37,5	254,3	83,2		270,0	39,0	259,7	85,3		275,0	40,0	263,3	86,7		290,0	43,0	273,0	90,0	
	16,0			298,0	41,0	266,3	88,7		305,0	42,5	271,8	90,7		310,0	43,5	277,9	94,6		320,0	44,5	277,9	94,6	
	19,0			348,0	46,0	281,1	98,9	12,0	355,0	47,5	286,6	100,9	12,5	375,0	50,0	293,3	106,1		385,0	51,0	293,3	106,1	
500/100	22,0	1		398,0	50,0	294,0	108,6		400,0	52,0	299,5	110,5		420,0	54,5	305,9	115,6		430,0	55,0	305,9	115,6	
	25,0			438,0	55,0	306,4	118,6		445,0	56,5	312,0	120,5		465,0	59,0	319,4	125,6		475,0	60,0	319,4	125,6	
	28,0			493,0	60,0	321,2	131,3		500,0	62,0	326,8	133,3		530,0	65,5	336,7	140,8		540,0	66,5	336,7	140,8	
500/100	31,0	1		548,0	66,0	335,7	144,3		555,0	67,5	341,3	146,2		575,0	70,0	348,7	151,5		585,0	71,0	348,7	151,5	
	10,0			280,0	45,0	363,6	113,9		290,0	47,0	368,3	116,7		305,0	49,0	374,8	120,0		315,0	50,0	374,8	120,0	
	13,0			325,0	50,0	385,0	115,0		335,0	51,5	389,8	117,8		345,0	53,0	394,5	121,0		355,0	53,0	394,5	121,0	
500/100	16,0	1		375,0	55,0	403,8	121,2		385,0	56,5	408,6	123,9		400,0	58,5	414,7	127,8		410,0	59,0	414,7	127,8	
	19,0			425,0	60,0	420,7	129,3	18,0	435,0	61,5	425,5	132,0	18,5	460,0	64,5	434,1	138,4		470,0	66,0	434,1	138,4	
	22,0			475,0	65,0	436,3	138,7		485,0	66,5	441,2	141,3		505,0	69,0	448,5	146,5		515,0	70,0	448,5	146,5	
500/100	25,0	1		530,0	70,0	452,5	150,0		540,0	72,0	457,3	152,7		555,0	74,0	463,4	156,6		565,0	75,0	463,4	156,6	
	28,0			530,0	75,0	466,8	160,7		590,0	77,0	471,7	163,3		610,0	79,5	479,1	168,4		620,0	80,0	479,1	168,4	
	31,0			650,0	82,0	485,8	176,7		660,0	84,0	490,7	179,3		675,0	86,0	496,3	183,1		685,0	87,0	496,3	183,1	

9.2. SITUACIONES POSIBLES DEBIDAS AL PUENTE GRÚA

Con el objetivo de incluir las solicitaciones 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 el puente y el carro nunca se encuentran en movimiento síncrono, es decir, cuando se produce el movimiento del carro, el puente se encontrará estático 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:

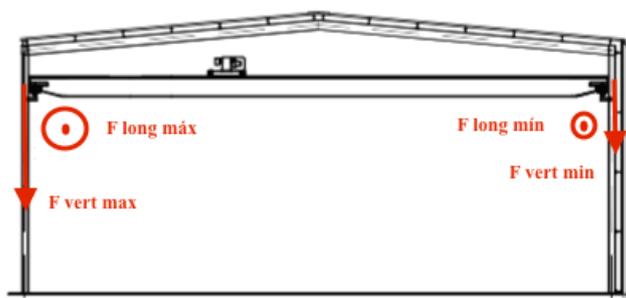
- En la viga carril, tanto a izquierda como a derecha, fuerzas:
 - Verticales: producidas por el peso propio de la viga carril y de las fuerzas verticales.
 - Transversales: producidas por el frenado del carretón.
 - Longitudinales: producidas por el frenado del puente grúa.

- Sobre los pilares del pórtico que van soldadas a la mensula que sirve de apoyo a la viga carril:
 - Verticales: producidas por el peso propio de la viga carril y de las fuerzas verticales.
 - Transversales: producidas debido al frenado del carretón.

- Sobre el entramado lateral actúan las fuerzas:
 - Longitudinales: producidas por consecuencia del frenado del puente grúa.

SITUACIÓN 1:

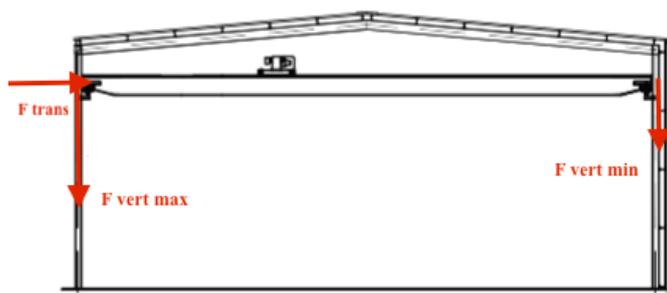
En esta situación, tanto las fuerzas verticales como las longitudinales intervienen de forma decisiva en el complejo industrial estimado, sin embargo, las transversales son inexistentes dado que el carro permanece parado.



SITUACIÓN 2:

De modo que en esta situación las solicitaciones verticales provocadas por la grúa puente son las mismas puesto que nuestro coeficiente de mayoración de 1,0.

Obteniendo el siguiente esquema,



10. CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL

La viga carril estará formada por un perfil metálico HEB 300 y un carril SA-75 (gastadas) diseñadas y calculadas según Euronorm 53-62 + DIN 536-1.

10.1. CONDICIONES DE PARTIDA

Para el cálculo de la viga en estudio, se considerará las fuerzas verticales producidas por cada rueda debido al peso del puente grúa con la carga máxima y la fuerza horizontal producida por el frenado y aceleración del carro.

La viga carril se comportará como una viga continua a lo largo 7 vanos apoyados sobre 8 pórticos en 28 metros de longitud. La grúa que se instala es una grúa birraíl ZLK de la marca ABUS, con una luz de 24 metros y colocada a una altura de 8 metros.

Datos a considerar para el cálculo de la viga carril:

- Capacidad del puente grúa: 5 Tn.
- Distancia entre ruedas: 3800 mm.
- Reacciones por rueda: $R_{\text{máx}} = 45,7 \text{ kN}$; $R_{\text{mín}} = 19,7 \text{ kN}$.
- Coeficiente de mayoración dinámico: 1,15.

Aunque se ha considerado un coeficiente dinámico de mayoración, es necesario utilizar un coeficiente de seguridad. En este caso se usará un coeficiente de seguridad de 1,5 para tener la seguridad a favor.

Por lo que finalmente se obtienen las siguientes fuerzas verticales máximas y mínimas y la fuerza transversal, que ésta únicamente se mayorará con el coeficiente de seguridad.

$$F_{\text{VERTmáx}} = 1,15 \cdot 1,5 \cdot 45,7 = 78,83 \text{ kN}$$

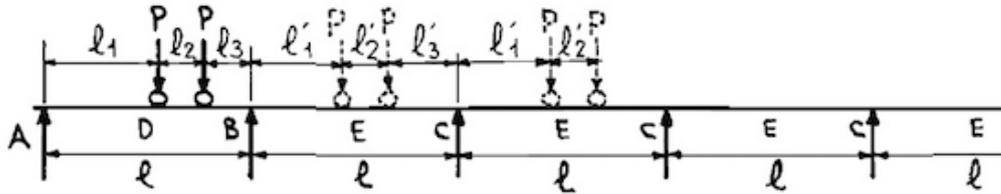
$$F_{\text{VERTmín}} = 1,15 \cdot 1,5 \cdot 19,7 = 33,98 \text{ kN}$$

$$F_{\text{TRANS}} = 1,29 \cdot 1,5 = 1,93 \text{ kN}$$

Momento flector

Para el análisis del mayor momento flector debido a las reacciones del puente grúa, para una viga apoyada en más de tres vanos, con dos cargas concentradas iguales y móviles, es necesario recurrir a la tabla de la pagina 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)



l_2	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·l	0,206·P·l	0,616·l	0,172·P·l	0,437·l	0,409·P·l	0,495·l	0,345·P·l	2,000·P	2,013·P
0,05	0,552·l	0,206·P·l	0,590·l	0,172·P·l	0,417·l	0,396·P·l	0,489·l	0,321·P·l	1,937·P	2,011·P
0,10	0,525·l	0,204·P·l	0,563·l	0,171·P·l	0,407·l	0,364·P·l	0,484·l	0,299·P·l	1,874·P	2,004·P
0,15	0,497·l	0,201·P·l	0,534·l	0,168·P·l	0,398·l	0,343·P·l	0,479·l	0,279·P·l	1,811·P	1,994·P
0,20	0,469·l	0,197·P·l	0,504·l	0,164·P·l	0,389·l	0,323·P·l	0,474·l	0,261·P·l	1,749·P	1,979·P
0,25	0,439·l	0,192·P·l	0,472·l	0,159·P·l	0,380·l	0,304·P·l	0,470·l	0,243·P·l	1,687·P	1,961·P
0,30	0,408·l	0,186·P·l	0,438·l	0,153·P·l	0,372·l	0,287·P·l	0,466·l	0,226·P·l	1,627·P	1,937·P
0,35	0,375·l	0,179·P·l	0,402·l	0,147·P·l	0,366·l	0,271·P·l	0,462·l	0,212·P·l	1,568·P	1,911·P
0,40	0,342·l	0,170·P·l	0,365·l	0,139·P·l	0,361·l	0,256·P·l	0,458·l	0,200·P·l	1,510·P	1,881·P
0,45	0,307·l	0,161·P·l	0,327·l	0,146·P·l	0,357·l	0,242·P·l	0,455·l	0,190·P·l	1,454·P	1,847·P
0,50	0,275·l	0,160·P·l	0,288·l	0,153·P·l	0,351·l	0,229·P·l	0,453·l	0,180·P·l	1,399·P	1,810·P
0,55	0,200·l	0,167·P·l	0,253·l	0,160·P·l	0,345·l	0,218·P·l	0,450·l	0,172·P·l	1,347·P	1,771·P
0,60	0,675·l	0,172·P·l	0,698·l	0,164·P·l	0,348·l	0,208·P·l	0,408·l	0,165·P·l	1,297·P	1,728·P
0,65	0,651·l	0,176·P·l	0,674·l	0,168·P·l	0,350·l	0,199·P·l	0,409·l	0,159·P·l	1,249·P	1,683·P
0,70	0,627·l	0,180·P·l	0,648·l	0,170·P·l	0,354·l	0,191·P·l	0,410·l	0,155·P·l	1,204·P	1,633·P
0,75	0,603·l	0,181·P·l	0,623·l	0,172·P·l	0,357·l	0,185·P·l	0,411·l	0,151·P·l	1,162·P	1,583·P
0,80	0,579·l	0,182·P·l	0,598·l	0,171·P·l	0,361·l	0,180·P·l	0,413·l	0,148·P·l	1,123·P	1,529·P
0,85	0,555·l	0,181·P·l	0,574·l	0,170·P·l	0,368·l	0,177·P·l	0,414·l	0,146·P·l	1,087·P	1,474·P
0,90	0,532·l	0,180·P·l	0,549·l	0,167·P·l	0,374·l	0,174·P·l	0,416·l	0,145·P·l	1,054·P	1,417·P
0,95	0,517·l	0,178·P·l	0,524·l	0,164·P·l	0,386·l	0,173·P·l	0,418·l	0,145·P·l	1,025·P	1,358·P
1,00	0,487·l	0,174·P·l	0,499·l	0,159·P·l	0,392·l	0,173·P·l	0,420·l	0,145·P·l	1,000·P	1,297·P

Se considera:

- $L_2 = 3800$ mm (distancia entre ruedas).
- $L = 4000$ mm (distancia entre pórticos).

Se obtiene para la zona D de la figura superior:

- $L_2 / L = 0,95$
- $L_1 = 0,386 \cdot L = 0,386 \cdot 4 = 1,544$ metros
- $Mf_D = 0,173 \cdot P \cdot L = 0,173 \cdot 78,83 \cdot 4 = 54,55$ kNm

Flecha máxima

A continuación se comprueban las flechas máximas admisibles.

- Flecha vertical admisible: $L / 750 = 4000 / 750 = 5,33$ mm.
- Flecha horizontal admisible: $L / 1000 = 4000 / 1000 = 4$ mm.

Abolladura del alma

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

$$\frac{d}{t} = 70\varepsilon$$

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,

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

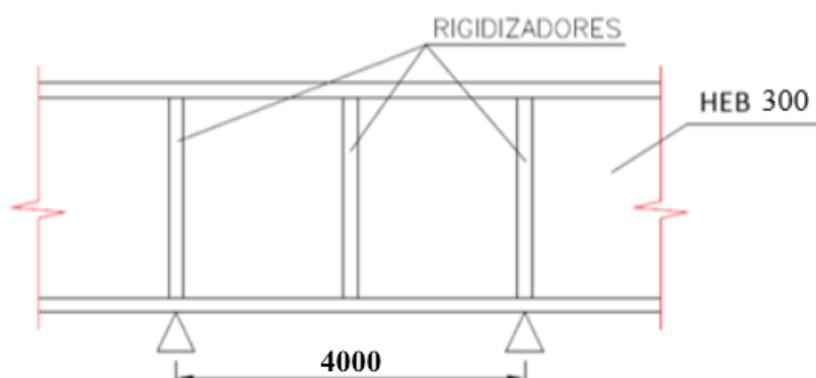
τ_b depende del caso de λ_w

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

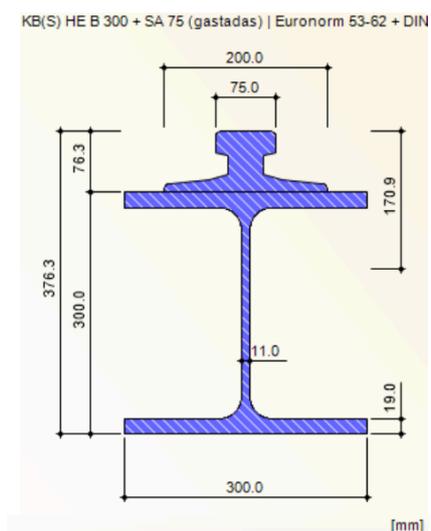
Pandeo lateral

De acuerdo con el CTE DB SE-A, no será necesario 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.



Perfil final



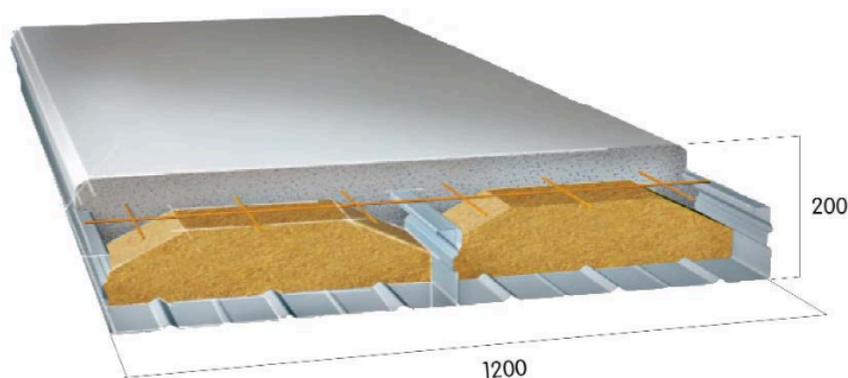
11. CÁLCULO DEL FORJADO DE LA ENTREPLANTA

Para el forjado de la entreplanta se ha elegido un forjado prefabricado modelo Cofradal 200 de la marca Arval. Es un forjado sencillo, ligero y fácil de montar, lo que agilizará el tiempo de montaje de la nave industrial.

11.1. CONDICIONES DE USO

COFRADAL 200 es un sistema de forjado mixto acero-hormigón, prefabricado en fábrica y listo para colocar. La ausencia de apuntalamiento, de todo hormigón añadido y una gran rapidez de colocación hacen de este forjado una solución económica. La presencia de lana de roca confiere al COFRADAL 200 además de la calidad mecánica, rendimientos térmicos, acústicos y de resistencia al fuego. Además es de dos a tres veces más ligero que los forjados tradicionales de hormigón y permite alcanzar luces de hasta 7 metros, disminuyendo el coste de la estructura de carga del edificio considerablemente.

Destinado como forjado corriente de todo tipo de construcción, desde la edificación terciaria hasta la industrial y la residencial, el COFRADAL 200 acepta sobrecargas de uso pequeñas o grandes. También puede ser utilizado como forjado sanitario al cual debe poder accederse y estar ventilado.



11.2. COMPOSICIÓN

El sistema COFRADAL 200 está compuesto por un perfil metálico, cuya forma permite el encaje de los módulos entre sí. La lana de roca asegura la función de encofrado de la losa de hormigón y le confiere aislamiento térmico, acústico y colabora en la protección

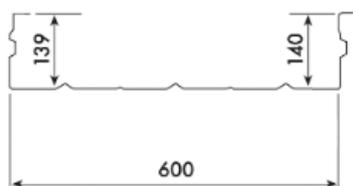
contra incendios. Existe también un mallazo soldado que asegura una perfecta conexión entre el perfil y el hormigón. El hormigón tiene una resistencia mínima de 30 Mpa. Las juntas de los paneles se rellenan en obra con un mortero de retracción controlado.

Dentro de cofradal hay dos versiones, la prefabricada y el cofradal PAC “listo para verter” donde se suministra el sistema sin el hormigón, el cual se hormigona in situ.

Los acabados del perfil pueden ser pre lacados.

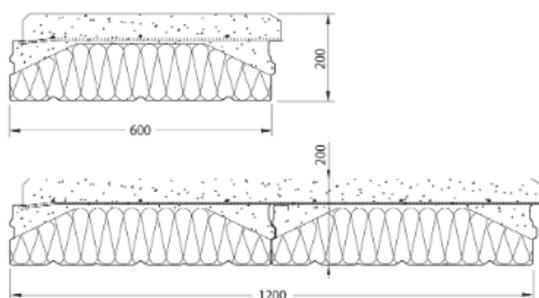
11.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL									
Espesor nominal del perfil	Masa por m ² útil	Sección activa del acero	Inercia propia del perfil	Posición fibra neutra	Módulo de inercia	Límite elástico Fe mín.	Límite de rotura Rm	Alargamiento Re	Módulo de elasticidad Ea
mm	daN/m ²	cm ² /ml	cm ⁴ /ml	cm	cm ³ /ml	N/mm ²	N/mm ²	%	N/mm ²
1.0	12.47	15.80	541,33	2.22	175.72	320	390	17	210000

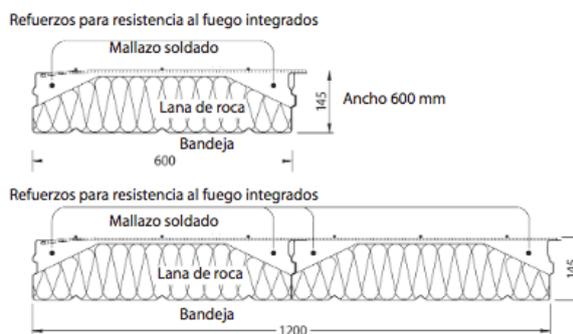


CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA COFRADAL 200							
Espesor nominal del perfil	Peso del forjado	Posición del eje neutro Vs m=Ea/Eb=7	Posición del eje neutro Vs m=Ea/Eb=15	Posición del eje neutro Vs m=Ea/Eb=21	Inercia mixta m=Ea/Eb=7	Inercia mixta m=Ea/Eb=15	Inercia mixta m=Ea/Eb=21
mm	daN/m ²	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴
1.0	200.00	5.15	6.95	7.85	3497	2848	2526

Versión prefabricada



Versión P.A.C.



MATERIA DE BASE		NORMATIVA
Tipo de acero	S 320 GD	EN 10326
Espesor de acero	1.0 mm	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado Z275	EN 10326
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169-1
Prelacado	Consultar	
Homologación	ETN Qualiconsult Nº 0712003ETN100 Avis Technique CSTB Nº 3/04-422	

El modelo elegido es la versión prefabricada.

11.4. VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

La justificación del estado límite último (ELU) consiste en verificar la relación siguiente:

$$1,35 (P_p + C_p) + 1,5 \cdot S < R_u$$

P_p peso propio del forjado (200 daN/m²)

C_p carga permanente del forjado en daN/m²

S sobrecarga de uso o carga de explotación en daN/m²

R_u resistencia última de cálculo en daN/m² obtenida en ensayos (ver tabla).

RESISTENCIA ÚLTIMA DE REFERENCIA		
DISTANCIA ENTRE APOYOS (M)	TIPO DE CARGA	
	Estática	Dinámica
5.00	1600	1333
6.00	1150	958
7.00	910	758

➤ Peso propio del forjado

El peso propio del forjado según el fabricante es de 200 daN/m².

➤ Carga permanente del forjado (solera)

La carga permanente del forjado se estima a 200 daN/m².

➤ Sobrecarga de uso

Para determinar la sobrecarga del uso, es necesario recurrir al CTE DB SE-AE en la tabla 3.1 del apartado 3.1 (sobrecarga de uso). Esta planta estará destinada al uso de oficinas, por que en la tabla 3.1. se entra en la categoría de uso B, zonas administrativas. El valor de la sobrecarga de uso es de $2 \text{ kN/m}^2 = 200 \text{ daN/m}^2$.

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⁾⁽⁸⁾	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
			Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Se realiza la comprobación, con el resultado: $840 \text{ daN/m}^2 < R_u$ (resistencia última de referencia)

Se toma como distancia de referencia la correspondiente a una distancia entre apoyos de 5 metros, aunque la distancia entre apoyos de la nave es de 4 metros, el fabricante no dispone de valores para 4 metros. Deduciendo que si cumple para 5 metros, cumplirá para 4 metros también, ya que a menor distancia, mayor capacidad de resistencia.

11.5. VERIFICACIÓN DE ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Visto la complejidad de la sección compuesta del COFRADAL 200, los límites de flecha en servicio se determinan en función de los valores obtenidos durante los ensayos en laboratorio (ver tabla a continuación).

Los criterios de verificación de la flecha deben ser:

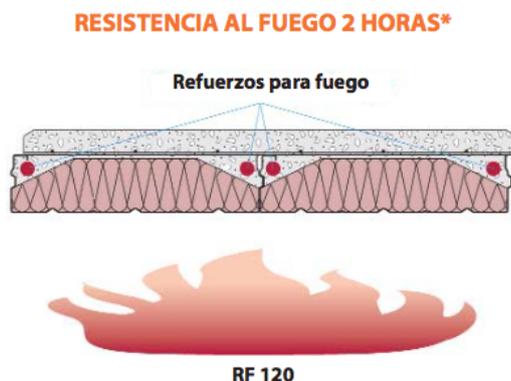
- Forjado sin revestimiento frágil:
 - $L/350$ si $L < 3.50\text{m}$
 - $L/700 + 0.5$ si $L \geq 3.50\text{m}$
- Forjado con revestimiento frágil:
 - $L/500$ si $L < 5.00\text{m}$
 - $L/1000 + 0.5$ si $L \geq 5.00\text{m}$

FLECHAS ADMISIBLES Y SOBRECARGAS CORRESPONDIENTES			
Distancia entre apoyos (m)	Condiciones de flecha	Flecha admisible (cm)	Sobrecarga admisible (daN/ m ²)
5.00	$L/700 + 0.5$	1.21	833
5.00	$L/1000 + 0.5$	1.00	700
6.00	$L/700 + 0.5$	1.35	520
6.00	$L/1000 + 0.5$	1.10	395
7.00	$L/700 + 0.5$	1.50	320
7.00	$L/1000 + 0.5$	1.20	250

11.6. COMPORTAMIENTO AL FUEGO

La resistencia al fuego del COFRADAL 200 se obtiene incluyendo armaduras de refuerzo al fuego a nivel del alma del perfil. La presencia del perfil y la lana de roca constituye una pantalla y un aislamiento suficiente para que el conjunto hormigón y refuerzos al fuego ofrezcan una resistencia eficaz, asegurando un Cortafuegos que puede alcanzar 120 minutos sin protección adicional.

Por encima de 300 ° C el cálculo desprecia la presencia del perfil al incendio.



12. ESTUDIO EN NUEVO METAL 3D

Toda la estructura se ha calculado mediante el programa Nuevo Metal 3D de CYPE Ingenieros.

Primero se ha utilizado el generador de pórticos para generar los pórticos y las cargas automáticamente con los datos introducidos. Una vez descrito los tipos de pórticos en la estructura, el programa genera la estructura con las cargas automáticamente.

Hay que completar la estructura, ya que el generador de pórticos, no genera los arriostramientos, las ménsulas para soportar la viga carril del puente grúa, las vigas de atado de los pórticos, ni la estructura de la entreplanta. Eso es introducido a mano.

Una vez se tiene todo introducido y la estructura completa es necesario completar ciertos parámetros. Todos los perfiles de las barras se estiman, para después del cálculo de la estructura, optimizarlo.

12.1. COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO

Es necesario articular las barras de arriostramiento entre pórticos. Las vigas del forjado que se unen al alma de los pilares se articularán también. Las vigas de los extremos del pórtico del muro piñón que contiene el forjado estarán empotrados a los pilares exteriores y articuladas a los interiores, es decir, se dará coeficiente de empotramiento 0 en el origen y 1 en el extremo dependiendo del sentido de la barra.

12.2. CARGAS

Las cargas las genera el programa automáticamente, únicamente hay que introducir los parámetros que pide. Estos parámetros son los descritos en el apartado de las acciones de este documento.

Las cargas del forjado y del puente grúa son necesarias introducirlas manualmente.

12.3. PANDEO

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad global o local, esto quiere decir que el fallo debido a este fenómeno se produce de forma súbita y dicho fenómeno depende de las

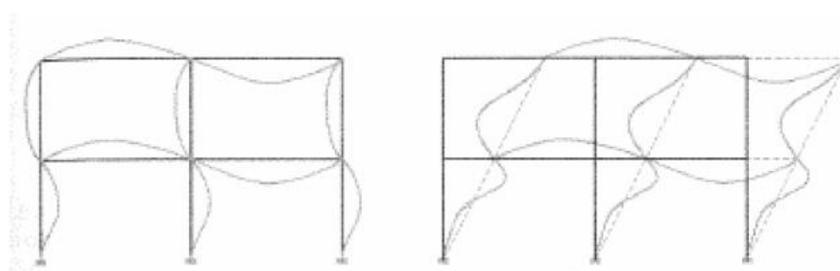
características geométricas del perfil. Éste condiciona a piezas sometidas a compresión, y limita su capacidad portante puesto que al deformarse la barra con la carga se pierde su forma de máxima resistencia.

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.

Para los pandeos es muy importante saber si una estructura va a comportarse como traslacional o intraslacional. En este estudio se considera la estructura como traslacional en el plano del pórtico y en su perpendicular intraslacional gracias a la rigidez que la infieren los elementos estructurales secundarios y los propios materiales de cierre de la nave.



Intraslacional

Traslacional

➤ Vigas que arriostran los pórticos

- xy no pandean ($\beta=0$), debido al cerramiento
- xz biarticulado ($\beta=1$)

- Vigas que unen los pórticos del forjado de oficinas
 - xy el forjado impide el pandeo en este plano ($\beta=0$)
 - xz biarticulado ($\beta=1$)

- Pilares que soportan al pórtico interior del forjado
 - xy empotrado en base-articulado en cabeza ($\beta=0,7$)
 - xz empotrado en base-articulado en cabeza ($\beta=0,7$)

- Pilarillos de los pórticos hastiales
 - xy pandeo impedido debido al cerramiento ($\beta=0$)
 - xz empotrado articulado ($\beta=0,7$)

12.4. PANDEO LATERAL

Se instalan tornapuntas para evitar este fenómeno. En el ala superior se instalan a una distancia de separación igual que las correas y en el ala inferior cada 4,2 metros. De esta manera se evita el pandeo lateral de las barras.

12.5. FLECHA

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

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

Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante

cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que $1/350$.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que $1/300$.

Las condiciones anteriores deben verificarse entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos. En general, será suficiente realizar dicha comprobación en dos direcciones ortogonales.

En los casos en los que los elementos dañables (por ejemplo tabiques, pavimentos) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil.

En este proyecto se tomará como flecha máxima admisible el valor de $L / 300$.

13. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

Después de introducir todos los datos y parámetros necesarios, se procede al cálculo de la estructura. El programa muestra una serie de listados con todas las comprobaciones. Debido al gran tamaño de los listados, únicamente se mostrarán en este proyecto los resultados más restrictivos y representativos para el estudio.

13.1. ESTUDIO DE RESISTENCIA

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

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 a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N84	27.86	0.000	-20.522	-16.135	17.804	0.05	64.62	-19.11	GV	Cumple
N84/N2	13.44	3.029	11.333	1.222	3.571	0.05	-22.12	13.37	GV	Cumple
N3/N120	87.35	0.000	-150.943	55.250	-4.484	-0.17	-8.86	127.75	GV	Cumple
N120/N4	37.15	0.090	1.432	12.868	2.378	0.68	-58.08	39.60	GV	Cumple
N2/N5	28.38	0.141	-5.919	0.333	-7.465	0.01	-24.12	-0.03	GV	Cumple
N4/N5	32.31	0.141	3.427	-1.773	-2.401	0.00	-19.56	-4.07	GV	Cumple
N6/N87	29.41	0.000	-15.121	16.408	19.073	0.10	42.09	32.76	GV	Cumple
N87/N135	15.66	2.920	-64.856	0.741	9.208	-0.01	-39.77	6.21	GV	Cumple
N135/N7	13.68	0.080	-7.145	0.732	3.473	-0.17	31.42	9.69	GV	Cumple
N4/N76	24.57	0.141	-40.774	1.801	12.575	-0.02	47.30	5.34	GV	Cumple
N76/N8	14.68	3.547	-121.578	-0.031	-1.440	-0.01	-3.21	2.08	GV	Cumple
N7/N75	19.28	0.141	-7.200	-0.460	-5.533	-0.03	-28.98	-0.12	GV	Cumple
N75/N8	13.55	5.912	-113.858	0.072	-3.308	0.00	3.83	-2.51	GV	Cumple

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N9/N80	34.27	0.000	2.408	-2.930	32.592	0.02	101.02	-8.59	GV	Cumple
N80/N10	15.05	3.635	24.816	1.226	2.706	0.02	-51.91	1.62	GV	Cumple
N11/N118	43.06	7.920	-213.417	0.607	-20.286	-0.16	94.24	-1.75	G	Cumple
N118/N12	34.51	1.811	72.191	-0.779	16.458	0.42	-123.50	-0.79	GV	Cumple
N10/N13	29.98	0.141	-9.776	0.020	-16.060	-0.01	-36.94	0.00	GV	Cumple
N12/N13	72.67	0.141	-54.704	0.187	-27.619	-0.01	-83.74	1.02	G	Cumple
N14/N88	44.92	0.000	-195.818	6.473	39.127	0.10	97.96	24.83	GV	Cumple
N88/N133	34.85	2.920	-107.783	0.146	26.861	0.06	-115.56	-0.35	G	Cumple
N133/N15	37.60	1.811	-50.230	-0.205	26.861	-0.12	-139.69	0.01	G	Cumple
N12/N89	76.64	0.141	-78.532	-0.048	-47.265	0.06	-159.12	-0.40	G	Cumple
N89/N16	48.20	6.023	-23.155	-0.187	4.516	-0.06	-102.62	-0.71	GV	Cumple
N15/N90	64.95	0.141	-44.111	-0.056	-45.524	-0.06	-138.39	-0.11	G	Cumple
N90/N16	48.25	5.722	-23.633	0.004	0.308	0.06	-102.67	0.71	GV	Cumple
N17/N81	40.38	0.000	17.991	-3.026	35.952	0.01	122.83	-8.86	GV	Cumple
N81/N18	17.22	4.543	29.459	1.257	2.795	0.01	-62.05	0.56	GV	Cumple
N19/N116	44.74	0.000	-184.542	0.568	-25.182	-0.16	-102.18	2.48	GV	Cumple
N116/N20	36.64	1.811	58.865	-0.825	19.961	0.38	-134.67	-0.14	GV	Cumple
N18/N21	37.57	0.141	-10.046	0.033	-16.955	-0.02	-46.46	0.01	GV	Cumple
N20/N21	71.74	0.141	-6.655	0.030	-29.427	0.02	-89.04	0.34	G	Cumple
N22/N131	44.72	7.920	-108.257	0.136	27.690	0.05	-120.50	-0.41	G	Cumple
N131/N23	39.31	1.811	-50.704	-0.215	27.690	-0.13	-146.20	-0.03	G	Cumple
N20/N24	81.27	0.141	-32.060	0.007	-49.330	0.02	-172.44	0.30	G	Cumple
N23/N24	68.46	0.141	-31.857	0.007	-47.012	-0.02	-144.84	-0.13	G	Cumple
N25/N82	35.98	0.000	17.562	-0.009	35.932	0.01	122.83	-0.52	GV	Cumple
N82/N26	17.06	4.846	29.417	-0.093	1.188	0.01	-62.54	-0.03	GV	Cumple
N27/N114	44.77	0.000	-184.542	0.574	-25.182	-0.16	-102.18	2.53	GV	Cumple
N114/N28	36.63	1.811	58.865	-0.771	19.961	0.38	-134.67	-0.13	GV	Cumple
N26/N29	37.63	0.141	-10.071	0.032	-16.966	-0.02	-46.54	0.00	GV	Cumple
N28/N29	71.76	0.141	-6.655	0.030	-29.427	0.02	-89.04	0.35	G	Cumple
N30/N129	44.72	7.920	-108.257	0.141	27.690	0.05	-120.50	-0.40	G	Cumple
N129/N31	39.31	1.811	-50.704	-0.210	27.690	-0.13	-146.20	-0.03	G	Cumple
N28/N32	81.26	0.141	-32.060	0.007	-49.330	0.02	-172.44	0.29	G	Cumple
N31/N32	68.46	0.141	-31.857	0.007	-47.012	-0.02	-144.84	-0.13	G	Cumple
N33/N83	35.98	0.000	17.562	-0.110	35.932	0.01	122.83	-0.69	GV	Cumple
N83/N34	17.05	4.846	29.417	-0.026	1.188	0.01	-62.54	-0.02	GV	Cumple
N35/N112	44.81	0.000	-184.542	0.580	-25.182	-0.16	-102.18	2.58	GV	Cumple
N112/N36	36.63	1.811	58.865	-0.719	19.961	0.38	-134.67	-0.13	GV	Cumple
N34/N37	37.63	0.141	-10.071	0.031	-16.966	-0.02	-46.54	0.00	GV	Cumple
N36/N37	71.79	0.141	-6.655	0.031	-29.427	0.02	-89.04	0.36	G	Cumple
N38/N127	44.72	7.920	-108.257	0.144	27.690	0.05	-120.50	-0.39	G	Cumple
N127/N39	39.31	1.811	-50.704	-0.207	27.690	-0.13	-146.20	-0.03	G	Cumple
N36/N40	81.25	0.141	-32.060	0.006	-49.330	0.02	-172.44	0.28	G	Cumple
N39/N40	68.46	0.141	-31.857	0.006	-47.012	-0.02	-144.84	-0.13	G	Cumple
N41/N100	25.68	0.000	-20.100	6.007	18.114	-0.08	72.37	11.56	GV	Cumple
N100/N42	22.19	0.135	7.331	-0.915	29.118	0.04	59.16	-6.30	GV	Cumple
N43/N101	39.08	0.000	-126.718	16.869	24.575	0.01	74.78	28.75	GV	Cumple

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N101/N110	36.35	4.920	-209.242	0.818	-23.157	-0.23	95.10	-1.50	G	Cumple
N110/N44	34.41	1.811	58.897	-1.817	21.581	0.33	-125.63	-0.33	GV	Cumple
N42/N45	36.71	0.141	-12.572	0.028	-16.497	-0.01	-45.10	0.02	GV	Cumple
N44/N45	72.12	0.141	-6.195	0.028	-29.799	0.01	-89.60	0.33	G	Cumple
N46/N125	44.95	7.920	-108.383	0.149	28.521	0.05	-121.17	-0.39	G	Cumple
N125/N47	39.89	1.811	-50.829	-0.202	28.521	-0.13	-148.44	-0.03	G	Cumple
N44/N48	81.03	0.141	-32.878	0.005	-49.133	0.02	-171.86	0.24	G	Cumple
N47/N48	69.63	0.141	-32.697	0.005	-47.064	-0.02	-147.24	-0.13	G	Cumple
N49/N96	26.03	2.865	-128.510	0.245	-48.331	0.00	80.90	0.34	G	Cumple
N96/N50	14.61	6.845	23.171	-0.939	2.306	0.01	-53.64	-0.09	GV	Cumple
N51/N97	42.99	0.000	-147.694	23.286	33.103	0.00	73.32	35.25	GV	Cumple
N97/N108	35.95	4.920	-214.539	0.927	-19.221	-0.20	92.95	-1.56	G	Cumple
N108/N52	34.58	1.811	72.072	-1.341	20.756	0.30	-124.57	0.41	GV	Cumple
N50/N53	30.48	0.141	-17.183	-0.023	-15.335	0.01	-36.83	0.01	GV	Cumple
N52/N53	72.46	0.141	-69.505	-0.164	-27.053	0.01	-82.08	-0.89	G	Cumple
N54/N85	36.67	0.000	-22.685	2.493	-43.862	0.06	-114.44	7.29	GV	Cumple
N85/N123	34.65	2.920	-106.342	0.127	27.188	0.01	-114.78	-0.51	G	Cumple
N123/N55	37.57	1.811	-48.788	-0.224	27.188	-0.16	-139.52	-0.12	G	Cumple
N52/N91	76.18	0.141	-92.243	0.277	-46.462	-0.06	-153.99	1.48	G	Cumple
N91/N56	46.40	6.023	-19.610	0.175	4.095	0.06	-99.05	0.72	GV	Cumple
N55/N92	65.19	0.141	-47.655	-0.004	-45.147	0.06	-138.34	-0.17	G	Cumple
N92/N56	46.47	5.722	-20.068	0.004	0.107	-0.06	-99.16	-0.71	GV	Cumple
N57/N93	21.37	2.865	-38.532	-13.796	-0.752	-0.08	34.50	20.47	GV	Cumple
N93/N58	17.90	4.749	8.045	-3.847	5.274	-0.03	-19.35	-22.92	GV	Cumple
N59/N94	31.53	0.000	-189.507	17.960	11.919	0.00	46.11	24.61	GV	Cumple
N94/N104	34.15	0.135	-138.024	-25.363	-2.967	-0.21	9.22	-46.44	GV	Cumple
N104/N60	30.50	0.080	0.461	-7.749	-0.691	0.56	-52.58	-30.13	GV	Cumple
N58/N61	26.41	0.141	-6.807	-0.307	-7.269	0.00	-22.36	0.03	GV	Cumple
N60/N61	29.72	0.141	-53.236	1.727	3.796	0.01	-7.14	4.40	GV	Cumple
N62/N86	29.10	0.000	-14.318	-11.499	25.378	0.00	56.49	-25.50	GV	Cumple
N86/N107	15.33	2.920	-63.586	-0.454	8.019	0.06	-36.88	-7.05	GV	Cumple
N107/N63	13.01	0.080	-7.835	-1.152	5.276	-0.11	26.96	-10.52	GV	Cumple
N60/N68	19.53	0.141	-40.223	-1.461	10.855	-0.02	39.30	-3.74	GV	Cumple
N68/N64	10.23	2.365	-96.243	-0.086	0.754	0.01	-5.28	-0.74	GV	Cumple
N63/N69	15.89	0.141	-5.905	0.482	-4.373	0.04	-23.77	-0.19	GV	Cumple
N69/N64	9.76	5.912	-92.889	0.437	-9.588	-0.01	9.65	-0.64	GV	Cumple
N65/N95	51.02	0.000	-125.348	5.663	-44.543	0.00	-76.07	10.97	GV	Cumple
N95/N61	26.33	4.824	-9.462	2.896	5.303	0.01	46.25	-4.72	GV	Cumple
N66/N79	63.43	0.000	-28.129	1.303	-52.731	-0.03	-119.82	7.15	GV	Cumple
N79/N68	31.02	2.130	-30.249	1.696	3.782	-0.02	57.96	-3.08	GV	Cumple
N67/N78	47.68	0.000	-27.243	-0.989	-39.899	0.02	-89.79	-5.24	GV	Cumple
N78/N69	23.13	1.863	-28.398	-0.980	1.216	0.01	44.24	1.57	GV	Cumple
N70/N77	57.47	0.000	-27.419	1.621	-42.539	0.00	-105.87	7.67	GV	Cumple
N77/N64	26.24	2.336	-30.219	0.926	2.116	0.00	48.77	-2.53	GV	Cumple
N74/N8	74.41	0.000	2.833	0.202	-60.901	0.01	-158.57	1.11	GV	Cumple
N73/N75	68.70	0.000	-19.222	0.190	-57.820	0.03	-141.37	1.04	GV	Cumple

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N72/N76	72.45	0.000	-22.074	0.333	-58.431	-0.02	-147.73	1.62	GV	Cumple
N71/N5	68.90	0.000	-26.283	1.925	59.028	-0.01	126.77	9.56	GV	Cumple
N2/N10	16.89	2.000	-54.358	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N10/N18	10.15	2.000	37.282	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N18/N26	10.46	2.000	38.594	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N26/N34	10.45	2.000	38.546	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N34/N42	10.46	2.000	38.581	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N42/N50	10.25	2.000	37.700	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N50/N58	15.51	2.000	-49.685	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N4/N12	21.46	2.000	-67.590	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N12/N20	26.37	2.000	109.520	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N20/N28	26.17	2.000	108.671	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N28/N36	25.99	2.000	107.878	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N36/N44	25.82	2.000	107.141	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N44/N52	25.39	2.000	105.304	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N52/N60	15.52	2.000	-47.509	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N7/N15	22.27	2.000	-70.345	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N15/N23	12.58	2.000	47.686	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N23/N31	12.52	2.000	47.431	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N31/N39	12.46	2.000	47.198	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N39/N47	12.41	2.000	46.988	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N47/N55	12.37	2.000	46.803	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N55/N63	16.58	2.000	-53.332	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00	GV	Cumple
N77/N78	3.41	3.000	-0.215	0.000	0.000	0.00	0.77	0.00	GV	Cumple
N79/N77	3.51	3.000	-0.435	0.000	0.000	0.00	0.77	0.00	GV	Cumple
N80/N81	3.49	2.000	-6.805	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N82/N83	1.50	2.000	0.105	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N84/N80	19.37	2.000	-60.546	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N85/N86	16.01	2.000	-49.165	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N1/N80	94.61	0.000	75.018	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N80/N2	80.50	0.000	63.830	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N84/N10	87.86	0.000	69.662	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N9/N84	74.39	0.000	58.985	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N54/N86	80.39	0.000	63.738	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N86/N55	83.67	0.000	66.338	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N85/N63	94.14	0.000	74.642	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N62/N85	87.98	0.000	69.759	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N87/N88	18.81	2.000	-58.652	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N88/N7	82.72	0.000	65.588	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N87/N15	85.97	0.000	68.166	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N14/N87	81.86	0.000	64.904	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N5/N13	13.78	2.055	-44.004	0.000	0.000	0.00	0.19	0.00	GV	Cumple
N76/N89	11.61	2.055	-34.586	0.000	0.000	0.00	0.32	0.00	GV	Cumple
N8/N16	10.42	2.055	-30.561	0.000	0.000	0.00	0.32	0.00	GV	Cumple
N75/N90	19.10	2.055	-59.924	0.000	0.000	0.00	0.32	0.00	GV	Cumple
N91/N68	7.00	1.945	-18.977	0.000	0.000	0.00	0.32	0.00	GV	Cumple

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N56/N64	8.80	1.945	-27.088	0.000	0.000	0.00	0.19	0.00	GV	Cumple
N92/N69	14.63	1.945	-46.875	0.000	0.000	0.00	0.19	0.00	GV	Cumple
N53/N61	13.12	1.945	-41.741	0.000	0.000	0.00	0.19	0.00	GV	Cumple
N2/N13	100.00	0.000	79.318	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N4/N13	36.99	0.000	29.329	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple
N4/N89	78.00	0.000	61.848	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N89/N8	35.76	0.000	28.357	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N90/N8	38.36	0.000	30.419	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N15/N75	84.54	0.000	67.029	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N75/N16	68.17	0.000	54.050	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N76/N16	15.39	0.000	12.206	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple
N12/N76	98.21	0.000	77.865	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N12/N5	74.97	0.000	59.445	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N10/N5	55.74	0.000	44.195	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N58/N53	95.76	0.000	75.929	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N60/N53	74.09	0.000	58.747	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N60/N91	36.08	0.000	28.605	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N91/N64	36.56	0.000	28.986	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N92/N64	39.96	0.000	31.684	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N55/N69	84.94	0.000	67.347	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N69/N56	62.66	0.000	49.681	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N68/N56	35.30	0.000	27.991	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N52/N61	71.14	0.000	56.404	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N50/N61	75.76	0.000	60.071	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N93/N95	50.42	6.000	-10.948	-0.035	54.873	0.00	-61.74	0.20	G	Cumple
N95/N94	55.16	0.000	-13.170	-0.041	-62.105	0.00	-67.29	-0.24	G	Cumple
N96/N99	83.08	5.920	-44.356	-0.021	102.848	0.00	-97.97	0.12	G	Cumple
N99/N97	90.50	0.080	-49.798	-0.101	-107.042	0.00	-105.84	-0.29	G	Cumple
N98/N99	65.49	2.865	-122.889	11.004	13.049	0.00	-19.03	-16.17	GV	Cumple
N100/N103	42.37	0.140	-30.050	-0.002	-52.681	0.00	-49.53	-0.01	G	Cumple
N103/N101	49.48	0.080	-36.540	0.006	-56.311	0.00	-57.51	-0.01	G	Cumple
N102/N103	56.00	0.000	-68.558	7.958	15.526	0.00	21.80	12.32	GV	Cumple
N96/N93	15.15	2.000	-46.278	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N100/N96	3.10	2.000	6.989	0.000	0.000	0.00	0.34	0.00	GV	Cumple
N99/N95	40.67	3.890	20.042	0.095	17.931	0.00	-48.50	-0.19	GV	Cumple
N103/N99	11.24	0.000	8.522	-0.171	2.441	0.00	11.71	-0.33	GV	Cumple
N97/N94	34.32	3.860	-28.602	0.121	-18.074	0.00	39.77	-0.12	GV	Cumple
N101/N97	25.83	0.140	-9.797	0.098	-15.193	0.00	-30.47	0.25	GV	Cumple
N104/N105	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N106/N107	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N108/N109	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N110/N111	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N112/N113	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N114/N115	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N116/N117	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N118/N119	63.90	0.140	0.000	-1.606	-123.672	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N120/N121	53.48	0.140	0.000	-1.606	-123.729	0.00	-44.46	-0.58	G	Cumple
N122/N123	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N124/N125	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N126/N127	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N128/N129	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N130/N131	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N132/N133	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N134/N135	27.63	0.360	0.000	0.351	53.472	0.00	-19.19	-0.13	G	Cumple
N57/N96	56.60	0.000	44.879	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N96/N58	94.71	0.000	75.096	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N93/N50	81.55	0.000	64.663	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple
N49/N93	49.34	0.000	39.118	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple

13.2. ESTADO LÍMITE ÚLTIMOS DE LAS BARRAS

A continuación, se muestra el listado completo de comprobaciones realizadas para cada tipo de barra con mayor coeficiente de aprovechamiento.

➤ *Arriostramientos de cubierta y lateral*

	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)	
	N2	N13	7.230	3.14	0.79	0.79	1.57	
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral			
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β		0.00	0.00	0.00	0.00		
	L _K		0.000	0.000	0.000	0.000		
	C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
	Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio Resistencia requerida: R 30 Temperatura máx. de la barra: 653.0 °C Pintura intumescente: 0.4 mm								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N2/N13	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 100.0$	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 $\eta = 100.0$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _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	
N2/N13	$\eta = 71.7$	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 $\eta = 71.7$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.														

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado
	N _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	
<p>Notación:</p> <p>N_t: Resistencia a tracción</p> <p>N_c: Resistencia a compresión</p> <p>M_y: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M_z: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V_z: Resistencia a corte Z</p> <p>V_y: Resistencia a corte Y</p> <p>M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M_t: Resistencia a torsión</p> <p>M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>													

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

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

$$\bar{\lambda} < 0.01 \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$A : \frac{3.14}{\text{cm}^2}$$

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

$$f_y : \frac{265.0}{\text{MPa}}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \frac{\infty}{\text{MPa}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \frac{1.000}{\text{MPa}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \frac{79.32}{\text{kN}}$$

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

$$N_{t,Rd} : \frac{79.29}{\text{kN}}$$

Donde:

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

A : $\underline{3.14}$ cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : $\underline{252.4}$ MPa

Siendo:

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

f_y : $\underline{265.0}$ MPa

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : $\underline{1.05}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.717 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : 20.49 \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : 28.59 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : 3.14 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 91.0 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : 91.0 \text{ MPa}$$

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

$$f_y : 265.0 \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : 0.34$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : 1.00$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

➤ Vigas de atado de pórticos

Barra N12/N20

Perfil:		IPE				140	
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)
	N12	N20	4.000	16.40	541.20	44.92	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	4.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos						
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30 Temperatura máx. de la barra: 690.0 °C Pintura intumescente: 0.6 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N12/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 25.5$	$\eta = 17.3$	x: 2 m $\eta = 1.5$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 2 m $\eta = 26.4$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 26.4$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _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	
N12/N20	$\eta = 27.0$	$\eta = 37.5$	x: 2 m $\eta = 4.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.0$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 2 m $\eta = 42.9$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 42.9$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.														
Notación: N _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														

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

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

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

$\bar{\lambda}$: **0.80** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 16.40 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 701.06 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 701.06 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 541.20 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 44.92 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 2.45 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 1980.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 4.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 0.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 5.98 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y :** 5.74 cm

i_z : 1.66 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.255 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

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

N_{t,Ed} : 109.52 kN

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

N_{t,Rd} : 429.52 kN

Donde:

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

A : 16.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.0 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.137 ✓

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

η : 0.173 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ) + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{59.05} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{429.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{341.27} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.79}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.88}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : 0.80$$

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

$$N_{cr} : 701.06 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : 701.06 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \infty$$

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

$$N_{cr,T} : \infty$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.015 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.000 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G.

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

$$M_{Ed}^+ : 0.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} : 23.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 88.34 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.9 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : 275.0 \text{ MPa}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \mathbf{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.34} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{99.50} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

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

t_w : Espesor del alma.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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:

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

$$\mathbf{26.85 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{26.85}$

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

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

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.030 \leq 5.071$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.30}$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{99.50}$ kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.264} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.000 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{109.52} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{429.52} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{23.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{5.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.0} \text{ MPa}$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{88.34} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{23.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G.

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

$$0.030 \leq 5.071$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : 0.30 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : 99.50 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.270 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

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

$$N_{t,Ed} : 30.93 \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : 114.34 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : 16.40 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 69.7 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 69.7 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s}$: 0.25

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

η : 0.190 ✓

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

η : 0.375 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$N_{c,Ed}$: 21.73 kN

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

$N_{c,Rd}$: 114.34 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase**: 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A**: 16.40 cm²

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{y,d}$: 69.7 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 69.7 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0$ MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : 0.25$

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t} : 1.00$

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : 57.92$ kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $A : 16.40$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 69.7$ MPa

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,t} : 69.7$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0$ MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : 0.25$

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t} : 1.00$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.51$

Siendo:

$\phi_y : 1.27$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y : 0.49$

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

$\bar{\lambda}_y : 1.06$

$k_{y,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : 1.32$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr} : 701.06$ kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : 701.06$ kN

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

$$N_{cr,z} : \infty$$

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

$$N_{cr,T} : \infty$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.000 m del nudo N12, para la combinación de acciones G.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{6.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{88.34} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{69.7} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,r} : \underline{69.7} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,r} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones G.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.25} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{26.49} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

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

t_w : Espesor del alma.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{69.7} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{69.7} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{26.85 < 64.71}$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{26.85}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

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

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{235.0} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.023 \leq 1.350}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones G.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{26.49} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.231} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.429} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.000 m del nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

Donde:

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

N_{c,Ed} : 21.73 kN

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

M_{y,Ed}⁺ : 0.25 kN·m

M_{z,Ed}⁺ : 0.00 kN·m

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

Clase : 1

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

N_{pl,Rd} : 114.34 kN

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

M_{pl,Rd,y} : 6.16 kN·m

M_{pl,Rd,z} : 1.34 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.

A : 16.40 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} : 88.34 cm³

W_{pl,z} : 19.25 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 69.7 MPa

Siendo:

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

f_{y,s} : 69.7 MPa

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

f_y : 275.0 MPa

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

k_{y,s} : 0.25

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,s} : 1.00

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.30}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.51}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.06}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones G.

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

$$0.023 \leq 1.350$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{26.49} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

➤ Ménsula

Barra N116/N117

Perfil:		HE		160		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)	
	N116	N117	0.500	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	0.500	0.500	0.000	0.000			
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
	Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio								
Resistencia requerida: R 30 Temperatura máx. de la barra: 513.0 °C Pintura intumescente: 0.6 mm								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE												Estado		
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N116/N117	N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.14 m η = 48.0	x: 0.14 m η = 1.3	x: 0.14 m η = 63.9	η = 0.2	x: 0.14 m η = 48.5	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 49.2	x: 0.14 m η = 49.8	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 63.9
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 torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado		
	N _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	
N116/N117	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 61.0	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados 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															

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.480 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·G.

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

$$M_{Ed}^- : 44.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 92.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 354.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.9 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : 275.0 \text{ MPa}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

M_{Ed}⁺ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·G.

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

M_{Ed}⁻ : 0.58 kN·m

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

M_{c,Rd} : 44.52 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

W_{pl,z} : 170.00 cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.9 MPa

Siendo:

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

f_v : 275.0 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.639} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{123.67}$ kN

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

$V_{c,Rd} : \underline{193.55}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{12.80}$ cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{160.00}$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{8.00}$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{16.75 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{16.75}$

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.002 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G.

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

$$V_{Ed} : 1.61 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : 658.98 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 43.58 \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : 54.30 \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : 134.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 8.00 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.9 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : 275.0 \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.485 \quad \checkmark$$

Ya que el esfuerzo cortante solicitante V_{Ed} es superior al 50% del esfuerzo cortante resistente $V_{c,Rd}$, es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión.

$$12.607 \leq 9.865$$

Donde:

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{123.67} \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_{c,Rd}}: \text{Esfuerzo cortante resistente de c\acute{a}lculo.} \quad \mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{193.55} \text{ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de c\acute{a}lculo p\acute{e}simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinaci3n de acciones 1.35·G.

$$\mathbf{M_{Ed}}: \text{Momento flector solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{M_{Ed}} : \underline{44.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{123.67} \text{ kN}$$

El momento flector resistente de c\acute{a}lculo reducido $\mathbf{M_{v,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{v,Rd}}: \underline{91.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\mathbf{W_{pl}}: \text{M3dulo resistente pl\acute{a}stico.} \quad \mathbf{W_{pl}} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$\rho: \text{Coeficiente de reducci3n por interacci3n de esfuerzos.} \quad \rho : \underline{0.08}$$

Siendo:

$$\mathbf{V_{pl,Rd}}: \text{Esfuerzo cortante pl\acute{a}stico resistente de c\acute{a}lculo.} \quad \mathbf{V_{pl,Rd}} : \underline{193.55} \text{ kN}$$

$$\mathbf{A_v}: \text{\u00c1rea transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v} : \underline{12.80} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{t_w}: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t_w} : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f_{yd}}: \text{Resistencia de c\acute{a}lculo del acero.} \quad \mathbf{f_{yd}} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_y}: \text{L\u00edmite el\u00e1stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y} : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{\gamma_{M0}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

$$\mathbf{M_{c,Rd}}: \text{Momento flector resistente de c\acute{a}lculo.} \quad \mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art\u00edculo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de c\acute{a}lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de c\acute{a}lculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

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

$$0.164 \leq 33.587$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·G.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.61} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{658.98} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.492} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.487} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.301} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·G.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{44.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{vd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.09}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.14}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{V,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{V,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{V,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.498}$$



Ya que el esfuerzo cortante solicitante V_{Ed} es superior al 50% del esfuerzo cortante resistente $V_{c,Rd}$, es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil.

$$12.607 \leq 9.865$$

Donde:

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_{Ed,z}: & \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} & \mathbf{V}_{Ed,z}: & \underline{123.67} \text{ kN} \\ \mathbf{V}_{c,Rd,z}: & \text{ Esfuerzo cortante resistente de c\acute{a}lculo.} & \mathbf{V}_{c,Rd,z}: & \underline{193.55} \text{ kN} \end{aligned}$$

Los esfuerzos solicitantes de c\acute{a}lculo p\acute{e}simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinaci3n de acciones 1.35·G.

$$\begin{aligned} \mathbf{N}_{c,Ed}: & \text{ Axil de compresi3n solicitante de c\acute{a}lculo.} & \mathbf{N}_{c,Ed}: & \underline{0.00} \text{ kN} \\ \mathbf{M}_{y,Ed}, \mathbf{M}_{z,Ed}: & \text{ Momentos flectores solicitantes de c\acute{a}lculo, seg\acute{u}n los ejes Y y Z, respectivamente.} & \mathbf{M}_{y,Ed}: & \underline{44.46} \text{ kN} \\ & & \mathbf{M}_{z,Ed}: & \underline{0.58} \text{ kN} \end{aligned}$$

El axil resistente de c\acute{a}lculo reducido $\mathbf{N}_{v,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{N}_{v,Rd}: \underline{1400.45} \text{ kN}$$

Donde:

ρ_N : Coeficiente de reducci3n ponderado por interacci3n de esfuerzos.

$$\rho_N: \underline{0.02}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{S}_w: & \text{ Relaci3n entre el \acute{a}rea bruta del alma y el \acute{a}rea bruta de la secci3n.} & \mathbf{S}_w: & \underline{0.197} \\ \mathbf{S}_f: & \text{ Relaci3n entre el \acute{a}rea bruta del ala y el \acute{a}rea bruta de la secci3n.} & \mathbf{S}_f: & \underline{0.803} \end{aligned}$$

Los momentos flectores resistentes de c\acute{a}lculo reducido $\mathbf{M}_{v,Rd,y}$ y $\mathbf{M}_{v,Rd,z}$ vienen dados por:

$$\mathbf{M}_{v,Rd,y}: \underline{91.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{v,Rd,z}: \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

ρ_{yy}, ρ_{zz} : Coeficientes de reducci3n por interacci3n de esfuerzos.

$$\rho_{yy}: \underline{0.08}$$

$$\rho_{zz}: \underline{0.00}$$

Siendo:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,y} : \underline{1.61} \text{ kN}$
$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{123.67} \text{ kN}$
$V_{pl,Rd,y}$: Esfuerzo cortante plástico resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd,y} : \underline{658.98} \text{ kN}$
$V_{pl,Rd,z}$: Esfuerzo cortante plástico resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd,z} : \underline{193.55} \text{ kN}$
$A_{v,z}$: Áreas transversales a cortante.	$A_{v,z} : \underline{12.80} \text{ cm}^2$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos.	$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$
	$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$
$N_{c,Rd}$: Axil resistente de cálculo.	$N_{c,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$
$M_{c,Rd,y}, M_{c,Rd,z}$: Momentos flectores resistentes de cálculo.	$M_{c,Rd,y} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$M_{c,Rd,z} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

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

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

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

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

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

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

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.458 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G.

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

$M_{Ed}^- : 32.93 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$M_{c,Rd} : 71.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y}$: 354.00 cm³

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 203.3 MPa

Siendo:

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

$f_{y,s}$: 203.3 MPa

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

f_y : 275.0 MPa

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

$k_{y,s}$: 0.74

 $\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{34.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.74}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.610} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{91.61} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{150.22} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A_v}: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v} : \underline{12.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$\mathbf{h}: \text{Canto de la sección.} \quad \mathbf{h} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{t_w}: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t_w} : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{f_{yd}}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{yd}} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_{y,s}}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f_{y,s}} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f_y}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_y} : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k_{y,s}}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k_{y,s}} : \underline{0.74}$$

$$\mathbf{\gamma_{M,s}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M,s}} : \underline{1.00}$$

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

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

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \boldsymbol{\varepsilon} \quad \mathbf{16.75} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

$$\boldsymbol{\lambda_w}: \text{Esbeltez del alma.} \quad \boldsymbol{\lambda_w} : \underline{16.75}$$

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

$$\boldsymbol{\varepsilon}: \text{Factor de reducción.} \quad \boldsymbol{\varepsilon} : \underline{0.92}$$

Siendo:

 f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

 η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.19 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por: $V_{c,Rd}$: 511.44 kN

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante. A_v : 43.58 cm²

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} : 203.3 MPa

Siendo:

 $f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 203.3 MPa f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa $k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s}$: 0.74 $\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio
(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.461} \quad \checkmark$$

Ya que el esfuerzo cortante solicitante V_{Ed} es superior al 50% del esfuerzo cortante resistente $V_{c,Rd}$, es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión.

$$9.338 \leq 7.656$$

Donde:

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad V_{Ed} : \underline{91.61} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{150.22} \text{ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p\acute{e}simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G.

$$M_{Ed}^-: \text{Momento flector solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{32.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad V_{Ed} : \underline{91.61} \text{ kN}$$

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

$$M_{V,Rd}^- : \underline{71.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$W_{pl}: \text{Módulo resistente plástico.} \quad W_{pl} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$\rho: \text{Coeficiente de reducción por interacción de esfuerzos.} \quad \rho : \underline{0.05}$$

Siendo:

$$V_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante plástico resistente de cálculo.} \quad V_{pl,Rd} : \underline{150.22} \text{ kN}$$

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{12.80} \text{ cm}^2$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 203.3 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s}$: 0.74

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s}$: 1.00

$M_{c,Rd}$: Momento flector resistente de cálculo. $M_{c,Rd}$: 71.96 kN·m

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.121 \leq 26.067$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.19 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 511.44 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.470} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.465} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.287}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{32.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{1103.75} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{71.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{34.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.74}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.10}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.16}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{v,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{v,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{v,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.473} \quad \checkmark$$

Ya que el esfuerzo cortante solicitante V_{Ed} es superior al 50% del esfuerzo cortante resistente $V_{c,Rd}$, es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil.

$$9.338 \leq 7.656$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{91.61} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{150.22} \text{ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N116, para la combinación de acciones G.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^- : \underline{32.93} \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.43} \text{ kN}$$

El axil resistente de cálculo reducido $N_{v,Rd}$ viene dado por:

$$N_{v,Rd} : \underline{1093.24} \text{ kN}$$

Donde:

ρ_N : Coeficiente de reducción ponderado por interacción de esfuerzos.

$$\rho_N : \underline{0.01}$$

Siendo:

$$\mathbf{S}_w: \text{Relación entre el área bruta del alma y el área bruta de la sección.} \quad \mathbf{S}_w : \underline{0.197}$$

$$\mathbf{S}_f: \text{Relación entre el área bruta del ala y el área bruta de la sección.} \quad \mathbf{S}_f : \underline{0.803}$$

Los momentos flectores resistentes de cálculo reducido $\mathbf{M}_{v,Rd,y}$ y $\mathbf{M}_{v,Rd,z}$ vienen dados por:

$$\mathbf{M}_{v,Rd,y} : \underline{71.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{v,Rd,z} : \underline{34.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

ρ_{yy}, ρ_{zz} : Coeficientes de reducción por interacción de esfuerzos.

$$\rho_{yy} : \underline{0.05}$$

$$\rho_{zz} : \underline{0.00}$$

Siendo:

$$\mathbf{V}_{Ed,y}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed,y} : \underline{1.19} \text{ kN}$$

$$\mathbf{V}_{Ed,z}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed,z} : \underline{91.61} \text{ kN}$$

$$\mathbf{V}_{pl,Rd,y}: \text{Esfuerzo cortante plástico resistente de cálculo.} \quad \mathbf{V}_{pl,Rd,y} : \underline{511.44} \text{ kN}$$

$$\mathbf{V}_{pl,Rd,z}: \text{Esfuerzo cortante plástico resistente de cálculo.} \quad \mathbf{V}_{pl,Rd,z} : \underline{150.22} \text{ kN}$$

$$\mathbf{A}_{v,z}: \text{Áreas transversales a cortante.} \quad \mathbf{A}_{v,z} : \underline{12.80} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{t}_w: \text{Espesor del alma.} \quad \mathbf{t}_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{W}_{pl,y}, \mathbf{W}_{pl,z}: \text{Módulos resistentes plásticos.} \quad \mathbf{W}_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{W}_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{f}_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f}_{yd} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{y,s}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f}_{y,s} : \underline{203.3} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k}_{y,s}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k}_{y,s} : \underline{0.74}$$

$\gamma_{M,1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,1}$: <u>1.00</u>
$N_{c,Rd}$: Axil resistente de cálculo.	$N_{c,Rd}$: <u>1103.75</u> kN
$M_{c,Rd,y}$, $M_{c,Rd,z}$: Momentos flectores resistentes de cálculo.	$M_{c,Rd,y}$: <u>71.96</u> kN·m
	$M_{c,Rd,z}$: <u>34.56</u> kN·m

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

➤ Pilarillos

Barra N74/N8

Perfil:		HE		220			B	
Material: Acero (S275)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Fin l		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)		I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N74	N8	11.050	91.00	8091.00	2843.00	76.57	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β		0.00	1.0	0.00	0.00			
L _K		0.000	11.050	0.000	0.000			
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos								
Situación de incendio								
Resistencia requerida: R 30								
Temperatura máx. de la barra: 571.0 °C								
Pin ura intumescente: 0.4 mm								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N74/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 10.8 m η = 1.4	x: 0 m η = 4.8	x: 0 m η = 73.2	x: 0 m η = 7.5	x: 0 m η = 19.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 74.4	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 9.2	η < 0.1	CUMPLE η = 74.4

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
N74/N8	x: 10.8 m η = 0.5	x: 0 m η = 6.9	x: 0 m η = 42.6	x: 0 m η = 4.9	x: 0 m η = 11.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 47.1	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 5.1	η < 0.1	CUMPLE η = 47.1	

Notación:
 N_t: Resistencia a tracción
 N_c: Resistencia a compresión
 M_y: Resistencia a flexión eje Y
 M_z: Resistencia a flexión eje Z
 V_z: Resistencia a corte Z
 V_y: Resistencia a corte Y
 M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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

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

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

$\bar{\lambda} : 1.35$ ✓

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 : <u>1</u>
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>91.00</u> cm ²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : <u>1373.40</u> kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : <u>1373.40</u> kN
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : <u>∞</u>
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : <u>∞</u>

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>8091.00</u> cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>2843.00</u> cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>76.57</u> cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>295400.00</u> cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>11.050</u> m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>10.96</u> cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>9.43</u> cm
	i_z : <u>5.59</u> cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.014}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 10.837 m del nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{33.60} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.019}$$



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

$$\eta : \underline{0.048}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H1+1.5·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{45.93} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2383.33} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 91.00 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{961.93} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 91.00 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.40}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{1.61}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v :** 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_v : \underline{1.35}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>1373.40</u> kN
N_{cr,y} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : <u>1373.40</u> kN
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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.732} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{108.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H1+0.75·N(R)1.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{158.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{216.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,y}** : 827.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{MO}** : 1.05

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.075} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^+ : \underline{7.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{6.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{103.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 393.90 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.193} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{60.90}$ kN

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

$V_{c,Rd} : \underline{316.03}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{20.90}$ cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{220.00}$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{9.50}$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{19.79 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{19.79}$

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.41} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{188.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$6.208 \leq 16.108$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{60.90}$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{316.03}$ kN

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.143 \leq 56.369$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.41}$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{1105.96}$ kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.744}$$



$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.742}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N74, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : \underline{2.83}$ kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^- : \underline{158.57}$ kN·m

$M_{z,Ed}^+ : \underline{1.11}$ kN·m

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

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$: 2383.33 kN

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

$M_{pl,Rd,y}$: 216.60 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 103.16 kN·m

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

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

$M_{ef,Ed}$: -158.36 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed}$: 191.5 MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com}$: 827.00 cm³

A: Área de la sección bruta.

A : 91.00 cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$: 216.60 kN·m

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$6.208 \leq 16.108$$

Donde:

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

$V_{Ed,z}$: 60.90 kN

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

$V_{c,Rd,z}$: 316.03 kN

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$: 7.24 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 47.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.0 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.092 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N74, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

V_{Ed} : 29.05 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 315.93 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 316.03 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.1 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 47.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.0 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < 0.001$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

V_{Ed} : 0.34 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 1105.60 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 1105.96 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.1 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 47.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.0 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 10.839 m del nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{6.58} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{1400.25} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f_{y,s}} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{k_{y,s}} : \underline{0.56}$$

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M,s}} : \underline{1.00}$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.069} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H1.

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

$N_{c,Ed}$: 26.60 kN

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

$N_{c,Rd}$: 1400.25 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 91.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 153.9 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 153.9 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.56

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s}** : 1.00

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: 388.14 kN

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}** : 153.9 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 153.9 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.56

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s}** : 1.00

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.28}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{2.17}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.63}$$

$k_{y,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,t} : \underline{1.20}$$

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

$$N_{cr} : \underline{1373.40} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1373.40} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.426} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{33.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{54.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{127.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 827.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 153.9 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,s}$:** 153.9 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **$k_{y,s}$:** 0.56

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M,s}$:** 1.00

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

η : 0.049 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+ :** 2.99 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^- :** 1.46 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 60.61 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z} : 393.90 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 153.9 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : 153.9 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0 \text{ MPa}$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : 0.56$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : 1.00$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.110$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 20.42 \text{ kN}$

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

$V_{c,Rd} : 185.67 \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 20.90 \text{ cm}^2$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : 220.00 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 9.50 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 153.9 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,t}$: 153.9 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.56

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{19.79 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 19.79

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

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.54 kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{649.77} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{188.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$2.082 \leq 9.463$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{20.42} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{185.67} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.055 \leq 33.118$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.54} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{649.77} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.448} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.471} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.283} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{10.47} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{54.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{1400.25} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{127.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{60.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.	A : <u>91.00</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>827.00</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>393.90</u> cm ³
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : <u>153.9</u> MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 153.9 MPa

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v :** 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.56

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.02

k_z : 1.00

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente. **C_{m,y} :** 1.00
C_{m,z} : 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y :** 0.28
χ_z : 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 :** 1.63
λ̄_z : 0.00

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. **α_y :** 0.60
α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$2.082 \leq 9.463$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : 20.42 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : 185.67 \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.001 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 4.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 47.86 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 153.9 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : 153.9 \text{ MPa}$$

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

$$f_y : 275.0 \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : 0.56$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : 1.00$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N74, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{9.55} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{185.64} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{185.67} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(270^\circ)H1$.

$$\mathbf{V}_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed} : \underline{0.19} \text{ kN}$$

$$\mathbf{M}_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V}_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{649.65} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{V}_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad \mathbf{V}_{pl,Rd} : \underline{649.77} \text{ kN}$$

$$\mathbf{\tau}_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \mathbf{\tau}_{T,Ed} : \underline{0.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{W}_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad \mathbf{W}_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{f}_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f}_{yd} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{y,s}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f}_{y,s} : \underline{153.9} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k}_{y,s}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k}_{y,s} : \underline{0.56}$$

$$\mathbf{\gamma}_{M,s}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma}_{M,s} : \underline{1.00}$$

➤ Pilar del conjunto del edificio

Ésta comprobación es válida para todas las naves del edificio, ya que el pilar más solicitado en todas ellas, es el pilar que comparten. Por lo tanto únicamente se realizará una comprobación.

Barra N3/N120

Perfil:	HE	280	B				
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud	Características mecánicas			
	Inicial	Final	(m)	Área	$I_y^{(1)}$	$I_z^{(1)}$	$I_t^{(2)}$
	N3	N120	8.000	131.40	19270.00	6595.00	143.70
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.70	0.60	1.00	1.00		
	L_K	5.600	4.777	8.000	8.000		
	C_m	.000	1.000	1.000	1.000		
	Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos						
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Temperatura máx. de la barra: 538.0 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N3/N120	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 8.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 19.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 70.5$	$\eta = 3.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 87.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.4$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N3/N120	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.8$	$x: 7.91 \text{ m}$ $\eta = 19.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 34.8$	$\eta = 2.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 53.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 53.4$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.														
Notación: N_t : Resistencia a tracción N_c : Resistencia a compresión M_y : Resistencia a flexión eje Y M_z : Resistencia a flexión eje Z V_z : Resistencia a corte Z V_y : Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_y M_z$: 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														

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

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

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

$\bar{\lambda}$: **0.89**



Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 131.40 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.0 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 4358.71 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 17500.35 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 4358.71 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** 7772.32 kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 19270.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 6595.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 143.70 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 1130000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 4.777 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 5.600 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 8.000 m

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_o :** 14.03 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y :** 12.11 cm

i_z : 7.08 cm

y_o , z_o: Coordenadas del centro de torsión **y_o :** 0.00 mm

en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

z_0 : 0.00 mm

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.049 ✓

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

η : 0.082 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$N_{c,Ed}$: 163.61 kN

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

$N_{c,Rd}$: 3316.29 kN

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 131.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.4 MPa

Siendo:

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

f_y : 265.0 MPa

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{2001.86} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

$$\chi_z : \underline{0.60}$$

$$\chi_T : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.64}$$

$$\phi_z : \underline{1.07}$$

$$\phi_T : \underline{0.84}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

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

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.89}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.67}$$

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

$$N_{cr} : \underline{4358.71} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{17500.35} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{4358.71} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{7772.32} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.151} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.197}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{41.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{58.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{387.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

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:

$$M_{b,Rd} : \underline{297.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.77}$$

Siendo:

$$\phi_{LT} : \underline{0.93}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.85}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{566.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

Siendo:

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

$$M_{LTV} : \underline{498.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{LTW} : \underline{268.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y} : \underline{1376.43} \text{ cm}^3$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : \underline{6595.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : \underline{143.70} \text{ cm}^4$

E : Módulo de elasticidad. $E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G : Módulo de elasticidad transversal. $G : \underline{81000} \text{ MPa}$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $L_c^+ : \underline{8.000} \text{ m}$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $L_c^- : \underline{8.000} \text{ m}$

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. $i_{f,z}^+ : \underline{7.76} \text{ cm}$

$$i_{f,z}^- : \underline{7.76} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \mathbf{0.705} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$. M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{127.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$. M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : \underline{100.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$M_{c,Rd} : \underline{181.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,z}$: 717.60 cm^3

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.4 MPa

Siendo:

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

f_y : 265.0 MPa

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \mathbf{0.032} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 13.86 kN

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

$V_{c,Rd}$: 428.39 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 29.40 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 280.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 10.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 252.4 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 265.0 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 1.05

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 23.24 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 23.24

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 265.0 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.036}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{55.25} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{105.78} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{244.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$1.413 \leq 21.835$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{13.86} \text{ kN}$$

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

$V_{c,Rd}$: 428.39 kN

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$5.632 \leq 78.560$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 55.25 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1541.34 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.774} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.541} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.874} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

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

$N_{c,Ed}$: 150.94 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos,

$M_{y,Ed}$: 8.86 kN·m

según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{127.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{3316.29} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{387.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{181.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{717.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

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

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.09}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

$$\chi_z : \underline{0.60}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.77}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.89}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$5.632 \leq 78.128$$

Donde:

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

$$V_{Ed,y} : \underline{55.25} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,y} : \underline{1532.87} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.015} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{11.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \mathbf{0.012} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.31} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{426.04} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{428.39} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.62} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1532.87} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.050}$$



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

$$\eta : \underline{0.098}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{115.99} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2304.57} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 131.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 175.4 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 175.4 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.66

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

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

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1179.27} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 131.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 175.4 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 175.4 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.66

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.83}$$

$$\chi_z : \underline{0.51}$$

$$\chi_T : \underline{0.67}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.72}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

k_{ϕ} : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

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

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

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

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

$$\phi_z : \underline{1.26}$$

$$\phi_T : \underline{0.95}$$

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.52}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.05}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.79}$$

$$k_{\phi} : \underline{1.17}$$

$$N_{cr} : \underline{4358.71} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{17500.35} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{4358.71} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{7772.32} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.104} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.191} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.910 m del nudo N3, para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{27.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{269.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 1534.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 175.4 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,s}$:** 175.4 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **$k_{y,s}$:** 0.66

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M,s}$:** 1.00

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

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

$$M_{b,Rd} : \underline{146.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 1534.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 175.4 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,s}$:** 175.4 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **$k_{y,s}$:** 0.66

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M,s}$:** 1.00

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.54}$$

Siendo:

$$\phi_{LT} : \underline{1.19}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.99}$$

$k_{y,y}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,y} : \underline{1.17}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{566.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

Siendo:

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

$$M_{LTV} : \underline{498.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{LTW} : \underline{268.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{1376.43} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{6595.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{143.70} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{8.000} \text{ m}$$

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

$$L_c^- : \underline{8.000} \text{ m}$$

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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{7.76} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{7.76} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.348} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^+ : \underline{43.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{31.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{125.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 717.60 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 175.4 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,s}$:** 175.4 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **$k_{y,s}$:** 0.66

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M,s}$:** 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{6.48} \text{ kN}$

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

$V_{c,Rd} : \underline{297.70} \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{29.40} \text{ cm}^2$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{280.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{10.50} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{175.4} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : \underline{175.4} \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : \underline{0.66}$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{23.24 < 65.92}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{23.24}$

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

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.94}$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.0}$ MPa
 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{265.0}$ MPa

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$\eta : \underline{0.017}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{18.67}$ kN

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

$V_{c,Rd} : \underline{1071.12}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{105.78}$ cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{131.40}$ cm²
 d : Altura del alma. $d : \underline{244.00}$ mm
 t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{10.50}$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{175.4}$ MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : \underline{175.4}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{265.0}$ MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : \underline{0.66}$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.661 \leq 15.173$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{6.48} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{297.70} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$1.903 \leq 54.593$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{18.67} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1071.12} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.421}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.342}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.534}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{111.84} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{6.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{43.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{2304.57} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{269.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{125.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{717.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{175.4} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{175.4} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.66}$$

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

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

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.13}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: 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>0.83</u>
	χ_z : <u>0.51</u>
χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	χ_{LT} : <u>0.54</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>0.52</u>
	$\bar{\lambda}_z$: <u>1.05</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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H2.

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

$$0.661 \leq 15.088$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{6.48} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{296.02} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.015} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd} : 8.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 79.83 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 175.4 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : 175.4 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 265.0 \text{ MPa}$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : 0.66$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : 1.00$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.012$ 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.2·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 3.56 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$V_{pl,T,Rd} : 296.02 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : 297.70 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : 1.4 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 79.83 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 175.4 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : 175.4 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 265.0 \text{ MPa}$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : 0.66$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : 1.00$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $G+0.2 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.46 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} : 1065.08 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : 1071.12 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : 1.4 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 79.83 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 175.4 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,t}$: 175.4 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 265.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.66

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

➤ Viga de la nave principal (nave de producción)

Barra N20/N24

Perfil:		IPE				400		
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)
	N20	N24	12.046		84.50	23130.00	1318.00	51.08
	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	0.16	1.14	0.16	0.33			
	L _K	1.900	13.734	1.900	4.000			
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
	Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio								
Resistencia requerida: R 30								
Temperatura máx. de la barra: 335.0 °C								
Pintura intumescente: 1.2 mm								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N20/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 2.5	x: 0.141 m η = 77.7	x: 0.141 m η = 1.3	x: 0.141 m η = 9.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 81.3	η < 0.1	η = 0.6	x: 0.141 m η = 9.5	η < 0.1	CUMPLE η = 81.3

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
N20/N24	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 40.1	x: 0.141 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.3	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	CUMPLE η = 42.3	
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados 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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

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

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

$\bar{\lambda} : \quad \mathbf{0.94} \quad \checkmark$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 2541.42 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 2541.42 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 7567.03 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** 3623.90 kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 23130.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 1318.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 51.08 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 490000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 13.734 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 1.900 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 4.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 17.01 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y :** 16.54 cm
i_z : 3.95 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀ :** 0.00 mm
z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

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

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{37.74} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H2+1.5·N(EI).

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{36.96} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2119.16} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1504.69} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.71}$$

$$\chi_z : \underline{0.87}$$

$$\chi_T : \underline{0.73}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.02}$$

$$\phi_z : \underline{0.71}$$

$$\phi_T : \underline{0.91}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_y :** 0.21

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.94}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.54}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.78}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>2541.42</u> kN
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>2541.42</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>7567.03</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>3623.90</u> kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.504} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.777} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^+ : \underline{162.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$.

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{172.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{342.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$

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:

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{305.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{222.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.89}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.65}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.66}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{1.05}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.48}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.92}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. $M_{cr}^+ : \underline{1573.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{cr}^- : \underline{425.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

Siendo:

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

$$M_{LTV}^+ : \underline{559.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{265.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{LTW}^+ : \underline{1470.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{331.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{51.08} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{1.900} \text{ m}$$

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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.71} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.71} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $1.35\cdot G + 1.5\cdot V(90^\circ)H1 + 0.75\cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $0.8\cdot G + 1.5\cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z} :** 229.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{MO} :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 49.33 kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{520.17} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v :** 34.40 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h :** 400.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w :** 8.60 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.0 MPa

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{43.37 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 43.37

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

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.0 MPa

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

f_y : 275.0 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H1.

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

V_{Ed} : 0.03 kN

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

$V_{c,Rd}$: 792.68 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 52.42 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.	A : $\underline{84.50}$ cm ²
d : Altura del alma.	d : $\underline{373.00}$ mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : $\underline{8.60}$ mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : $\underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\underline{275.0}$ MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : $\underline{1.05}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

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

$$5.029 \leq 26.512$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : $\underline{49.33}$ kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : $\underline{520.17}$ kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

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

$$0.003 \leq 40.401$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.03 kN $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 792.68 kN**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

 η : 0.523 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.813 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.798 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 32.06 kN $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}$: 172.44 kN·m $M_{z,Ed}$: 0.30 kN·m**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.**Clase** : 1 $N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: 2213.10 kN $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 342.31 kN·m $M_{pl,Rd,z}$: 59.98 kN·m**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.**A** : 84.50 cm² $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 1307.00 cm³ $W_{pl,z}$: 229.00 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

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

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.70}$$

$$\chi_z : \underline{0.86}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.65}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.96}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.55}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$.

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

$$5.029 \leq 26.478$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{49.33} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{519.51} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{5.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.84} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{49.33} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{519.51} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{520.17} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.5} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.84} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{791.67} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{792.68} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.5} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.84} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 4.63 kN

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

$N_{t,Rd}$: 1707.07 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra. A : 84.50 cm²
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 202.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa
 $k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s}$: 0.73

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

η : 0.010 ✓

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

$$\eta : \underline{0.017}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{16.31} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1634.61} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{80.91} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

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

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{944.90} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{80.91} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0$ MPa
 $k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : 0.73$

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t} : 1.00$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.58$

$\chi_z : 0.82$

$\chi_T : 0.67$

Siendo:

$\phi_y : 1.12$

$\phi_z : 0.73$

$\phi_T : 0.95$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\alpha_T : 0.49$

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

$\bar{\lambda}_y : 0.94$

$\bar{\lambda}_z : 0.54$

$\bar{\lambda}_T : 0.78$

$k_{y,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : 1.00$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr} : 2541.42$ kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : 2541.42$ kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 7567.03$ kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : 3623.90$ kN

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.236$ ✓

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

$$\eta : \underline{0.401}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{17.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones $G+0.2 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{62.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{264.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{225.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{155.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{202.0}$ MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : \underline{202.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : \underline{0.73}$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}^+ : \underline{0.86}$

$\chi_{LT}^- : \underline{0.59}$

Siendo:

$\phi_{LT}^+ : \underline{0.68}$

$\phi_{LT}^- : \underline{1.10}$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_{LT} : \underline{0.49}$

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.48}$

$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.92}$

$k_{s,s}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{s,s} : \underline{1.00}$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. $M_{cr}^+ : \underline{1573.07}$ kN·m

$M_{cr}^- : \underline{425.06}$ kN·m

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

Siendo:

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

$M_{LTV}^+ : \underline{559.54}$ kN·m

$M_{LTV}^- : \underline{265.78}$ kN·m

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

$$M_{LTW}^+ : \underline{1470.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{331.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : \underline{51.08} \text{ cm}^4$

E : Módulo de elasticidad. $E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G : Módulo de elasticidad transversal. $G : \underline{81000} \text{ MPa}$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $L_c^+ : \underline{1.900} \text{ m}$

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. $i_{f,z}^+ : \underline{4.71} \text{ cm}$

$i_{f,z}^-$: 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. $i_{f,z}^- : \underline{4.71} \text{ cm}$

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : \underline{0.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{46.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z} : \underline{229.00} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 202.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s}$: 0.73

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

η : **0.046** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones G+0.2·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 18.64 kN

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

$V_{c,Rd}$: 401.23 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 34.40 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 400.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que $f_{y,s}$: 202.0 MPa

alcanza el perfil.

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa
 $k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.73

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{43.37 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 43.37

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

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa
 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.01 kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{611.43} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.42} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{373.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.60} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$1.900 \leq 20.450$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.2·N(R)1.

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

$$V_{Ed} : \underline{18.64} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{401.23} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.001 \leq 31.164$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{611.43} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.248} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.423} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.415} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones G+0.2·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{13.99} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{62.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{1707.07} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{264.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{46.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{229.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

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

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.57}$$

$$\chi_z : \underline{0.81}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.59}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.96}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.55}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $G+0.2\cdot N(R)1$.

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

$$1.900 \leq 20.425$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{18.64} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{400.74} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(90^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{4.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.84} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

η : 0.046 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N20, para la combinación de acciones G+0.2·N(R)2.

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

V_{Ed} : 18.30 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 400.74 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 401.23 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.4 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 37.84 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

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

$f_{y,s}$: 202.0 MPa

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

f_y : 275.0 MPa

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

$k_{y,s}$: 0.73

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \mathbf{0.001}$$


Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.2·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.00 kN

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **M_{T,Ed}** : 0.01 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

V_{pl,T,Rd} : 610.69 kN

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{pl,Rd}** : 611.43 kN
τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión. **τ_{T,Ed}** : 0.4 MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : 37.84 cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 202.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 202.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.73

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s}** : 1.00

➤ Viga de la nave de almacén

Barra N12/N13

Perfil:		IPB				330	
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)
	N12	N13	6.023	62.60	11770.00	788.10	28.15
	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	1.24	0.32	0.66		
L _K		1.900	7.487	1.900	4.000		
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Temperatura máx. de la barra: 332.0 °C							
Pintura intumescente: 1.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m η = 5.3	x: 0.141 m η = 4.9	x: 0.141 m η = 66.2	x: 0.141 m η = 7.0	x: 0.141 m η = 7.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 72.7	η < 0.1	η = 1.3	x: 0.141 m η = 7.4	η < 0.1	CUMPLE η = 72.7

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N12/N13	x: 6.02 m η = 1.9	x: 0.141 m η = 2.3	x: 0.141 m η = 39.3	x: 0.141 m η = 2.1	x: 0.141 m η = 3.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.5	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 3.7	η < 0.1	CUMPLE η = 42.5
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

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

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

$\bar{\lambda} : \quad 0.83 \quad \checkmark$

Donde:

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

Clase : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 60.78 cm²

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

f_y : 275.0 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 2422.26 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 4351.35 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 4524.75 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** 2422.26 kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 11770.00 cm⁴

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

I_z : 788.10 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 28.15 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 199100.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 7.487 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 1.900 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 4.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 14.16 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 13.71 cm

i_z : 3.55 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.053}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

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

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{87.60} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.034}$$



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

$$\eta : \underline{0.049}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{54.70} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{1591.73} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}:** 60.78 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 275.0 MPa

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}: 1122.74 kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}:** 60.78 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 275.0 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}:** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y: 0.88

χ_z: 0.83

χ_T: 0.71

Siendo:

φ_y: 0.74

φ_z: 0.75

φ_T: 0.95

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y: 0.21

α_z: 0.34

α_T: 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y: 0.62

λ̄_z: 0.61

λ̄_T: 0.83

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

N_{cr}: 2422.26 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>4351.35</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>4524.75</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>2422.26</u> kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.398} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.662} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^+ : \underline{58.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$.

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{83.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{210.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 804.30 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

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)

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{183.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{126.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : \underline{804.30} \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.87}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.60}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.70}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{1.13}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.53}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.00}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. $M_{cr}^+ : \underline{791.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{cr}^- : \underline{223.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

Siendo:

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

$$M_{LTV}^+ : \underline{321.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{LTW}^- : \underline{152.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{723.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{163.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

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

$$W_{el,y} : \underline{713.33} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{788.10} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{28.15} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_c^+ : \underline{1.900} \text{ m}$$

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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.20} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.20} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35\cdot G + 1.5\cdot Q$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones $0.8\cdot G + 1.5\cdot V(0^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{40.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z} :** 153.70 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.079 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H1+1.5·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 29.44 kN

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

V_{c,Rd} : 374.25 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v :** 24.75 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h :** 330.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w :** 7.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{40.93 < 64.71}$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{40.93}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

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

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{235.0} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

$$V_{\text{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{\text{Ed}} : \underline{0.57} \text{ kN}$$

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.	A : <u>62.60</u> cm ²
d : Altura del alma.	d : <u>307.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.50</u> mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

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

$$3.001 \leq 19.075$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H1+1.5·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 29.44 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 374.25 kN

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

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

$$0.058 \leq 30.500$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.57 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 598.42 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.456} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.727} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.726} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$$N_{c,Ed} : \underline{54.70} \text{ kN}$$

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo p^{ésimos}, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{83.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{1.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{804.30} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{153.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, **k_z**, **k_{y,LT}**: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.03}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.88}$$

$$\chi_z : \underline{0.83}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.60}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.63}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.62}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H1 + 1.5 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$3.001 \leq 19.062$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{29.44} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{373.99} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H1.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo **M_{T,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M}_{T,Rd} : \underline{3.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W}_T : \underline{24.48} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V}_{Ed} : \underline{27.62} \text{ kN}$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{373.99} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 374.25 kN
 $\tau_{T,Ed}$: 0.3 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 24.48 cm³
 f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.0 MPa
 γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta < 0.001$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.19 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 598.01 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 598.42 kN
 $\tau_{T,Ed}$: 0.3 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 24.48 cm³
 f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.0 MPa
 γ_{M0} : 1.05

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones G+0.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{23.97} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{1270.90} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{f}_{y,s} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{k}_{y,s} : \underline{0.74}$$

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones $G+0.2 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{18.18} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1233.85} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.74}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{793.27} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,t}$: <u>0.74</u>
$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,t}$: <u>1.00</u>
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.	
	χ_y : <u>0.77</u>
	χ_z : <u>0.78</u>
	χ_T : <u>0.64</u>
Siendo:	
	ϕ_y : <u>0.79</u>
	ϕ_z : <u>0.78</u>
	ϕ_T : <u>1.00</u>
α : Coeficiente de imperfección elástica.	
	α_y : <u>0.49</u>
	α_z : <u>0.49</u>
	α_T : <u>0.49</u>
$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.	
	$\bar{\lambda}_y$: <u>0.62</u>
	$\bar{\lambda}_z$: <u>0.61</u>
	$\bar{\lambda}_T$: <u>0.83</u>
$k_{s,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{s,t}$: <u>1.00</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>2422.26</u> kN
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>4351.35</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>4524.75</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>2422.26</u> kN

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.213} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.393} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$$\mathbf{M_{Ed}^+}: \text{Momento flector solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexi3n negativa:

El esfuerzo solicitante de c\`alculo p\`esimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinaci3n de acciones $G+0.2\cdot N(EI)$.

$$\mathbf{M_{Ed}^-}: \text{Momento flector solicitante de c\`alculo p\`esimo.} \quad \mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{34.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de c\`alculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{163.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la secci3n, seg\`un la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl\`astica de los elementos planos de una secci3n a flexi3n simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$: M3dulo resistente pl\`astico correspondiente a la fibra con mayor tensi3n, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : 804.30 cm³

f_{yd} : Resistencia de c\`alculo del acero. **f_{yd}** : 203.0 MPa

Siendo:

$f_{y,r}$: L\`imite el\`astico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,r}$** : 203.0 MPa

f_y : L\`imite el\`astico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

$k_{y,r}$: Factor de reducci3n del l\`imite el\`astico para la temperatura que alcanza el perfil. **$k_{y,r}$** : 0.74

$\gamma_{M,r}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M,r}$** : 1.00

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Art\`iculo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de c\`alculo $\mathbf{M_{b,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{b,Rd}^+} : \underline{135.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{b,Rd}^-} : \underline{88.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: M3dulo resistente pl\`astico correspondiente a la fibra con mayor tensi3n, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : 804.30 cm³

f_{yd} : Resistencia de c\`alculo del acero. **f_{yd}** : 203.0 MPa

Siendo:

$f_{y,r}$: L\`imite el\`astico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,r}$** : 203.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : \underline{0.74}$

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t} : \underline{1.00}$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}^+ : \underline{0.83}$

$\chi_{LT}^- : \underline{0.54}$

Siendo:

$\phi_{LT}^+ : \underline{0.72}$

$\phi_{LT}^- : \underline{1.19}$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_{LT} : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.53}$

$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.00}$

$k_{y,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : \underline{1.00}$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. $M_{cr}^+ : \underline{791.38}$ kN·m

$M_{cr}^- : \underline{223.40}$ kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$M_{LTv}^+ : \underline{321.20}$ kN·m

$M_{LTv}^- : \underline{152.57}$ kN·m

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$M_{LTW}^+ : \underline{723.26}$ kN·m

$M_{LTW}^- : \underline{163.19}$ kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y} : \underline{713.33}$ cm³

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>788.10</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>28.15</u> cm ⁴
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_c⁺ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c⁺ : <u>1.900</u> m
L_c⁻ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c⁻ : <u>4.000</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>4.20</u> cm
	i_{f,z}⁻ : <u>4.20</u> cm

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.021}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones G+0.2·N(EI).

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{31.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{153.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.	$f_{y,t}$: <u>203.0</u> MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,t}$: <u>0.74</u>
$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,t}$: <u>1.00</u>

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.038}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : <u>10.90</u> kN
-------------------------------------------------------------	----------------------------

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{290.10} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.	A_v : <u>24.75</u> cm ²
--------------------------------------	--------------------------------------

Siendo:

h : Canto de la sección.	h : <u>330.00</u> mm
----------------------------	------------------------

t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.50</u> mm
---------------------------	------------------------

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>203.0</u> MPa
----------------------------------------------	-----------------------------

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.	$f_{y,t}$: <u>203.0</u> MPa
---------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
---------------------------------------------------	--------------------------

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,t} : \underline{0.74}$$

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,t} : \underline{1.00}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$40.93 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{40.93}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{463.87} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : 39.58 cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : 62.60 cm²

d: Altura del alma. **d** : 307.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : 7.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 203.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 203.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.74

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s}** : 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.111 \leq 14.786$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 10.90 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 290.10 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.014 \leq 23.643$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{463.87} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.241} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.423} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.425} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones G+0.2·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{18.18} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{34.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1270.90} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{163.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{31.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{804.30} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{153.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{203.0}$ MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : \underline{203.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : \underline{0.74}$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$k_y : \underline{1.01}$

$k_z : \underline{1.01}$

$k_{y,LT} : \underline{1.00}$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$: 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.

$\chi_y : \underline{0.77}$

$\chi_z : \underline{0.78}$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT} : \underline{0.54}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.63}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.62}$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.111 \leq 14.781$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.90} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{290.00} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{2.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.48} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.74}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.037 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.141 m del nudo N12, para la combinación de acciones G+0.2·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 10.84 \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 290.00 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 290.10 \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 0.1 \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 24.48 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 203.0 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : 203.0 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.0 \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : 0.74$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : 1.00$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $G+0.2\cdot N(R)2$.

$$\mathbf{V}_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed} : \underline{0.08} \text{ kN}$$

$$\mathbf{M}_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V}_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{463.71} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{V}_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad \mathbf{V}_{pl,Rd} : \underline{463.87} \text{ kN}$$

$$\mathbf{\tau}_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \mathbf{\tau}_{T,Ed} : \underline{0.1} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{W}_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad \mathbf{W}_T : \underline{24.48} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{f}_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f}_{yd} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{f}_{y,s}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{f}_{y,s} : \underline{203.0} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{f}_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f}_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{k}_{y,s}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad \mathbf{k}_{y,s} : \underline{0.74}$$

$$\mathbf{\gamma}_{M,s}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma}_{M,s} : \underline{1.00}$$

➤ Viga de la nave de oficinas

Barra N70/N12

Perfil:		IPE				400	
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)
	N70	N12	6.023	84.50	23130.00	1318.00	51.08
	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	0.11		0.73	0.32	0.66		
L _K	0.663		4.397	1.900	4.000		
C _m	1.000		1.000	1.000	1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Temperatura máx. de la barra: 335.0 °C							
Pintura intumescente: 1.2 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N70/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m η = 7.6	x: 0 m η = 10.4	x: 6.02 m η = 75.4	x: 6.02 m η = 2.3	x: 6.02 m η = 10.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.02 m η = 78.6	η < 0.1	η = 5.1	x: 6.02 m η = 7.8	η < 0.1	CUMPLE η = 78.6

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
N70/N12	x: 6.02 m η = 2.4	x: 0 m η = 5.8	x: 6.02 m η = 47.5	x: 6.02 m η = 1.6	x: 6.02 m η = 5.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.02 m η = 49.8	η < 0.1	η = 2.1	x: 6.02 m η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 49.8	
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados 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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : \quad \mathbf{0.78} \quad \checkmark$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : <u>4</u>
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : <u>80.91</u> cm ²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : <u>3623.90</u> kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : <u>24798.99</u> kN
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : <u>62234.93</u> kN
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : <u>3623.90</u> kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>23130.00</u> cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>1318.00</u> cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>51.08</u> cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>490000.00</u> cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>4.397</u> m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.663</u> m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>4.000</u> m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>17.01</u> cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>16.54</u> cm
	i_z : <u>3.95</u> cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.076}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{168.94} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.077}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.104}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N70, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{162.17} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2119.16} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1556.57} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.98}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$$\chi_T : \underline{0.73}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.56}$$

$$\phi_z : \underline{0.52}$$

$$\phi_T : \underline{0.91}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_y :** 0.21

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.30}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.19}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.78}$$

$$N_{cr} : \underline{3623.90} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{24798.99} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{62234.93} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{3623.90} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.489} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.754} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{112.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{167.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{342.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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:

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{305.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{222.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.89}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.65}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.66}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{1.05}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.48}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.92}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1573.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{425.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{559.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{265.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{1470.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{331.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{51.08} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.900} \text{ m}$$

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.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.71} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.71} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $0.8\cdot G+1.5\cdot V(90^\circ)H1+0.75\cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $1.35\cdot G+1.5\cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z} :** 229.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.108 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 56.17 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 520.17 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v :** 34.40 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h :** 400.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w :** 8.60 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$43.37 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 43.37

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.37 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 792.68 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 52.42 cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta.**A** : $\underline{84.50}$ cm²**d**: Altura del alma.**d** : $\underline{373.00}$ mm**t_w**: Espesor del alma.**t_w** : $\underline{8.60}$ mm**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : $\underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : $\underline{275.0}$ MPa**γ_{MO}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**γ_{MO}** : $\underline{1.05}$ **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente**

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.896 \leq 26.512$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H2+1.5·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}** : $\underline{18.60}$ kN**V_{c,Rd}**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V_{c,Rd}** : $\underline{520.17}$ kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente**

(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.037 \leq 40.401$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}** : $\underline{0.37}$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 792.68 kN**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

 η : 0.524 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.786 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.633 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 50.25 kN $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}$: 167.39 kN·m $M_{z,Ed}$: 0.73 kN·m**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.**Clase** : 1 $N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: 2213.10 kN $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 342.31 kN·m $M_{pl,Rd,z}$: 59.98 kN·m**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2) A : Área de la sección bruta. A : 84.50 cm² $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 1307.00 cm³ $W_{pl,z}$: 229.00 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05 k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.79}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.98}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.65}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.31}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.19}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.896 \leq 26.456$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{18.60} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{519.07} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \underline{0.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo **M_{T,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} : \underline{5.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W_T} : \underline{37.84} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{40.42} \text{ kN}$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} : \underline{519.07} \text{ kN}$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{pl,Rd}} : \underline{520.17} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{0.8}$ MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{37.84}$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.13}$ kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.03}$ kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{791.01}$ kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{792.68}$ kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{0.8}$ MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{37.84}$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 41.80 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 1707.07 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 84.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

f_{y,s} : 202.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{y,s} : 0.73

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,s} : 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.058} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N70, para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(90^\circ)H1$.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{63.94} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1634.61} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 202.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 202.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.73

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1099.21} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 202.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 202.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.73

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$$\chi_T : \underline{0.67}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.57}$$

$$\phi_z : \underline{0.52}$$

$$\phi_T : \underline{0.95}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.30}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.78}$$

k_{ϕ} : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\phi} : \underline{1.00}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3623.90} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{24798.99} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{62234.93} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3623.90} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.279} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.475} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(0^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{73.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{264.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{225.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{155.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t} : \underline{0.73}$

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t} : \underline{1.00}$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}^+ : \underline{0.86}$

$\chi_{LT}^- : \underline{0.59}$

Siendo:

$\phi_{LT}^+ : \underline{0.68}$

$\phi_{LT}^- : \underline{1.10}$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.48}$

$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.92}$

$k_{s,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{s,t} : \underline{1.00}$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$M_{cr}^+ : \underline{1573.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{cr}^- : \underline{425.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$M_{LTV}^+ : \underline{559.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTV}^- : \underline{265.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$M_{LTw}^+ : \underline{1470.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTw}^- : \underline{331.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{51.08} \text{ cm}^4$

E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_c⁺ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c⁺ : <u>1.900</u> m
L_c⁻ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c⁻ : <u>4.000</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>4.71</u> cm
	i_{f,z}⁻ : <u>4.71</u> cm

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.016 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁺** : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻** : 0.72 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 46.26 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z}** : 229.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 202.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 202.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.73

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.058 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 23.09 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 401.23 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 34.40 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 400.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 8.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,s}$: 202.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,s}$: 0.73

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{43.37 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 43.37

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.18 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 611.43 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 52.42 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 84.50 cm²

d : Altura del alma. d : 373.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{202.0}$ MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : \underline{202.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : \underline{0.73}$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.825 \leq 20.450$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{8.09}$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{401.23}$ kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.018 \leq 31.164$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.18 kN $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 611.43 kN**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

 η : 0.305 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.498 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.402 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

Donde:

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 25.85 kN $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}$: 73.65 kN·m $M_{z,Ed}$: 0.50 kN·m**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.**Clase**: 1 $N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: 1707.07 kN $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 264.04 kN·m $M_{pl,Rd,z}$: 46.26 kN·m**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2) A : Área de la sección bruta. A : 84.50 cm² $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 1307.00 cm³ $W_{pl,z}$: 229.00 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

 $f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 202.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,t}$: <u>0.73</u>
$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,t}$: <u>1.00</u>
$k_y, k_z, k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.	
	k_y : <u>1.00</u>
	k_z : <u>1.00</u>
	$k_{y,LT}$: <u>0.79</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$: 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>0.95</u>
	χ_z : <u>1.00</u>
χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	χ_{LT} : <u>0.59</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>0.31</u>
	$\bar{\lambda}_z$: <u>0.19</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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.825 \leq 20.433$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{8.09} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 400.89 kN

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.021 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.09 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$: 4.41 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 37.84 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 202.0 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,s}$: 202.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,s}$: 0.73

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.040 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N12, para la combinación de acciones G+0.2·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 16.09 kN

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **M_{T,Ed}** : 0.01 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

V_{pl,T,Rd} : 400.89 kN

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{pl,Rd}** : 401.23 kN

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión. **τ_{T,Ed}** : 0.2 MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : 37.84 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 202.0 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 202.0 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.73

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s}** : 1.00

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η < 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.2·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.10 kN

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **M_{T,Ed}** : 0.01 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{610.91} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{611.43} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.2} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.84} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{202.0} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

➤ Viga soporte del forjado de entreplanta

Barra N99/N97

Perfil:		IPE				270	
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (c 4)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N99	N97	6.000	45.90	5790.00	419.90	15.94
	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	6.00	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Temperatura máx. de la barra: 596.5 °C							
Pintura intumescente: 0.6 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N99/N97	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.3$	$\eta = 4.7$	x: 0.08 m $\eta = 83.5$	x: 0.08 m $\eta = 4.5$	x: 0.08 m $\eta = 39.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 90.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 25.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 90.5$

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
N99/N97	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 6.5$	x: 0.08 m $\eta = 79.6$	x: 0.08 m $\eta = 2.3$	x: 0.08 m $\eta = 37.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 87.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 37.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.9$	

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Notación:
 N_t: Resistencia a tracción
 N_c: Resistencia a compresión
 M_y: Resistencia a flexión eje Y
 M_z: Resistencia a flexión eje Z
 V_z: Resistencia a corte Z
 V_y: Resistencia a corte Y
 M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : 0.62$ ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 3333.46 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y} :** 3333.46 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 5790.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 419.90 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 15.94 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 70580.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 6.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 0.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 11.63 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y :** 11.23 cm

i_z : 3.02 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀ :** 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{16.08} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1202.14} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.047} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{49.80} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1202.14} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1062.79} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.88}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{0.73}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v :** 0.21

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_v : \underline{0.62}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr} :** 3333.46 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>3333.46</u> kN
$N_{cr,z}$: 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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.835} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo p\acute{e}simo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{105.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{126.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 484.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.045 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 1.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 25.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 96.95 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.9 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.0 \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.397 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{107.04}$ kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : \underline{269.46}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{17.82}$ cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{270.00}$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{6.60}$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{37.82 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{37.82}$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.92}$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.0}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.38} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{444.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{29.43} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{249.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$10.911 \leq 13.734$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 107.04 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 269.46 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente
(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.039 \leq 22.679$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.38 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 444.96 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.888} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.905} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.564} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{49.80}$ kN
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{105.84}$ kN·m $M_{z,Ed} : \underline{0.29}$ kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{1202.14}$ kN
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{126.76}$ kN·m $M_{pl,Rd,z} : \underline{25.39}$ kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.	$A : \underline{45.90}$ cm ²
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{484.00}$ cm ³ $W_{pl,z} : \underline{96.95}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.9}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{275.0}$ MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.88}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.62}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.911 \leq 13.734$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{107.04} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{269.46} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{2.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.251} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{67.55} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{269.30} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{269.46} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.2} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{444.69} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{444.96} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.2} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(0^\circ)H1$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{27.25} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{606.32} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 132.1 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 132.1 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.48

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{418.59} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 132.1 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s} :** 132.1 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s} :** 0.48

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s} :** 1.00

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.69}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.92}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.76}$$

$k_{y,s}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{1.23}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3333.46} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{3333.46} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.796} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(180^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{50.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{63.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{132.1} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,t}$: 132.1 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.48

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.023 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.29 kN·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 N99, para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.20 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 12.81 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase**: 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 96.95 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 132.1 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 132.1 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s}$: 0.48

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.379 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 51.44 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 135.91 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 17.82 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 270.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 132.1 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s}$: 132.1 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.48

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{37.82 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 37.82

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.10 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 224.42 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. **A_v** : 29.43 cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : 45.90 cm²

d: Altura del alma. **d** : 249.60 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : 6.60 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 132.1 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,s}** : 132.1 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,s}** : 0.48

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,s}** : 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$5.244 \leq 6.927$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(180°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 51.44 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 135.91 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No 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}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.010 \leq 11.438$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{224.42} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.839} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.879} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.539} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones G+0.2·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{24.64} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{50.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{606.32} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{63.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{12.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \text{ cm}^3$$

comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,z} : \underline{96.95} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{132.1} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{132.1} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.48}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.03}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.69}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.76}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $G+0.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$5.244 \leq 6.927$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: 51.44 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 135.91 kN

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$: 1.19 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 15.63 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 132.1 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,s}$: 132.1 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,s}$: 0.48

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.371 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N99, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{50.36}$ kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.00}$ kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{135.85}$ kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{135.91}$ kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{0.1}$ MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{15.63}$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{132.1}$ MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : \underline{132.1}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.0}$ MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : \underline{0.48}$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.07}$ kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{224.33} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{224.42} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.1} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{132.1} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{132.1} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.48}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

➤ *Pilar soporte de entreplanta*

Barra N98/N99

Perfil:	HE	160	B				
Material:	Acero (S275)						
	Nudos		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Longitud (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N98	N99	3.000	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	0.70		0.70	0.00	0.00		
L _K	2.100		2.100	0.000	.000		
C _m	1.000		1.000	1.000	1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Temperatura máx. de la barra: 626.5 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N98/N99	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 19.0	x: 2.87 m η = 21.8	x: 2.87 m η = 36.6	η = 7.2	η = 1.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 65.5	η < 0.1	η = 0.1	η = 1.1	η = 1.3	CUMPLE η = 65.5
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
N98/N99	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 25.3	x: 2.87 m η = 13.0	x: 2.87 m η = 29.0	η = 4.3	η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 66.0	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.5	η = 1.0	CUMPLE η = 66.0	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.															
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados 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															

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : \mathbf{0.60}$ ✓

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 : <u>1</u>
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>54.30</u> cm ²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.0</u> MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : <u>4179.07</u> kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : <u>11711.93</u> kN
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : <u>4179.07</u> kN
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : <u>∞</u>

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>2492.00</u> cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>889.20</u> cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>31.24</u> cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>47940.00</u> cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>2.100</u> m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>2.100</u> m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>7.89</u> cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>6.77</u> cm
	i_z : <u>4.05</u> cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.150}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.190}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N98, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{212.73} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1118.82} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05 χ : Coeficiente de reducción por pandeo. χ_y : 0.94 χ_z : 0.79

Siendo:

 ϕ_y : 0.59 ϕ_z : 0.78 α : Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.34 α_z : 0.49 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. $\bar{\lambda}_y$: 0.36 $\bar{\lambda}_z$: 0.60 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 4179.07 kN $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 11711.93 kN $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 4179.07 kN $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞ **Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

 η : 0.218 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$. M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 11.37 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$. M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 20.22 kN·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,y} :** 354.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.9 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.0 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.366} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁺ :** 12.55 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻ :** 16.31 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,z}$: 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. $f_{yd} : 261.9 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0 \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.072$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 13.88 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : 193.55 \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 12.80 \text{ cm}^2$

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. $f_{yd} : 261.9 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0 \text{ MPa}$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{16.75 < 64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 16.75

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.0 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.017} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 11.09 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 658.98 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 43.58 cm²

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} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.415 \leq 9.865$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 13.88 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 193.55 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.131 \leq 33.587$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 11.09 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 658.98 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.655} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.532} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.622} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinaci3n de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H2.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p^simo.

N_{c,Ed} : 122.89 kN

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p^simos, seg^un los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed} : 19.03 kN·m

M_{z,Ed} : 16.17 kN·m

Clase: Clase de la secci3n, seg^un la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

Clase : 1

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

N_{pl,Rd} : 1422.14 kN

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{pl,Rd,y} : 92.71 kN·m

M_{pl,Rd,z} : 44.52 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)**A**: 3rea de la secci3n bruta.

A : 54.30 cm²

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

W_{pl,y} : 354.00 cm³

W_{pl,z} : 170.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de c3lculo del acero.

f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacci3n.

k_y : 1.01

$$k_z : \underline{1.07}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.79}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.36}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.60}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante γ , además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.415 \leq 9.865$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{13.88} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{193.55} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{3.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.19} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{193.51} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{193.55} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.1} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.013 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 8.45 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 658.84 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 658.98 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.1 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 24.03 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.9 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.175} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.253} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N98, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{106.38} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{607.39} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \underline{0.41}$$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{420.87} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,t}$: 111.9 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.41

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo. χ_y : 0.87 χ_z : 0.69

Siendo:

 ϕ_y : 0.66 ϕ_z : 0.92 α : Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.49 α_z : 0.49 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. $\bar{\lambda}_y$: 0.45 $\bar{\lambda}_z$: 0.75 $k_{y,t}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 1.26 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 4179.07 kN $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 11711.93 kN $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 4179.07 kN $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

 η : 0.130 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(180^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : 4.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones $G+0.5\cdot V(0^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : 5.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd} : 39.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : 354.00 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 111.9 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : 111.9 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0 \text{ MPa}$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : 0.41$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : 1.00$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.290$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : 4.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : 5.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd} : 19.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z} : 170.00 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 111.9 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,s} : 111.9 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.0 \text{ MPa}$

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,s} : 0.41$

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,s} : 1.00$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.043$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 3.52 \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{82.66} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{12.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$h : \text{Canto de la sección.} \quad h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{y,s} : \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,s} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

$$k_{y,s} : \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,s} : \underline{0.41}$$

$$\gamma_{M,s} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M,s} : \underline{1.00}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{16.75 < 64.71}$$

Donde:

$$\lambda_w : \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{16.75}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon : \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$f_{ref} : \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{ref} : \underline{235.0} \text{ MPa}$$

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 3.75 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 281.44 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 43.58 cm²

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} : 111.9 MPa

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

f_{y,s} : 111.9 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{y,s} : 0.41

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,s} : 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio
(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.359 \leq 4.213$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.52} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{82.66} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio
(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.382 \leq 14.345$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.75} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{281.44} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.578} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.528} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.660} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.865 m del nudo N98, para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{96.97} \text{ kN}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M_{y,Ed}} : \underline{5.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{z,Ed}} : \underline{5.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\mathbf{N_{pl,Rd}} : \underline{607.39} \text{ kN}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M_{pl,Rd,y}} : \underline{39.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{pl,Rd,z}} : \underline{19.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_{y,s}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{f_{y,s}} : \underline{111.9} \text{ MPa}$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.0} \text{ MPa}$$

k_{y,s}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$\mathbf{k_{y,s}} : \underline{0.41}$$

γ_{M,s}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M,s}} : \underline{1.00}$$

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} : \underline{1.05}$$

$$\mathbf{k_z} : \underline{1.21}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\mathbf{C_{m,y}} : \underline{1.00}$$

$$\mathbf{C_{m,z}} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \underline{0.69}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.75}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.359 \leq 4.213$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.52} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{82.66} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 24.03 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 111.9 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,s}$: 111.9 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.0 MPa

$k_{y,s}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,s}$: 0.41

$\gamma_{M,s}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s}$: 1.00

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.015 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.21 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 82.65 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 82.66 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.0 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 24.03 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 111.9 MPa

Siendo:

$f_{y,s}$: Límite elástico reducido para la temperatura que

$f_{y,s}$: 111.9 MPa

alcanza el perfil.

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.41

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.010 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones G+0.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 2.76 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 281.40 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 281.44 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 0.0 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 24.03 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 111.9 MPa

Siendo:

$f_{y,t}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,t}$: 111.9 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.0 MPa

$k_{y,t}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,t}$: 0.41

$\gamma_{M,t}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,t}$: 1.00

➤ *Listado resumido de E.L.U. de las barras*

1.- ESTRUCTURA

1.1.- Resultados

1.1.1.- Barras

1.1.1.1.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N1/N84	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 18.9$	x: 0 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 27.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 27.9$
N84/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4.84 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 4.85 m $\eta = 7.1$	x: 2.73 m $\eta = 7.5$	x: 4.85 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.03 m $\eta = 13.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.4$
N3/N120	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{ed} = 0.00$ $N.P. (1)$	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 19.7$	x: 0 m $\eta = 70.5$	$\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 3.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 87.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 87.4$
N120/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 0.5$	x: 0.09 m $\eta = 16.1$	x: 1.81 m $\eta = 23.7$	x: 0.09 m $\eta = 5.7$	$\eta = 3.6$	x: 1.81 m $\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 37.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.8$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 37.2$
N2/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 5.3$	x: 0.141 m $\eta = 27.9$	x: 4.47 m $\eta = 5.7$	x: 0.141 m $\eta = 3.8$	x: 0.141 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 28.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.0$	x: 0.141 m $\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 28.4$
N4/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 2.9$	x: 0.141 m $\eta = 7.6$	x: 0.141 m $\eta = 22.6$	x: 0.141 m $\eta = 12.0$	x: 5.91 m $\eta = 2.5$	x: 0.141 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 32.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5.91 m $\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 32.3$
N6/N87	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 19.7$	x: 0 m $\eta = 18.1$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 29.4$
N87/N135	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{ed} = 0.00$ $N.P. (1)$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 2.92 m $\eta = 10.8$	x: 2.71 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.92 m $\eta = 15.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 15.7$
N135/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 0.3$	x: 0.08 m $\eta = 1.8$	x: 0.08 m $\eta = 8.1$	x: 0.08 m $\eta = 6.4$	x: 1.81 m $\eta = 2.5$	x: 1.81 m $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 13.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.7$
N4/N76	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 2.7$	x: 0.141 m $\eta = 9.4$	x: 0.141 m $\eta = 15.5$	x: 0.141 m $\eta = 8.9$	x: 6.02 m $\eta = 3.2$	x: 0.141 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 24.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 6.02 m $\eta = 2.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 24.6$
N76/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 9.4$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 5.91 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.55 m $\eta = 14.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 14.7$
N7/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 0.3$	x: 0.141 m $\eta = 6.1$	x: 0.141 m $\eta = 18.8$	x: 2.79 m $\eta = 1.6$	x: 6.02 m $\eta = 2.6$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 19.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 6.02 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 19.3$
N75/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 9.4$	x: 0 m $\eta = 7.4$	x: 5.91 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.91 m $\eta = 13.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.6$
N9/N80	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 29.6$	x: 0 m $\eta = 12.4$	x: 0 m $\eta = 7.6$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 34.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 34.3$
N80/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4.84 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 4.54 m $\eta = 14.2$	x: 0 m $\eta = 3.4$	x: 4.85 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.63 m $\eta = 15.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 15.0$
N11/N118	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{ed} = 0.00$ $N.P. (1)$	x: 0 m $\eta = 11.2$	x: 7.92 m $\eta = 31.7$	x: 0 m $\eta = 12.6$	$\eta = 4.7$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 43.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 4.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 43.1$
N118/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 2.2$	x: 0.08 m $\eta = 2.9$	x: 1.81 m $\eta = 31.9$	x: 0.08 m $\eta = 3.0$	$\eta = 5.1$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 34.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.9$	$\eta = 5.3$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 34.5$
N10/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.3$	x: 0.141 m $\eta = 2.8$	x: 0.141 m $\eta = 29.2$	x: 6.02 m $\eta = 1.5$	x: 0.141 m $\eta = 8.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 30.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	x: 0.141 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 30.0$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 5.3$	x: 0.141 m $\eta = 4.9$	x: 0.141 m $\eta = 66.2$	x: 0.141 m $\eta = 7.0$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 72.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	x: 0.141 m $\eta = 7.4$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 72.7$
N14/N88	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 7.4$	x: 0 m $\eta = 34.9$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 10.4$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 44.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.9$
N88/N133	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 2.92 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 2.92 m $\eta = 31.5$	x: 0 m $\eta = 4.2$	$\eta = 6.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.92 m $\eta = 34.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 34.9$
N133/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.2$	x: 0.08 m $\eta = 2.1$	x: 1.81 m $\eta = 36.1$	x: 0.08 m $\eta = 1.8$	x: 1.81 m $\eta = 7.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 37.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	$\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 37.6$
N12/N89	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 4.9$	x: 0.141 m $\eta = 5.1$	x: 0.141 m $\eta = 71.7$	x: 0.141 m $\eta = 5.4$	x: 0.141 m $\eta = 9.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 76.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 9.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 76.6$
N89/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 6.02 m $\eta = 46.2$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 4.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 6.02 m $\eta = 48.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 48.2$
N15/N90	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 5.1$	x: 0.141 m $\eta = 62.3$	x: 6.02 m $\eta = 2.2$	x: 0.141 m $\eta = 8.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 65.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 8.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 65.0$
N90/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 5.72 m $\eta = 46.2$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 6.02 m $\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.72 m $\eta = 48.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 3.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 48.2$
N17/N81	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 36.0$	x: 0 m $\eta = 12.3$	x: 0 m $\eta = 8.4$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 40.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.4$
N81/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4.84 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 4.85 m $\eta = 16.9$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 4.85 m $\eta = 6.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.54 m $\eta = 17.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.2$
N19/N116	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{ed} = 0.00$ $N.P. (1)$	x: 0 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 35.7$	x: 0 m $\eta = 12.5$	$\eta = 5.9$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 44.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 5.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.7$
N116/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.8$	x: 0.08 m $\eta = 2.7$	x: 1.81 m $\eta = 34.8$	x: 0.08 m $\eta = 3.0$	$\eta = 6.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 36.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.6$	$\eta = 5.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.6$
N18/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 36.8$	x: 6.02 m $\eta = 1.0$	x: 0.141 m $\eta = 8.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 37.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	x: 0.141 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 37.6$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 70.4$	x: 0.141 m $\eta = 2.1$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 71.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 71.7$
N22/N131	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 7.92 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 41.8$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 0 m $\eta = 10.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 44.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.7$
N131/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.1$	x: 0.08 m $\eta = 1.8$	x: 1.81 m $\eta = 37.8$	x: 0.08 m $\eta = 1.2$	x: 1.81 m $\eta = 7.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 39.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	$\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.3$
N20/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 2.5$	x: 0.141 m $\eta = 77.7$	x: 0.141 m $\eta = 1.3$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 81.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 81.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_{y1}	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	$M_y V_z$		$M_z V_y$
N23/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 2.4$	x: 0.141 m $\eta = 65.2$	x: 12 m $\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 68.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.5$
N25/N82	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 36.0$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 8.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 35.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.0$
N82/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4.84 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 4.85 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 4.85 m $\eta = 6.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.85 m $\eta = 17.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.1$
N27/N114	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ $N.P.^{(1)}$	x: 0 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 35.7$	x: 0 m $\eta = 12.3$	$\eta = 5.9$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 44.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	$\eta = 5.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.8$
N114/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.8$	x: 0.08 m $\eta = 2.7$	x: 1.81 m $\eta = 34.8$	x: 0.08 m $\eta = 3.0$	$\eta = 6.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 36.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.6$	$\eta = 5.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.6$
N26/N29	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.8$	x: 0.141 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 36.8$	x: 0.141 m $\eta = 1.0$	x: 0.141 m $\eta = 8.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 37.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 37.6$
N28/N29	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.8$	x: 0.141 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 70.4$	x: 0.141 m $\eta = 2.1$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 71.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 71.8$
N30/N129	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 7.92 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 41.8$	x: 0 m $\eta = 5.5$	x: 0 m $\eta = 10.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 44.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.7$
N129/N31	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.1$	x: 0.08 m $\eta = 1.8$	x: 1.81 m $\eta = 37.8$	x: 0.08 m $\eta = 1.2$	x: 1.81 m $\eta = 8.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 39.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	$\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.3$
N28/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 2.5$	x: 0.141 m $\eta = 77.7$	x: 0.141 m $\eta = 1.3$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 81.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 81.3$
N31/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 2.4$	x: 0.141 m $\eta = 65.2$	x: 12 m $\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 68.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.5$
N33/N83	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 36.0$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 8.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 35.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.0$
N83/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4.84 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 4.85 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 4.85 m $\eta = 6.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.85 m $\eta = 17.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.0$
N35/N112	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ $N.P.^{(1)}$	x: 0 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 35.7$	x: 0 m $\eta = 12.2$	$\eta = 5.9$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 44.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	$\eta = 5.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.8$
N112/N36	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.8$	x: 0.08 m $\eta = 2.7$	x: 1.81 m $\eta = 34.8$	x: 0.08 m $\eta = 3.0$	$\eta = 6.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 36.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.6$	$\eta = 5.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.6$
N34/N37	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.8$	x: 0.141 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 36.8$	x: 6.02 m $\eta = 1.0$	x: 0.141 m $\eta = 8.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 37.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 37.6$
N36/N37	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.8$	x: 0.141 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 70.4$	x: 0.141 m $\eta = 2.0$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 71.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 71.8$
N38/N127	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 7.92 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 41.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 0 m $\eta = 10.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 44.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.7$
N127/N39	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.1$	x: 0.08 m $\eta = 1.8$	x: 1.81 m $\eta = 37.8$	x: 0.08 m $\eta = 1.2$	x: 1.81 m $\eta = 8.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 39.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	$\eta = 6.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.3$
N36/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.8$	x: 0.141 m $\eta = 2.5$	x: 0.141 m $\eta = 77.7$	x: 0.141 m $\eta = 1.3$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 81.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 81.3$
N39/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.8$	x: 0.141 m $\eta = 2.4$	x: 0.141 m $\eta = 65.2$	x: 12 m $\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 68.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.5$
N41/N100	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 2.86 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 19.7$	x: 0 m $\eta = 10.2$	$\eta = 7.9$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 25.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 5.4$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 25.7$
N100/N42	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.84 m $\eta = 0.9$	x: 0.135 m $\eta = 1.4$	x: 0.135 m $\eta = 19.1$	x: 0.135 m $\eta = 3.5$	x: 0.135 m $\eta = 7.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.135 m $\eta = 22.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.2$
N43/N101	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ $N.P.^{(1)}$	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 20.6$	x: 0 m $\eta = 15.9$	$\eta = 7.0$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 39.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$\eta = 3.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.1$
N101/N110	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ $N.P.^{(1)}$	x: 0.135 m $\eta = 8.1$	x: 4.92 m $\eta = 27.9$	x: 0.135 m $\eta = 17.0$	$\eta = 6.4$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.92 m $\eta = 36.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.1$	$\eta = 5.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.4$
N110/N44	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 2.0$	x: 0.08 m $\eta = 2.7$	x: 1.81 m $\eta = 32.5$	x: 0.08 m $\eta = 4.3$	$\eta = 6.8$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 34.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.1$	$\eta = 5.9$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 34.4$
N42/N45	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.6$	x: 0.141 m $\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 35.7$	x: 6.02 m $\eta = 0.9$	x: 0.141 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 36.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.7$
N44/N45	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 1.6$	x: 0.141 m $\eta = 1.0$	x: 0.141 m $\eta = 70.9$	x: 0.141 m $\eta = 2.0$	x: 0.141 m $\eta = 8.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 72.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 8.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 72.1$
N46/N125	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 7.92 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 7.92 m $\eta = 40.8$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 10.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 44.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 6.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.9$
N125/N47	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 1.3$	x: 0.08 m $\eta = 1.8$	x: 1.81 m $\eta = 38.3$	x: 0.08 m $\eta = 1.2$	x: 1.81 m $\eta = 8.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 39.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	$\eta = 6.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.9$
N44/N48	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.9$	x: 0.141 m $\eta = 2.6$	x: 0.141 m $\eta = 77.4$	x: 0.141 m $\eta = 1.2$	x: 0.141 m $\eta = 9.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 81.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	x: 0.141 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 81.0$
N47/N48	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 12 m $\eta = 1.9$	x: 0.141 m $\eta = 2.5$	x: 0.141 m $\eta = 66.3$	x: 12 m $\eta = 0.7$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 69.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0.141 m $\eta = 9.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.6$
N49/N96	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 2.86 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 2.87 m $\eta = 22.3$	x: 0 m $\eta = 10.4$	$\eta = 11.3$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.87 m $\eta = 26.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 11.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.0$
N96/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.84 m $\eta = 0.7$	x: 0.135 m $\eta = 3.5$	x: 6.85 m $\eta = 13.9$	x: 0.135 m $\eta = 3.6$	x: 0.135 m $\eta = 6.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 6.84 m $\eta = 14.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 14.6$
N51/N97	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ $N.P.^{(1)}$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 2.87 m $\eta = 22.6$	x: 0 m $\eta = 20.4$	$\eta = 9.2$	$\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 43.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 7.2$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 43.0$
N97/N108	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4.92 m $\eta = 0.1$	x: 0.135 m $\eta = 8.3$	x: 4.92 m $\eta = 27.2$	x: 0.135 m $\eta = 19.6$	$\eta = 5.1$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.92 m $\eta = 36.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.3$	$\eta = 4.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.0$
N108/N52	$\bar{\lambda} < 2.0$	x:													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_{y1}	M_z	V_z	V_y	M_{yV_z}	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_zV_yV_z$	M_t	M_yV_z		M_zV_y
N55/N92	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 2.0$	x: 0.141 m $\eta = 5.3$	x: 0.141 m $\eta = 62.3$	x: 6.02 m $\eta = 1.6$	x: 0.141 m $\eta = 8.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 65.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 8.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 65.2$
N92/N56	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 5.72 m $\eta = 44.7$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 6.02 m $\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.72 m $\eta = 46.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 3.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 46.5$
N57/N93	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 2.86 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 2.87 m $\eta = 11.3$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 2.87 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.87 m $\eta = 21.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 2.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 21.4$
N93/N58	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.84 m $\eta = 0.5$	x: 0.135 m $\eta = 5.2$	x: 6.85 m $\eta = 6.9$	x: 3.91 m $\eta = 13.4$	x: 6.85 m $\eta = 3.8$	x: 0.135 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.75 m $\eta = 17.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.9$
N59/N94	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 0 m $\eta = 13.6$	$\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 31.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 31.5$
N94/N104	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.135 m $\eta = 5.8$	x: 4.92 m $\eta = 13.8$	x: 0.135 m $\eta = 26.3$	$\eta = 3.5$	x: 0.135 m $\eta = 2.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.135 m $\eta = 34.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.1$	$\eta = 1.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 34.2$
N104/N60	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 0.5$	x: 0.08 m $\eta = 0.6$	x: 0.08 m $\eta = 13.7$	x: 0.08 m $\eta = 16.7$	$\eta = 3.9$	x: 1.81 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 30.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 5.2$	$\eta = 1.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 30.5$
N58/N61	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 0.2$	x: 0.141 m $\eta = 4.7$	x: 0.141 m $\eta = 25.8$	x: 3.6 m $\eta = 4.6$	x: 0.141 m $\eta = 3.9$	x: 0.141 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 26.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0.141 m $\eta = 2.2$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.4$
N60/N61	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 3.3$	x: 0.141 m $\eta = 9.0$	x: 0.141 m $\eta = 19.8$	x: 0.141 m $\eta = 10.9$	x: 5.91 m $\eta = 2.8$	x: 0.141 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 29.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 5.91 m $\eta = 2.1$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 29.7$
N62/N86	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 17.9$	x: 0 m $\eta = 14.3$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 29.1$
N86/N107	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 2.92 m $\eta = 10.0$	x: 2.71 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.92 m $\eta = 15.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 15.3$
N107/N63	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 1.81 m $\eta = 0.4$	x: 0.08 m $\eta = 2.2$	x: 0.08 m $\eta = 7.0$	x: 0.08 m $\eta = 5.8$	x: 1.81 m $\eta = 3.5$	x: 1.81 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 13.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.0$
N60/N68	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta = 3.5$	x: 0.141 m $\eta = 8.1$	x: 6.02 m $\eta = 13.6$	x: 0.141 m $\eta = 6.8$	x: 6.02 m $\eta = 3.0$	x: 0.141 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 19.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 6.02 m $\eta = 2.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 19.5$
N68/N64	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 8.0$	x: 5.91 m $\eta = 5.9$	x: 5.91 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.36 m $\eta = 10.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 10.2$
N63/N69	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 6.02 m $\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 4.1$	x: 0.141 m $\eta = 15.4$	x: 2.49 m $\eta = 1.6$	x: 0.141 m $\eta = 2.6$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 15.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 6.02 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 15.9$
N69/N64	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.91 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 7.0$	x: 5.91 m $\eta = 5.8$	x: 5.91 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.91 m $\eta = 9.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 9.8$
N65/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 35.1$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 14.1$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 51.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 51.0$
N95/N61	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 7.35 m $\eta = 1.1$	x: 0.135 m $\eta = 2.3$	x: 4.1 m $\eta = 22.2$	x: 7.35 m $\eta = 11.7$	x: 0.135 m $\eta = 12.0$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.82 m $\eta = 26.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.3$
N66/N79	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 55.5$	x: 0 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 16.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 63.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 63.4$
N79/N68	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.32 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 1.6 m $\eta = 27.2$	x: 5.32 m $\eta = 8.3$	x: 5.32 m $\eta = 9.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.13 m $\eta = 31.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 31.0$
N67/N78	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 42.2$	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 12.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 47.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 47.7$
N78/N69	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.32 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 1.6 m $\eta = 20.5$	x: 5.32 m $\eta = 8.2$	x: 5.32 m $\eta = 7.0$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.86 m $\eta = 23.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 23.1$
N70/N77	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 49.5$	x: 0 m $\eta = 7.6$	x: 0 m $\eta = 13.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 57.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 12.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 57.5$
N77/N64	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.84 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 2.04 m $\eta = 22.7$	x: 5.84 m $\eta = 5.7$	x: 5.84 m $\eta = 7.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.34 m $\eta = 26.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 5.84 m $\eta = 6.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.2$
N74/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 10.8 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 73.2$	x: 0 m $\eta = 7.5$	x: 0 m $\eta = 19.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 74.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 9.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 74.4$
N73/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 10.3 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 65.3$	x: 10.3 m $\eta = 8.9$	x: 0 m $\eta = 18.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 68.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.7$
N72/N76	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 10.3 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 68.2$	x: 10.3 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 18.5$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 72.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 72.4$
N71/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 10.3 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 62.8$	x: 10.3 m $\eta = 10.0$	x: 0 m $\eta = 18.7$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 68.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 8.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.9$
N2/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 3.2$	$\eta = 15.9$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 16.9$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 16.9$
N10/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 8.7$	$\eta = 4.8$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 10.2$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10.2$
N18/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 9.0$	$\eta = 4.6$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 10.5$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10.5$
N26/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 9.0$	$\eta = 4.8$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 10.4$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10.4$
N34/N42	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 9.0$	$\eta = 5.1$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 10.5$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10.5$
N42/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 8.8$	$\eta = 5.1$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 10.3$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10.3$
N50/N58	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 4.1$	$\eta = 14.6$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$N_{P.}^{(4)}$	x: 2 m $\eta = 15.5$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 15.5$
N4/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 7.7$													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_{Ft}	M_z	V_z	V_{Ft}	M_{FVz}	M_{zVt}	N_{M_z}	$N_{M_zV_z}$	M_t	M_{Vz}	M_{Vt}	
N60/N91	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 36.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 36.1$
N91/N64	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 36.6$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 36.6$
N92/N64	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 40.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 40.0$
N55/N69	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 84.9$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 84.9$
N69/N56	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 62.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 62.7$
N68/N56	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 35.3$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 35.3$
N52/N61	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 71.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 71.1$
N50/N61	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 75.8$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ 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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 75.8$
N93/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 0.6$	$\eta = 1.4$	x: 6 m $\eta = 48.7$	x: 6 m $\eta = 2.7$	x: 6 m $\eta = 20.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 6 m $\eta = 50.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 6 m $\eta = 13.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 50.4$
N95/N94	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 53.1$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 23.0$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 55.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 15.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 55.2$
N96/N99	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.4$	$\eta = 5.2$	x: 5.92 m $\eta = 77.3$	x: 5.92 m $\eta = 2.9$	x: 5.92 m $\eta = 38.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.92 m $\eta = 83.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 5.92 m $\eta = 24.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 83.1$
N99/N97	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.3$	$\eta = 4.7$	x: 0.08 m $\eta = 83.5$	x: 0.08 m $\eta = 4.5$	x: 0.08 m $\eta = 39.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 90.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 25.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 90.5$
N98/N99	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 19.0$	x: 2.87 m $\eta = 21.8$	x: 2.87 m $\eta = 36.6$	$\eta = 7.2$	$\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.87 m $\eta = 65.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 1.1$	$\eta = 1.3$	CUMPLE $\eta = 65.5$
N100/N103	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.4$	$\eta = 4.6$	x: 0.14 m $\eta = 39.1$	x: 0.14 m $\eta = 2.9$	x: 0.14 m $\eta = 19.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 42.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 5.92 m $\eta = 12.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 42.4$
N103/N101	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.6$	$\eta = 3.7$	x: 0.08 m $\eta = 45.4$	x: 0.08 m $\eta = 4.0$	x: 0.08 m $\eta = 20.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 49.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 5.86 m $\eta = 12.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 49.5$
N102/N103	$\bar{\lambda} < 2.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 2.87 m $\eta = 26.1$	x: 0 m $\eta = 27.9$	$\eta = 8.6$	$\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 56.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 56.0$
N96/N93	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 3.3$	$\eta = 13.8$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m $\eta = 15.2$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 15.2$
N100/N96	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.6$	$\eta = 1.6$	x: 2 m $\eta = 1.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m $\eta = 3.1$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 3.1$
N99/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.7$	$\eta = 1.3$	x: 3.89 m $\eta = 38.3$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 3.89 m $\eta = 6.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.89 m $\eta = 40.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 3.89 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.7$
N103/N99	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 0.7$	$\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 4 m $\eta = 1.9$	x: 4 m $\eta = 1.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 11.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 11.2$
N97/N94	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 3.3$	$\eta = 2.5$	x: 3.86 m $\eta = 31.4$	x: 0.14 m $\eta = 1.9$	x: 0.14 m $\eta = 7.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.86 m $\eta = 34.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 3.86 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 34.3$
N101/N97	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\eta = 1.4$	$\eta = 0.9$	x: 0.14 m $\eta = 24.0$	x: 0.14 m $\eta = 3.0$	x: 0.14 m $\eta = 5.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 25.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 5.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 25.8$
N104/N105	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N106/N107	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m $\eta = 20.7$	x: 0.36 m $\eta = 0.3$	x: 0.36 m $\eta = 27.6$	$\eta = 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.36 m $\eta = 21.0$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 27.6$
N108/N109	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N110/N111	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N112/N113	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N114/N115	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N116/N117	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N118/N119	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 48.0$	x: 0.14 m $\eta = 1.3$	x: 0.14 m $\eta = 63.9$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 48.5$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 49.2$	x: 0.14 m $\eta = 49.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 63.9$
N120/N121	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 35.3$	x: 0.14 m $\eta = 1.0$	x: 0.14 m $\eta = 53.5$	$\eta = 0.2$	x: 0.14 m $\eta = 35.3$	x: 0.14 m $\eta < 0.1$	x: 0.14 m $\eta = 36.2$	x: 0.14 m $\eta = 36.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 53.5$
N122/N123	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m $\eta = 20.7$	x: 0.36 m $\eta = 0.3$	x: 0.36 m $\eta = 27.6$	$\eta = 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.36 m $\eta = 21.0$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 27.6$
N124/N125	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m $\eta = 20.7$	x: 0.36 m $\eta = 0.3$	x: 0.36 m $\eta = 27.6$	$\eta = 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.36 m $\eta = 21.0$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 27.6$
N126/N127	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m $\eta = 20.7$	x: 0.36 m $\eta = 0.3$	x: 0.36 m $\eta = 27.6$	$\eta = 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.36 m $\eta = 21.0$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 27.6$
N128/N129	N.P. ⁽¹⁰⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m $\eta = 20.7$	x: 0.36 m $\eta = 0.3$	x: 0.36 m $\eta = 27.6$	$\eta = 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	x: 0.36 m $\eta = 21.0$	x: 0.18 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N	

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE												Estado
	$\bar{\lambda}$	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	
Notación: $\bar{\lambda}$: 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_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_yV_z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_zV_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. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (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. (10) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_yV_z	M_zV_y	
N1/N84	x: 5 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 12.4$	x: 0 m $\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 16.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 16.1$
N84/N2	x: 4.85 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 4.85 m $\eta = 4.0$	x: 2.73 m $\eta = 3.6$	x: 4.85 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.33 m $\eta = 6.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 6.8$
N3/N120	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 7.91 m $\eta = 19.1$	x: 0 m $\eta = 34.8$	$\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 53.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 53.4$
N120/N4	x: 1.81 m $\eta = 0.2$	x: 0.09 m $\eta = 0.4$	x: 0.09 m $\eta = 12.2$	x: 0.09 m $\eta = 12.0$	$\eta = 2.6$	x: 1.81 m $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 22.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.1$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.2$
N2/N5	x: 5.91 m $\eta = 0.3$	x: 0.141 m $\eta = 1.7$	x: 0.141 m $\eta = 10.4$	x: 4.18 m $\eta = 2.3$	x: 5.91 m $\eta = 1.4$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 10.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 5.91 m $\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 10.6$
N4/N5	x: 5.91 m $\eta = 1.4$	x: 0.141 m $\eta = 2.1$	x: 0.141 m $\eta = 15.7$	x: 0.141 m $\eta = 4.4$	x: 0.141 m $\eta = 1.4$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 18.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 0.4$	x: 0.141 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 18.8$
N6/N87	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 0 m $\eta = 8.9$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 18.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 18.2$
N87/N135	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 3.4$	x: 2.92 m $\eta = 9.1$	x: 2.71 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.92 m $\eta = 12.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 12.1$
N135/N7	x: 1.81 m $\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 1.0$	x: 0.08 m $\eta = 5.7$	x: 0.08 m $\eta = 3.2$	x: 1.81 m $\eta = 1.8$	x: 1.81 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 7.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 7.6$
N4/N76	x: 6.02 m $\eta = 1.2$	x: 0.141 m $\eta = 4.0$	x: 6.02 m $\eta = 9.9$	x: 0.141 m $\eta = 4.0$	x: 6.02 m $\eta = 2.0$	x: 0.141 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 12.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 6.02 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 12.5$
N76/N8	x: 5.91 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 5.91 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.96 m $\eta = 7.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 7.0$
N7/N75	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.141 m $\eta = 2.9$	x: 0.141 m $\eta = 9.1$	x: 6.02 m $\eta = 0.7$	x: 6.02 m $\eta = 1.5$	x: 0.141 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 9.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 6.02 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 9.6$
N75/N8	x: 5.91 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 5.91 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.91 m $\eta = 7.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 7.0$
N9/N80	x: 5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 17.7$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 3.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 19.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 19.5$
N80/N10	x: 4.85 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 4.24 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 4.85 m $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.303 m $\eta = 7.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 7.1$
N11/N118	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 11.5$	x: 7.92 m $\eta = 32.8$	x: 0 m $\eta = 7.0$	$\eta = 3.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 44.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 3.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 44.4$
N118/N12	x: 1.81 m $\eta = 0.2$	x: 0.08 m $\eta = 1.7$	x: 0.08 m $\eta = 11.9$	x: 0.08 m $\eta = 2.1$	$\eta = 3.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 14.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.1$	$\eta = 3.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 14.2$
N10/N13	x: 6.02 m $\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 1.3$	x: 0.141 m $\eta = 12.9$	x: 6.02 m $\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 13.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 1.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.5$
N12/N13	x: 6.02 m $\eta = 1.9$	x: 0.141 m $\eta = 2.3$	x: 0.141 m $\eta = 39.3$	x: 0.141 m $\eta = 2.1$	x: 0.141 m $\eta = 3.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 42.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	x: 0.141 m $\eta = 3.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 42.5$
N14/N88	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 20.3$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.8$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 29.3$
N88/N133	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 2.92 m $\eta = 22.7$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta = 4.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.92 m $\eta = 25.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 25.6$
N133/N15	x: 1.81 m $\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 1.4$	x: 1.81 m $\eta = 22.0$	x: 0.08 m $\eta = 1.0$	x: 1.81 m $\eta = 4.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.81 m $\eta = 21.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.4$	$\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.0$
N12/N89	x: 6.02 m $\eta = 1.1$	x: 0.141 m $\eta = 2.9$	x: 0.141 m $\eta = 37.8$	x: 0.141 m $\eta = 2.5$	x: 0.141 m $\eta = 4.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 40.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 4.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.1$
N89/N16	x: 6.02 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 5.12 m $\eta = 17.2$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.12 m $\eta = 19.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 19.3$
N15/N90	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.141 m $\eta = 2.9$	x: 0.141 m $\eta = 35.2$	x: 6.02 m $\eta = 0.8$	x: 0.141 m $\eta = 4.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.141 m $\eta = 36.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.141 m $\eta = 4.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.7$
N90/N16	x: 6.02 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 4.82 m $\eta = 17.3$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 1.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.82 m $\eta = 19.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 1.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 19.2$
N17/N81	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 21.0$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 3.9$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 22.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.7$
N81/N18	x: 4.85 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 4.85 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 4.85 m $\eta = 2.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.85 m $\eta = 8.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 8.4$
N19/N116	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 11.3$	x: 7.92 m $\eta = 33.6$	x: 0 m $\eta = 6.9$	$\eta = 3.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.92 m $\eta = 45.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	$\eta = 3.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 45.1$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado	
	N _t	N _c	M _V	M _Z	V _Z	V _V	M _V V _Z	M _Z V _V	NM _V M _Z	NM _V M _Z V _V V _Z	M _t	M _t V _Z		M _t V _V
N116/N20	x: 1.81 m η = 0.1	x: 0.08 m η = 1.6	x: 0.08 m η = 12.4	x: 0.08 m η = 2.1	η = 4.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 13.7	η < 0.1	η = 5.9	η = 3.8	η = 0.1	CUMPLE η = 13.7
N18/N21	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 16.7	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 17.1	η < 0.1	η = 0.7	x: 0.141 m η = 2.0	η < 0.1	CUMPLE η = 17.1
N20/N21	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 41.2	x: 0.141 m η = 1.4	x: 0.141 m η = 3.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.2	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 3.9	η < 0.1	CUMPLE η = 42.2
N22/N131	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.8	x: 7.92 m η = 36.3	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 5.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 7.92 m η = 40.2	η < 0.1	η = 0.6	η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 40.2
N131/N23	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.08 m η = 1.1	x: 1.81 m η = 22.7	x: 0.08 m η = 0.7	x: 1.81 m η = 4.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.81 m η = 21.9	η < 0.1	η = 1.3	η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 22.7
N20/N24	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 40.1	x: 0.141 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.3	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	CUMPLE η = 42.3
N23/N24	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.6	x: 0.141 m η = 36.3	x: 12 m η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 38.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.2	η < 0.1	CUMPLE η = 38.3
N25/N82	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 21.0	x: 0 m η = 2.6	x: 0 m η = 3.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 21.5	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.3	η < 0.1	CUMPLE η = 21.5
N82/N26	x: 4.85 m η = 0.3	x: 0 m η = 0.9	x: 4.85 m η = 8.1	x: 0 m η = 1.3	x: 4.85 m η = 2.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.85 m η = 8.4	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.3	η < 0.1	CUMPLE η = 8.4
N27/N114	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 11.3	x: 7.92 m η = 33.6	x: 0 m η = 6.8	η = 3.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 7.92 m η = 45.1	η < 0.1	η = 1.5	η = 3.3	η < 0.1	CUMPLE η = 45.1
N114/N28	x: 1.81 m η < 0.1	x: 0.08 m η = 1.6	x: 0.08 m η = 12.4	x: 0.08 m η = 2.1	η = 4.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 13.7	η < 0.1	η = 5.9	η = 3.8	η = 0.1	CUMPLE η = 13.7
N26/N29	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 16.7	x: 6.02 m η = 0.6	x: 0.141 m η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 17.1	η < 0.1	η = 0.7	x: 0.141 m η = 2.0	η < 0.1	CUMPLE η = 17.1
N28/N29	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 41.2	x: 0.141 m η = 1.3	x: 0.141 m η = 3.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.2	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 3.9	η < 0.1	CUMPLE η = 42.2
N30/N129	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.8	x: 7.92 m η = 36.3	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 5.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 7.92 m η = 40.2	η < 0.1	η = 0.5	η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 40.2
N129/N31	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.08 m η = 1.1	x: 1.81 m η = 22.7	x: 0.08 m η = 0.7	x: 1.81 m η = 4.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.81 m η = 21.9	η < 0.1	η = 1.3	η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 22.7
N28/N32	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 40.1	x: 0.141 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.2	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	CUMPLE η = 42.2
N31/N32	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.6	x: 0.141 m η = 36.3	x: 12 m η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 38.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.2	η < 0.1	CUMPLE η = 38.3
N33/N83	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 21.0	x: 0 m η = 2.6	x: 0 m η = 3.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 21.5	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.3	η < 0.1	CUMPLE η = 21.5
N83/N34	x: 4.85 m η = 0.3	x: 0 m η = 0.9	x: 4.85 m η = 8.1	x: 0 m η = 1.3	x: 4.85 m η = 2.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.85 m η = 8.4	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.3	η < 0.1	CUMPLE η = 8.4
N35/N112	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 11.3	x: 7.92 m η = 33.6	x: 0 m η = 6.7	η = 3.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 7.92 m η = 45.1	η < 0.1	η = 1.5	η = 3.3	η < 0.1	CUMPLE η = 45.1
N112/N36	x: 1.81 m η < 0.1	x: 0.08 m η = 1.6	x: 0.08 m η = 12.4	x: 0.08 m η = 2.1	η = 4.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 13.6	η < 0.1	η = 5.9	η = 3.8	η = 0.1	CUMPLE η = 13.6
N34/N37	x: 6.02 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 16.7	x: 6.02 m η = 0.6	x: 0.141 m η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 17.1	η < 0.1	η = 0.7	x: 0.141 m η = 2.0	η < 0.1	CUMPLE η = 17.1
N36/N37	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 41.2	x: 0.141 m η = 1.3	x: 0.141 m η = 3.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.2	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 3.9	η < 0.1	CUMPLE η = 42.2
N38/N127	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.8	x: 7.92 m η = 36.3	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 5.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 7.92 m η = 40.2	η < 0.1	η = 0.5	η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 40.2
N127/N39	x: 1.81 m η < 0.1	x: 0.08 m η = 1.1	x: 1.81 m η = 22.7	x: 0.08 m η = 0.7	x: 1.81 m η = 4.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.81 m η = 21.9	η < 0.1	η = 1.3	η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 22.7
N36/N40	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 40.1	x: 0.141 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.2	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	CUMPLE η = 42.2
N39/N40	x: 12 m η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.6	x: 0.141 m η = 36.3	x: 12 m η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 38.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.2	η < 0.1	CUMPLE η = 38.3
N41/N100	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.5	x: 2.87 m η = 15.8	x: 0 m η = 4.6	x: 0 m η = 5.6	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 17.8	η < 0.1	η = 0.3	x: 0 m η = 5.2	η = 0.2	CUMPLE η = 17.8
N100/N42	x: 6.85 m η = 0.3	x: 0.135 m η = 1.1	x: 0.135 m η = 12.9	x: 0.135 m η = 1.6	x: 0.135 m η = 3.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.135 m η = 14.1	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 14.1
N43/N101	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 8.1	x: 2.87 m η = 12.8	x: 0 m η = 8.1	η = 4.7	η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 24.7	η < 0.1	η = 0.1	η = 2.4	η < 0.1	CUMPLE η = 24.7
N101/N110	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.135 m η = 7.6	x: 4.92 m η = 25.0	x: 0.135 m η = 9.0	η = 4.0	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.92 m η = 33.0	η < 0.1	η = 2.2	η = 3.5	η = 0.1	CUMPLE η = 33.0
N110/N44	x: 1.81 m η = 0.1	x: 0.08 m η = 1.6	x: 0.08 m η = 11.2	x: 0.08 m η = 2.5	η = 4.4	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 12.8	η < 0.1	η = 5.3	η = 4.0	η = 0.1	CUMPLE η = 12.8
N42/N45	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.5	x: 0.141 m η = 15.7	x: 6.02 m η = 0.6	x: 0.141 m η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 16.2	η < 0.1	η = 0.7	x: 0.141 m η = 2.0	η < 0.1	CUMPLE η = 16.2
N44/N45	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 0.5	x: 0.141 m η = 41.3	x: 0.141 m η = 1.3	x: 0.141 m η = 4.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.2	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 42.2
N46/N125	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.8	x: 7.92 m η = 36.4	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 5.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 7.92 m η = 40.3	η < 0.1	η = 0.5	η = 4.1	η < 0.1	CUMPLE η = 40.3
N125/N47	x: 1.81 m η = 0.1	x: 0.08 m η = 1.1	x: 1.81 m η = 23.0	x: 0.08 m η = 0.7	x: 1.81 m η = 5.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.81 m η = 22.2	η < 0.1	η = 1.3	η = 4.1	η < 0.1	CUMPLE η = 23.0
N44/N48	x: 12 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 1.8	x: 0.141 m η = 40.2	x: 0.141 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 42.4	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.141 m η = 4.6	η < 0.1	CUMPLE η = 42.4
N47/N48	x: 12 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 36.8	x: 12 m η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 38.8	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.2	η < 0.1	CUMPLE η = 38.8
N49/N96	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.4	x: 2.87 m η = 21.5	x: 0 m η = 4.6	x: 0 m η = 8.3	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 24.6	η < 0.1	η = 0.4	η = 7.7	η < 0.1	CUMPLE η = 24.6
N96/N50	x: 6.85 m η = 0.3	x: 0.135 m η = 2.7	x: 6.84 m η = 6.6	x: 0.135 m η = 1.6	x: 0.135 m η = 2.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.84 m η = 6.9	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.3	η < 0.1	CUMPLE η = 6.9
N51/N97	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 9.5	x: 2.87 m η = 17.0	x: 0 m η = 10.1	η = 7.2	η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 32.8	η < 0.1	η = 0.1	η = 5.1	η = 0.1	CUMPLE η = 32.8

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _v	M _z	V _z	V _y	M _v V _z	M _z V _y	NM _v M _z	NM _v M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N97/N108	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.135 m η = 7.8	x: 4.92 m η = 24.9	x: 0.135 m η = 10.4	η = 3.2	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.92 m η = 33.0	η < 0.1	η = 2.1	η = 3.0	η = 0.1	CUMPLE η = 33.0
N108/N52	x: 1.81 m η = 0.2	x: 0.08 m η = 1.7	x: 0.08 m η = 11.3	x: 0.08 m η = 2.9	η = 3.6	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 13.3	η < 0.1	η = 5.5	η = 3.5	η < 0.1	CUMPLE η = 13.3
N50/N53	x: 6.02 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 2.3	x: 0.141 m η = 12.3	x: 6.02 m η = 0.6	x: 0.141 m η = 2.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 13.5	η < 0.1	η = 0.6	x: 0.141 m η = 1.7	η < 0.1	CUMPLE η = 13.5
N52/N53	x: 6.02 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 4.9	x: 0.141 m η = 37.8	x: 0.141 m η = 2.8	x: 0.141 m η = 3.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 41.9	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 3.6	η < 0.1	CUMPLE η = 41.9
N54/N85	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 5.0	x: 0 m η = 19.0	x: 0 m η = 5.1	x: 0 m η = 5.8	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 24.8	η < 0.1	η = 0.4	η = 3.9	η < 0.1	CUMPLE η = 24.8
N85/N123	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 3.4	x: 2.92 m η = 22.3	x: 0 m η = 1.4	η = 4.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.92 m η = 25.1	η < 0.1	η = 0.4	η = 3.9	η < 0.1	CUMPLE η = 25.1
N123/N55	x: 1.81 m η < 0.1	x: 0.08 m η = 1.1	x: 1.81 m η = 21.6	x: 0.08 m η = 0.8	x: 1.81 m η = 4.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.81 m η = 20.9	η < 0.1	η = 1.5	η = 3.9	η < 0.1	CUMPLE η = 21.6
N52/N91	x: 6.02 m η = 1.4	x: 0.141 m η = 4.1	x: 0.141 m η = 35.9	x: 0.141 m η = 2.8	x: 0.141 m η = 4.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 39.8	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.3	η < 0.1	CUMPLE η = 39.8
N91/N56	x: 6.02 m η = 2.0	x: 0 m η = 3.7	x: 4.82 m η = 16.1	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 1.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.82 m η = 18.7	η < 0.1	η = 0.5	x: 0 m η = 1.8	η < 0.1	CUMPLE η = 18.7
N55/N92	x: 6.02 m η = 0.4	x: 0.141 m η = 3.1	x: 0.141 m η = 34.6	x: 3.91 m η = 0.7	x: 0.141 m η = 4.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 36.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.141 m η = 4.0	η < 0.1	CUMPLE η = 36.3
N92/N56	x: 6.02 m η = 1.5	x: 0 m η = 3.7	x: 4.52 m η = 16.2	x: 0 m η = 0.7	x: 0 m η = 1.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.82 m η = 18.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0 m η = 1.8	η < 0.1	CUMPLE η = 18.3
N57/N93	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 3.8	x: 2.87 m η = 9.4	x: 2.87 m η = 5.5	x: 0 m η = 3.5	x: 2.87 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 15.0	η < 0.1	η = 0.4	η = 2.3	η < 0.1	CUMPLE η = 15.0
N93/N58	x: 6.85 m η = 0.2	x: 0.135 m η = 4.1	x: 6.85 m η = 3.7	x: 3.91 m η = 6.4	x: 6.85 m η = 1.9	x: 0.135 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.33 m η = 8.8	η < 0.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 8.8
N59/N94	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 7.1	x: 0 m η = 8.4	x: 0 m η = 7.1	η = 2.0	x: 0 m η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 22.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 1.3	η = 0.1	CUMPLE η = 22.1
N94/N104	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.135 m η = 6.4	x: 4.92 m η = 13.9	x: 0.135 m η = 11.4	η = 2.5	x: 0.135 m η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.92 m η = 23.3	η < 0.1	η = 2.1	η = 1.5	η = 0.1	CUMPLE η = 23.3
N104/N60	x: 1.81 m η = 0.2	x: 0.08 m η = 0.4	x: 0.08 m η = 11.7	x: 0.08 m η = 8.5	η = 2.9	x: 1.81 m η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 20.3	η < 0.1	η = 5.4	η = 1.9	η = 0.1	CUMPLE η = 20.3
N58/N61	x: 5.91 m η = 0.1	x: 0.141 m η = 1.0	x: 0.141 m η = 9.1	x: 3.6 m η = 1.9	x: 5.91 m η = 1.4	x: 0.141 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 9.4	η < 0.1	η = 0.1	x: 0.141 m η = 1.1	x: 0.141 m η < 0.1	CUMPLE η = 9.4
N60/N61	x: 5.91 m η = 1.8	x: 0.141 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 14.2	x: 0.141 m η = 4.1	x: 0.141 m η = 1.4	x: 0.141 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 15.9	η < 0.1	η = 0.2	x: 5.91 m η = 0.8	x: 0.141 m η < 0.1	CUMPLE η = 15.9
N62/N86	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 5.7	x: 0 m η = 12.7	x: 0 m η = 6.5	x: 0 m η = 3.5	x: 0 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.1	η < 0.1	η = 0.4	η = 1.3	η < 0.1	CUMPLE η = 18.1
N86/N107	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 3.7	x: 2.92 m η = 8.9	x: 2.92 m η = 3.0	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.92 m η = 12.2	η < 0.1	η = 0.4	η = 1.3	η < 0.1	CUMPLE η = 12.2
N107/N63	x: 1.81 m η = 0.1	x: 0.08 m η = 1.3	x: 0.08 m η = 4.7	x: 0.08 m η = 2.9	x: 1.81 m η = 2.0	x: 1.81 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 7.4	η < 0.1	η = 1.5	η = 1.3	η < 0.1	CUMPLE η = 7.4
N60/N68	x: 6.02 m η = 1.7	x: 0.141 m η = 2.8	x: 6.02 m η = 9.5	x: 0.141 m η = 2.8	x: 6.02 m η = 1.9	x: 0.141 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.02 m η = 9.3	η < 0.1	η = 0.3	x: 6.02 m η = 1.5	η < 0.1	CUMPLE η = 9.5
N68/N64	x: 5.91 m η = 1.5	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 5.9	x: 5.91 m η = 2.3	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.07 m η = 4.8	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	CUMPLE η = 5.9
N63/N69	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.141 m η = 1.8	x: 0.141 m η = 8.5	x: 2.49 m η = 0.8	x: 6.02 m η = 1.3	x: 0.141 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 8.9	η < 0.1	η = 0.3	x: 0.141 m η = 0.8	η < 0.1	CUMPLE η = 8.9
N69/N64	x: 5.91 m η = 1.0	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 4.7	x: 5.91 m η = 2.3	x: 0 m η = 1.0	x: 0 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 4.5	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 0.9	η < 0.1	CUMPLE η = 4.7
N65/N95	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 7.0	x: 0 m η = 20.1	x: 2.87 m η = 8.5	x: 0 m η = 8.0	η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 31.8	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.1	η = 0.2	CUMPLE η = 31.8
N95/N61	x: 7.35 m η = 0.2	x: 0.135 m η = 3.0	x: 4.1 m η = 12.3	x: 7.35 m η = 8.1	x: 0.135 m η = 6.9	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.18 m η = 15.8	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.1	η = 0.1	CUMPLE η = 15.8
N66/N79	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.9	x: 0 m η = 31.0	x: 0 m η = 5.2	x: 0 m η = 9.4	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 37.8	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 37.8
N79/N68	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.2	x: 1.6 m η = 15.5	x: 5.32 m η = 6.2	x: 5.32 m η = 5.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.13 m η = 18.6	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.1	η = 0.1	CUMPLE η = 18.6
N67/N78	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.7	x: 0 m η = 23.9	x: 0 m η = 5.2	x: 0 m η = 7.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 28.0	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 28.0
N78/N69	x: 5.32 m η < 0.1	x: 0 m η = 2.0	x: 1.6 m η = 11.7	x: 5.32 m η = 5.8	x: 5.32 m η = 4.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.6 m η = 13.8	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 13.8
N70/N77	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 26.7	x: 0 m η = 5.5	x: 0 m η = 7.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 33.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 6.9	η < 0.1	CUMPLE η = 33.8
N77/N64	x: 5.84 m η = 0.5	x: 0 m η = 2.3	x: 2.04 m η = 13.1	x: 5.84 m η = 4.1	x: 5.84 m η = 4.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.04 m η = 16.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.84 m η = 3.4	η < 0.1	CUMPLE η = 16.1
N74/N8	x: 10.8 m η = 0.5	x: 0 m η = 6.9	x: 0 m η = 42.6	x: 0 m η = 4.9	x: 0 m η = 11.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 47.1	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 5.1	η < 0.1	CUMPLE η = 47.1
N73/N75	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 6.4	x: 0 m η = 37.7	x: 10.3 m η = 5.8	x: 0 m η = 10.4	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 44.3	η < 0.1	η = 0.3	η = 0.1	η < 0.1	CUMPLE η = 44.3
N72/N76	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 6.9	x: 0 m η = 39.5	x: 10.3 m η = 6.2	x: 0 m η = 10.5	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 47.2	η < 0.1	η = 0.2	η = 0.2	η < 0.1	CUMPLE η = 47.2
N71/N5	x: 10.3 m η = 0.1	x: 0 m η = 5.8	x: 0 m η = 35.9	x: 10.3 m η = 6.7	x: 0 m η = 10.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 42.7	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 4.9	η < 0.1	CUMPLE η = 42.7
N2/N10	η = 4.0	η = 25.6	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 30.6	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 30.6
N10/N18	η = 12.4	η = 2.2	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 16.5	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 16.5
N18/N26	η = 12.8	η = 1.8	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 16.9	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 16.9
N26/N34	η = 12.8	η = 2.1	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 16.9	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 16.9

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado	
	N _t	N _c	M _v	M _z	V _z	V _y	M _v V _z	M _z V _y	NM _v M _z	NM _v M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _v V _y
N34/N42	η = 12.9	η = 2.5	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 17.0	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 17.0
N42/N50	η = 12.6	η = 2.5	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 16.7	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 16.7
N50/N58	η = 5.2	η = 22.7	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 27.5	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 27.5
N4/N12	η = 9.1	η = 40.2	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 45.6	x: 0.25 m η < 0.1	η = 0.6	x: 0 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 45.6
N12/N20	η = 27.0	η = 37.5	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 42.9	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 42.9
N20/N28	η = 26.3	η = 37.7	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 43.0	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 43.0
N28/N36	η = 25.6	η = 37.8	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 43.1	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 43.1
N36/N44	η = 24.9	η = 38.0	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 43.3	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 43.3
N44/N52	η = 24.0	η = 36.6	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 41.9	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 41.9
N52/N60	η = 8.0	η = 33.9	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 39.2	x: 0.25 m η < 0.1	η = 0.5	x: 0 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 39.2
N7/N15	η = 2.8	η = 38.3	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 43.6	x: 0.25 m η < 0.1	η = 0.9	x: 0 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 43.6
N15/N23	η = 14.9	η = 14.0	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 19.0	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 19.0
N23/N31	η = 14.7	η = 13.7	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 18.8	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 18.8
N31/N39	η = 14.6	η = 13.5	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 18.7	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 18.7
N39/N47	η = 14.4	η = 13.3	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 18.5	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 18.5
N47/N55	η = 14.3	η = 13.0	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 18.4	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 18.4
N55/N63	η = 3.0	η = 27.2	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 32.2	x: 0.25 m η < 0.1	η = 0.8	x: 0 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 32.2
N77/N78	η = 0.1	η = 0.2	x: 3 m η = 9.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.4	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.375 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 3 m η = 9.4	x: 0.375 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 9.4
N79/N77	η < 0.1	η = 0.7	x: 3 m η = 9.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.4	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.375 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 3 m η = 9.9	x: 0.375 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 9.9
N80/N81	η = 1.3	η = 4.0	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 8.2	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 8.2
N82/N83	η < 0.1	η < 0.1	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 4.1	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 4.1
N84/N80	η = 2.4	η = 36.0	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 41.2	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 41.2
N85/N86	η = 1.0	η = 26.7	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 31.7	x: 0.25 m η < 0.1	η = 0.4	x: 0 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 31.7
N1/N80	η = 90.6	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 90.6
N80/N2	η = 68.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 68.5
N84/N10	η = 85.2	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 85.2
N9/N84	η = 64.2	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 64.2
N54/N86	η = 78.9	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 78.9
N86/N55	η = 70.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 70.4
N85/N63	η = 91.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 91.8
N62/N85	η = 74.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 74.8
N87/N88	η = 1.0	η = 34.8	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 40.0	x: 0.25 m η < 0.1	η = 0.4	x: 0 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 40.0
N88/N7	η = 71.7	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 71.7
N87/N15	η = 82.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 82.8
N14/N87	η = 70.9	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 70.9
N6/N88	η = 98.1	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 98.1
N5/N13	η = 0.1	η = 19.7	x: 2.06 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.11 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.353 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.06 m η = 24.2	x: 0.353 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 24.2
N76/N89	η = 0.1	η = 20.5	x: 2.06 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.11 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.353 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.06 m η = 25.0	x: 0.353 m η < 0.1	η = 1.5	x: 0.11 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 25.0
N8/N16	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 16.9	x: 2.06 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.11 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.353 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.06 m η = 21.3	x: 0.353 m η < 0.1	η = 0.4	x: 0.11 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 21.3
N75/N90	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 32.1	x: 2.06 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.11 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.353 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.06 m η = 37.0	x: 0.353 m η < 0.1	η = 1.5	x: 0.11 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 37.0
N91/N68	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 11.4	x: 1.95 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 3.89 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.24							

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado	
	N _t	N _c	M _V	M _Z	V _Z	V _Y	M _V V _Z	M _Z V _Y	NM _V M _Z	NM _V M _Z V _Y V _Z	M _t	M _t V _Z		M _t V _Y
N56/N64	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 11.2	x: 1.95 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 3.89 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.243 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.95 m η = 15.4	x: 0.243 m η < 0.1	η = 0.4	x: 3.89 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 15.4
N92/N69	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 21.9	x: 1.95 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 3.89 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.243 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.95 m η = 26.4	x: 0.243 m η < 0.1	η = 1.4	x: 3.89 m η = 1.0	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 26.4
N53/N61	η = 0.2	η = 23.9	x: 1.95 m η = 3.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 3.89 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.243 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.95 m η = 28.5	x: 0.243 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 28.5
N2/N13	η = 71.7	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 71.7
N4/N13	η = 34.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 34.5
N4/N89	η = 74.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 74.5
N89/N8	η = 25.1	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 25.1
N90/N8	η = 39.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 39.4
N7/N90	η = 62.0	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 62.0
N15/N75	η = 81.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 81.8
N75/N16	η = 51.1	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 51.1
N76/N16	η = 14.0	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 14.0
N12/N76	η = 82.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 82.4
N12/N5	η = 49.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 49.5
N10/N5	η = 57.6	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 57.6
N58/N53	η = 52.7	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 52.7
N60/N53	η = 86.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 86.4
N60/N91	η = 41.1	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 41.1
N91/N64	η = 17.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 17.5
N92/N64	η = 46.2	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 46.2
N63/N92	η = 79.3	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 79.3
N55/N69	η = 87.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 87.5
N69/N56	η = 38.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 38.8
N68/N56	η = 40.8	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 40.8
N52/N68	η = 78.4	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 78.4
N52/N61	η = 29.7	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 29.7
N50/N61	η = 87.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 87.5
N93/N95	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 2.1	x: 6 m η = 54.2	x: 6 m η = 2.0	x: 6 m η = 20.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6 m η = 58.1	η < 0.1	η = 0.1	x: 6 m η = 19.6	η < 0.1	CUMPLE η = 58.1
N95/N94	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 2.5	x: 0 m η = 53.2	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 22.3	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 56.3	x: 0 m η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 22.1	η < 0.1	CUMPLE η = 56.3
N96/N99	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 7.0	x: 5.92 m η = 80.1	x: 5.92 m η = 2.0	x: 5.92 m η = 38.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.92 m η = 91.2	η < 0.1	η = 0.2	x: 5.92 m η = 36.5	η < 0.1	CUMPLE η = 91.2
N99/N97	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 6.5	x: 0.08 m η = 79.6	x: 0.08 m η = 2.3	x: 0.08 m η = 37.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 87.9	η < 0.1	η = 0.1	x: 0.08 m η = 37.1	η < 0.1	CUMPLE η = 87.9
N98/N99	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 25.3	x: 2.87 m η = 13.0	x: 2.87 m η = 29.0	η = 4.3	η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.87 m η = 66.0	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.5	η = 1.0	CUMPLE η = 66.0
N100/N103	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 5.7	x: 5.92 m η = 44.1	x: 5.92 m η = 1.9	x: 5.92 m η = 20.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.92 m η = 52.0	η < 0.1	η = 0.1	x: 5.92 m η = 18.7	η < 0.1	CUMPLE η = 52.0
N103/N101	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 4.9	x: 0.08 m η = 45.6	x: 0.08 m η = 2.7	x: 0.08 m η = 20.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.08 m η = 50.9	η < 0.1	η = 0.1	x: 0.08 m η = 18.9	η < 0.1	CUMPLE η = 50.9
N102/N103	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 12.8	x: 2.87 m η = 18.8	x: 0 m η = 21.6	η = 6.2	η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 45.3	η < 0.1	η < 0.1	η = 0.8	η = 0.8	CUMPLE η = 45.3
N96/N93	η = 4.2	η = 25.1	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 30.0	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 30.0
N100/N96	η = 2.1	η = 3.0	x: 2 m η = 4.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 1.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.25 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2 m η = 7.2	x: 0.25 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 7.2
N99/N95	η = 2.2	η = 2.1	x: 3.89 m η = 53.7	x: 0 m η = 3.5	x: 3.89 m η = 9.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.89 m η = 58.0	η < 0.1	η = 0.5	x: 3.89 m η = 1.6	η = 0.1	CUMPLE η = 58.0
N103/N99	η = 0.9	η = 0.9	x: 0 m η = 12.1	x: 0 m η = 2.2	x: 4 m η = 2.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 14.7	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 14.7
N97/N94	η = 4.5	η = 3.9	x: 3.86 m η = 36.7	x: 0.14 m η = 4.1	x: 0.14 m η = 9.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.86 m η = 42.5	η < 0.1	η = 0.8	x: 3.86 m η = 2.6	η = 0.1	CUMPLE η = 42.5
N101/N97	η = 1.8	η = 1.4	x: 0.14 m η = 32.5	x: 3.86 m η = 3.6	x: 3.86 m η = 8.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.14 m η = 35.2	η < 0.1	η = 0.2	x: 0.14 m η = 7.3	η = 0.1	CUMPLE η = 35.2

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado	
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N104/N105	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N106/N107	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N108/N109	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N110/N111	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N112/N113	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N114/N115	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N116/N117	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N118/N119	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 45.8	x: 0.14 m η = 1.2	x: 0.14 m η = 61.0	η = 0.2	x: 0.14 m η = 46.1	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 47.0	x: 0.14 m η = 47.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 61.0
N120/N121	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m η = 54.9	x: 0.14 m η = 1.5	x: 0.14 m η = 83.3	η = 0.3	x: 0.14 m η = 58.6	x: 0.14 m η < 0.1	x: 0.14 m η = 56.4	x: 0.14 m η = 60.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 83.3
N122/N123	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N124/N125	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N126/N127	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N128/N129	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N130/N131	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N132/N133	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N134/N135	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.36 m η = 35.9	x: 0.36 m η = 0.5	x: 0.36 m η = 47.9	η = 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.18 m η < 0.1	x: 0.36 m η = 36.4	x: 0.18 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N57/N96	η = 47.9	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 47.9
N96/N58	η = 93.6	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 93.6
N93/N50	η = 66.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 66.5
N49/N93	η = 48.6	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	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. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 48.6

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión eje Y
M_z: Resistencia a flexión eje Z
V_z: Resistencia a corte Z
V_y: Resistencia a corte Y
M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
⁽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.

14. CÁLCULO DE UNIONES

14.1 ESPECIFICACIONES PARA UNIONES SOLDADAS

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275.

- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

Disposiciones constructivas:

1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.

2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.

3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.

4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.

5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:

- Si se cumple que $\beta > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
- Si se cumple que $\beta < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.



Unión en 'T' Unión en solape

Comprobaciones:

a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:

En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:

Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).

c) Cordones de soldadura en ángulo:

Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

Tensión de Von Mises

Tensión normal

Donde $K = 1$.

Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

14.2 ESPECIFICACIONES PARA UNIONES ATORNILLADAS

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.5. Resistencia de los medios de unión. Uniones atornilladas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275.
- Clase de acero de los tornillos pretensados empleados: 10.9 (4.3.1 CTE DB SE-A).

Disposiciones constructivas:

1) Se han considerado las siguientes distancias mínimas y máximas entre ejes de agujeros y entre éstos y los bordes de las piezas:

Disposiciones constructivas para tornillos, según artículo 8.5.1 CTE DB SE-A							
Distancias	Al borde de la pieza		Entre agujeros		Entre tornillos		
	e1 ⁽¹⁾	e2 ⁽²⁾	p1 ⁽¹⁾	p2 ⁽²⁾	Compresión	Tracción	
						Filas exteriores	Filas interiores

Mínimas	1.2 do	1.5 do	2.2 do	3 do	p1 y p2	p1, e	p1, i
Máximas ⁽³⁾	40 mm + 4t		14t	14t	14t	14t	28t
	150 mm	200 mm					
	12t						

Notas:

⁽¹⁾ Paralela a la dirección de la fuerza

⁽²⁾ Perpendicular a la dirección de la fuerza

⁽³⁾ Se considera el menor de los valores

do: Diámetro del agujero.

t: Menor espesor de las piezas que se unen.

En el caso de esfuerzos oblicuos, se interpolan los valores de manera que el resultado quede del lado de la seguridad.

2) No deben soldarse ni los tornillos ni las tuercas.

3) Cuando los tornillos se dispongan en posición vertical, la tuerca se situará por debajo de la cabeza del tornillo.

4) Debe comprobarse antes de la colocación que las tuercas pueden desplazarse libremente sobre el tornillo correspondiente.

5) En cada tornillo, se colocará una arandela con chaflán (EN 14399-6) en el lado de la cabeza, de tal manera que el chaflán de la arandela se sitúa hacia la cabeza. Para el lado de la tuerca, se permite usar una arandela plana (EN 14399-5) o una arandela con chaflán (EN 14399-6), con el chaflán de la arandela situado hacia la tuerca.

6) Los agujeros deben realizarse por taladrado u otro proceso que proporcione un acabado equivalente.

7) El punzonado se admite para piezas de hasta 15 mm de espesor, siempre que el espesor nominal de la pieza no sea mayor que el diámetro nominal del agujero (o dimensión mínima si el agujero no es circular). De realizar el punzonado, se recomienda realizarlo con un diámetro 3 mm menor que el diámetro definitivo y luego taladrar hasta el diámetro nominal.

8) Condiciones para el apriete de los tornillos pretensados:

- Los tornillos de un grupo, antes de iniciar el pretensado, deben estar apretados como si fueran tornillos sin pretensar.
- Con la finalidad de garantizar la capacidad frente al deslizamiento de las superficies a unir, las piezas a unir serán tratadas de la siguiente manera: Superficies limpiadas a cepillo metálico o con llama, con eliminación de partes oxidadas (Clase C según UNE-ENV 1090-1:1997).
- Con objeto de alcanzar un pretensado uniforme, el apriete se realizará progresivamente, desde los tornillos centrales de un grupo hasta los bordes, para posteriormente realizar ciclos adicionales de apriete. Pueden utilizarse lubricantes entre las tuercas y tornillos o entre las arandelas y el componente que gira, siempre que no se alcance la superficie de contacto, esté contemplado como posibilidad por el procedimiento y lo admita el pliego de condiciones.
- Si un conjunto tornillo, tuerca y arandelas se ha apretado hasta el pretensado mínimo y luego aflojado, debe ser retirado y descartar su utilización, salvo que lo admita el pliego de condiciones.
- El apriete se realizará siguiendo uno de los procedimientos que se indican a continuación, el cual debe estar calibrado mediante ensayos:

a) Método de control del par torsor:

Se utiliza una llave dinamométrica para alcanzar el par de apriete necesario para producir la fuerza de pretensado en el tornillo utilizada en el dimensionamiento de las uniones. En la siguiente tabla se indican valores orientativos de los pares torsores correspondientes a cada diámetro de tornillo:

ACERO CLASE 10.9	
DIÁMETRO DEL TORNILLO	PAR TORSOR DE APRIETE (N·M)
M20	620
M16	320

ACERO CLASE 10.9	
DIÁMETRO DEL TORNILLO	PAR TORSOR DE APRIETE (N·M)
M12	130

b) Método del giro de la tuerca:

Se realiza una marca permanente en la posición de "apretado a tope " y luego se da el giro de la tuerca necesario para alcanzar el pretensado mínimo en el tornillo, determinado por los correspondientes ensayos de procedimiento.

c) Método del indicador directo de tensión:

Este método es de aplicación a dispositivos tales como las arandelas indicadoras de tensión, que denotan cuándo se ha alcanzado el pretensado mínimo, mediante el control de la tensión en el tornillo.

No es aplicable a la medición directa de tornillos pretensados mediante el uso de instrumentos hidráulicos.

Después de que el apriete alcance la condición uniforme de "apretado a tope", todos los tornillos se apretarán hasta obtener, al menos, el pretensado mínimo especificado según se determine en los ensayos de procedimiento o de calibración.

Las separaciones medidas en las arandelas indicadoras de tensión pueden promediarse para establecer la aceptabilidad del conjunto tornillo, tuerca y arandelas.

Este método requiere una atención especial con respecto a la planeidad y a las tolerancias de espesor de las chapas en las uniones.

d) Método combinado:

Se realiza un apriete inicial por el método a), con una llave ajustada a un par torsor con el que se alcance el 75% del pretensado mínimo, a continuación se marca la posición de la tuerca

(como en el método b) y luego se aplica una segunda fase de apriete final, en la que se da el giro de tuerca determinado de los ensayos de procedimiento.

Comprobaciones:

Se realizan las comprobaciones indicadas en los artículos 8.5.2, 8.8.3 y 8.8.6 de CTE DB SE-A.

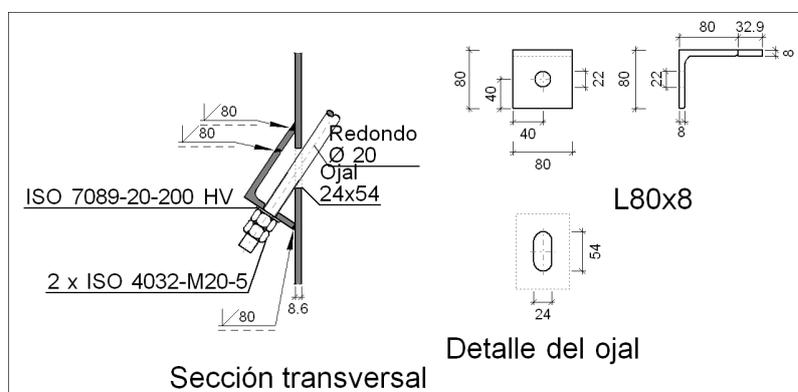
14.3. COMPROBACIONES

A continuación se mostrarán los tipo de unión mas repetidos y más significativos.

➤ Unión de arriostramientos

Nudos (44): N17, N18, N23, N24, N25, N26, N31, N32, 2xN71, 2xN72, 2xN73, 2xN74, 2xN75, 2xN76, 2xN77, 2xN82, 2xN83, 2xN84, 2xN85, 2xN86, N99, N100, N102, N103, 2xN105, 2xN106, 2xN107 y 2xN109.

a) Detalle



b) Comprobación

1) Redondo Ø20

Según el artículo 8.6.3 del CTE DB SE-A, las soldaduras a tope con penetración total de esta unión no necesitan ser comprobadas.

c) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	A tope en bisel simple	8	240

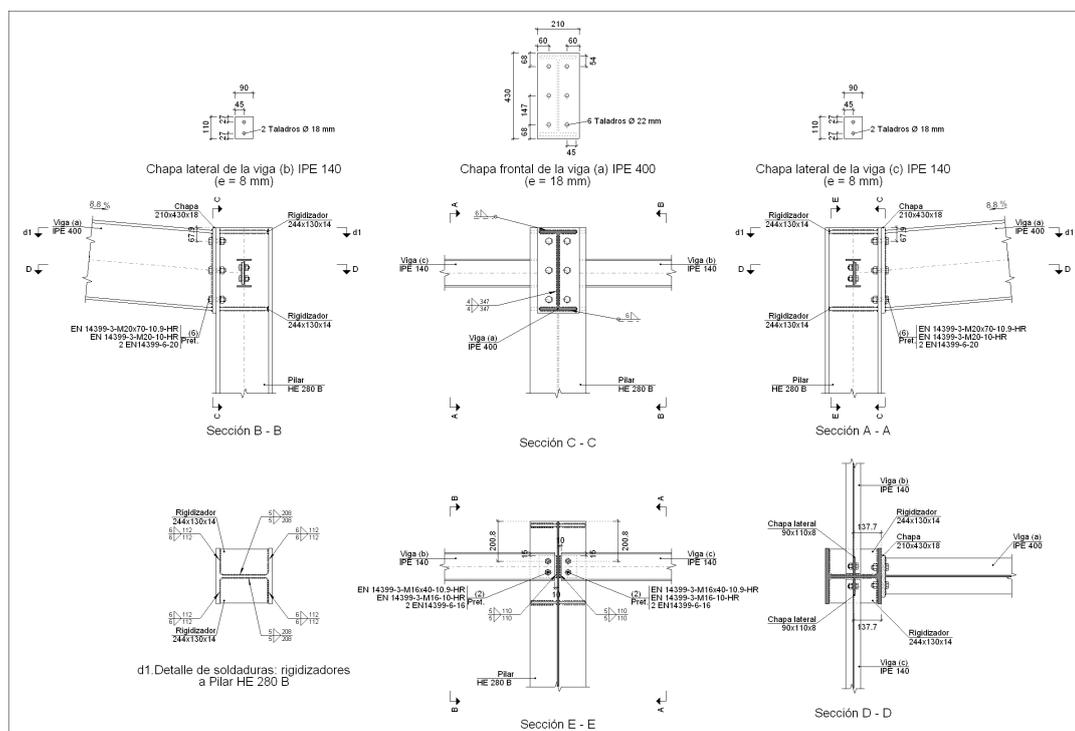
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L80x8	80	0.76
			Total	0.76

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-20

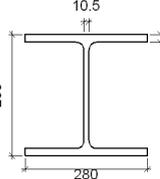
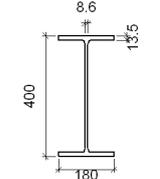
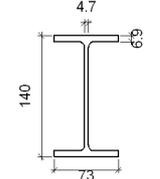
➤ Unión viga IPE 400 – pilar HEB 280

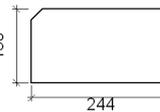
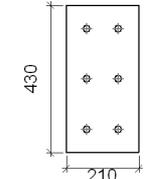
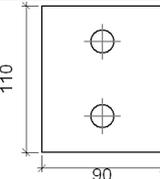
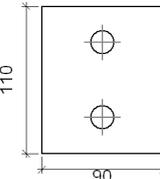
Nudos (7): N18, N19, N20, N21, N22, N23 y N31.

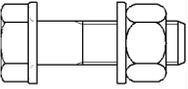
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 400		400	180	13.5	8.6	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		244	130	14	-	-	S275	2803.3	4383.3
Chapa frontal: Viga (a) IPE 400		210	430	18	6	22	S275	2803.3	4383.3
Chapa lateral: Viga (b) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa lateral: Viga (c) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería							
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero		
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
EN 14399-3-M20x70-10.9-HR EN 14399-3-M20-10-HR 2 EN14399-6-20	X		M20	70	10.9	9174.3	10193.7
EN 14399-3-M16x40-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	40	10.9	9174.3	10193.7

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia							
Componente	Comprobación		Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez		-	23.24	64.71	35.91	
	Cortante		t	13.983	58.553	23.88	
Rigidizadores	Ala	Cortante	kp/cm ²	269.884	2669.773	10.11	
Viga (a) IPE 400	Ala	Tracción por flexión		t	4.079	17.982	22.68
		Tracción		t	1.811	37.635	4.81
	Alma	Tracción		t	4.532	21.403	21.18
Viga (b) IPE 140	Alma	Punzonamiento		t	0.422	52.137	0.81
		Flexión por fuerza perpendicular		t	0.210	9.581	2.19
Viga (c) IPE 140	Alma	Punzonamiento		t	0.371	52.137	0.71
		Flexión por fuerza perpendicular		t	0.210	9.581	2.19

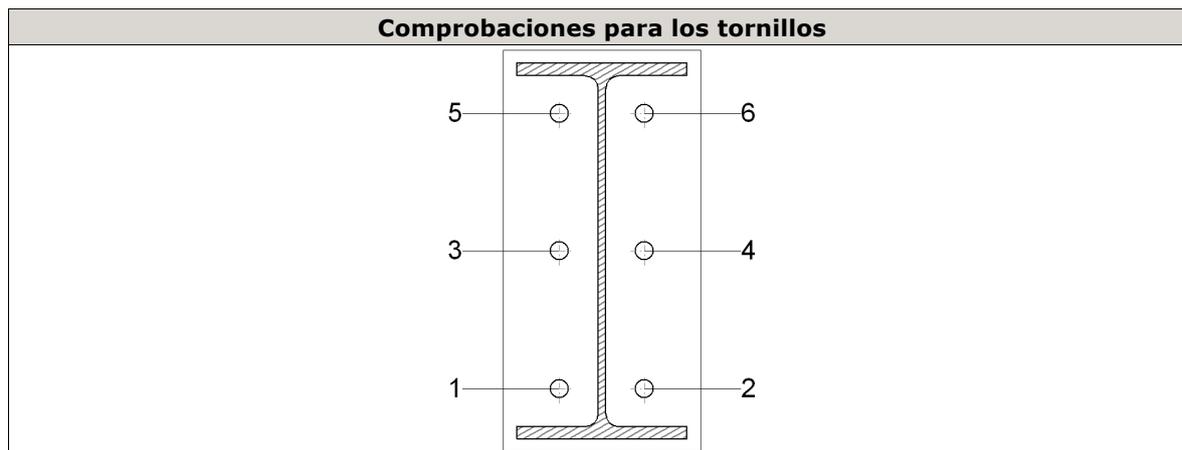
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	262.0	262.0	0.6	524.1	12.70	262.0	7.47	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _∥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	181.2	313.8	7.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	263.5	263.5	0.1	527.0	12.77	263.5	7.51	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	214.5	371.4	9.00	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	264.3	264.3	0.6	528.6	12.81	264.3	7.54	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	182.8	316.6	7.67	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	261.6	261.6	0.1	523.1	12.68	261.6	7.46	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	212.9	368.7	8.94	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	4.079	16.874	24.17
Ala	Compresión	t	12.720	65.123	19.53
	Tracción	t	2.144	32.438	6.61
Alma	Tracción	t	3.865	21.809	17.72

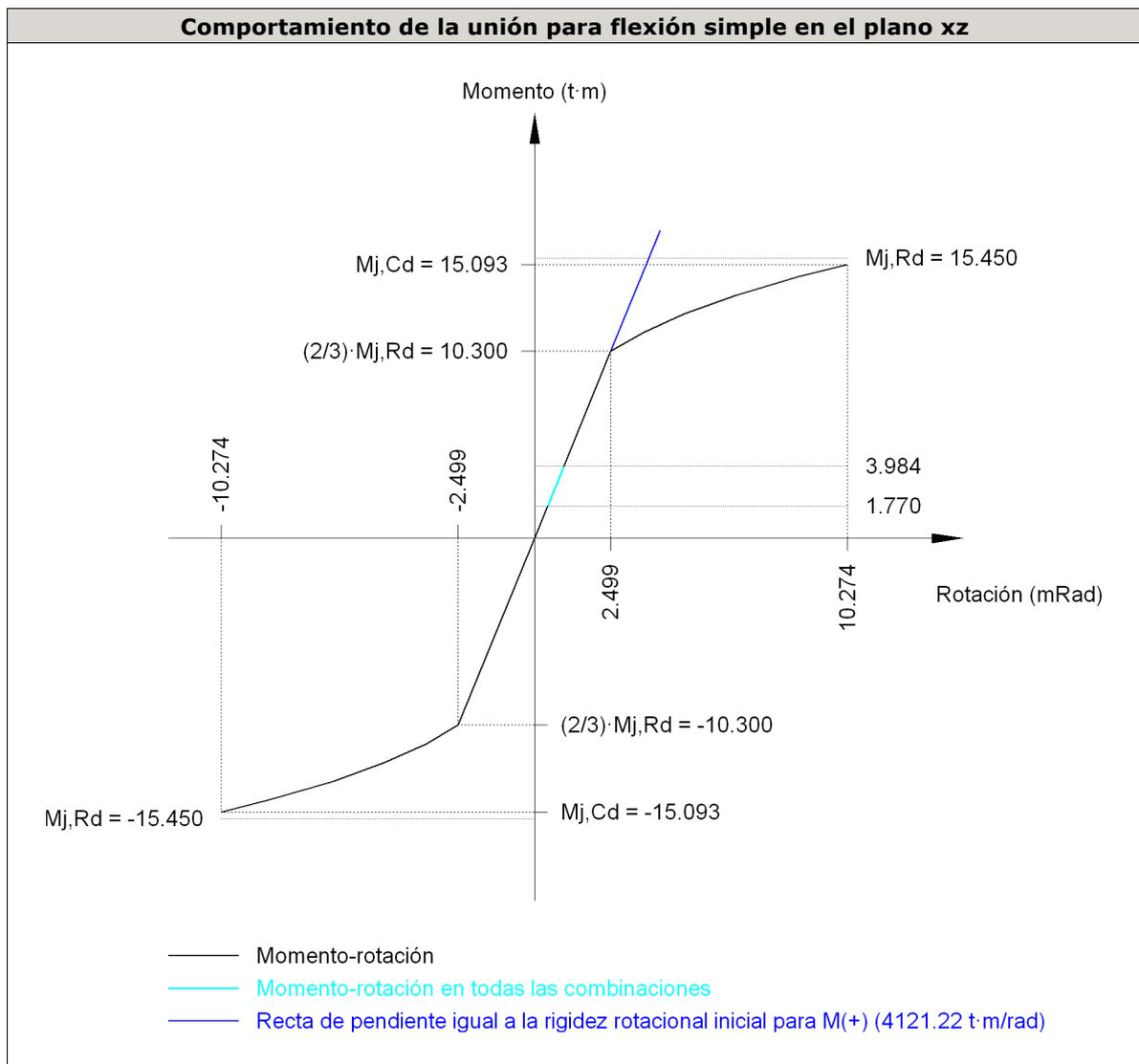
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _∥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	381.6	416.5	1.3	816.1	19.78	381.6	10.88	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	443.6	443.6	43.8	890.4	21.58	443.6	12.65	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	329.6	359.7	0.8	704.9	17.09	329.6	9.40	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	M20	Deslizamiento	0.202	4.196	4.81	Vástago	15.903	17.982	88.44	4.81	88.44
		Aplastamiento	0.202	31.560	0.64	Punzonamiento	0.153	39.875	0.38		
2	M20	Deslizamiento	0.204	4.196	4.85	Vástago	15.903	17.982	88.44	4.85	88.44
		Aplastamiento	0.204	31.559	0.64	Punzonamiento	0.149	39.875	0.37		
3	M20	Deslizamiento	0.202	4.196	4.81	Vástago	16.038	17.982	89.19	4.81	89.19
		Aplastamiento	0.202	31.560	0.64	Punzonamiento	2.116	39.875	5.31		
4	M20	Deslizamiento	0.203	4.196	4.85	Vástago	16.038	17.982	89.19	4.85	89.19
		Aplastamiento	0.203	31.560	0.64	Punzonamiento	2.112	39.875	5.30		
5	M20	Deslizamiento	0.202	4.196	4.81	Vástago	16.174	17.982	89.94	4.81	89.94
		Aplastamiento	0.202	31.559	0.64	Punzonamiento	4.079	39.875	10.23		
6	M20	Deslizamiento	0.204	4.196	4.85	Vástago	16.173	17.982	89.94	4.85	89.94
		Aplastamiento	0.204	31.560	0.64	Punzonamiento	4.075	39.875	10.22		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1864.91	4121.22
Calculada para momentos negativos	1864.91	4121.22

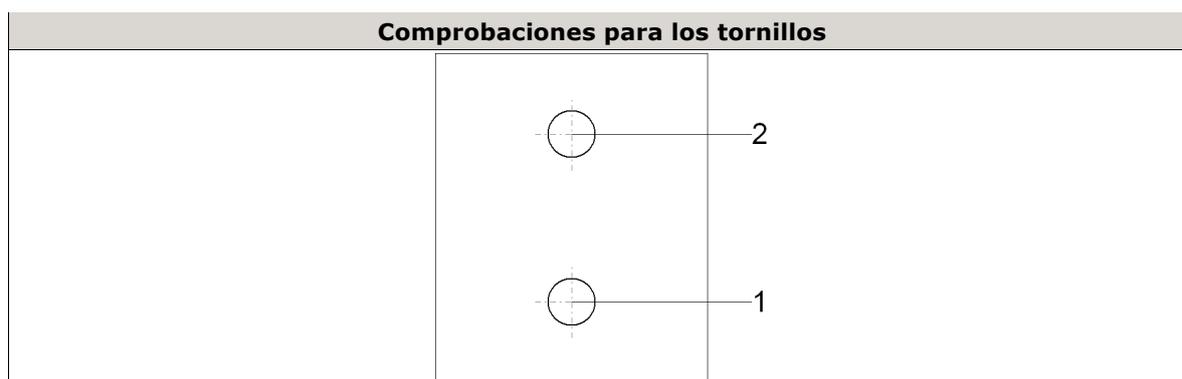
Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



3) Viga (c) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	51.840	2325.730	2.23
	Aplastamiento	t	0.214	9.347	2.29
	Desgarro	t	0.372	9.125	4.08
Alma	Aplastamiento	t	0.214	6.592	3.25
	Desgarro	t	0.372	8.201	4.54

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _∥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa lateral	5	23.8	23.8	3.2	48.0	1.16	23.8	0.68	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción			Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)		
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)			Resistente (t)	Aprov. (%)
1	M16	Deslizamiento	0.158	2.689	5.89	Vástago	10.184	11.523	88.38	5.89	88.38
		Aplastamiento	0.158	9.253	1.71	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.214	2.689	7.96	Vástago	10.184	11.523	88.38	7.96	88.38
		Aplastamiento	0.214	9.347	2.29	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

4) Viga (b) IPE 140

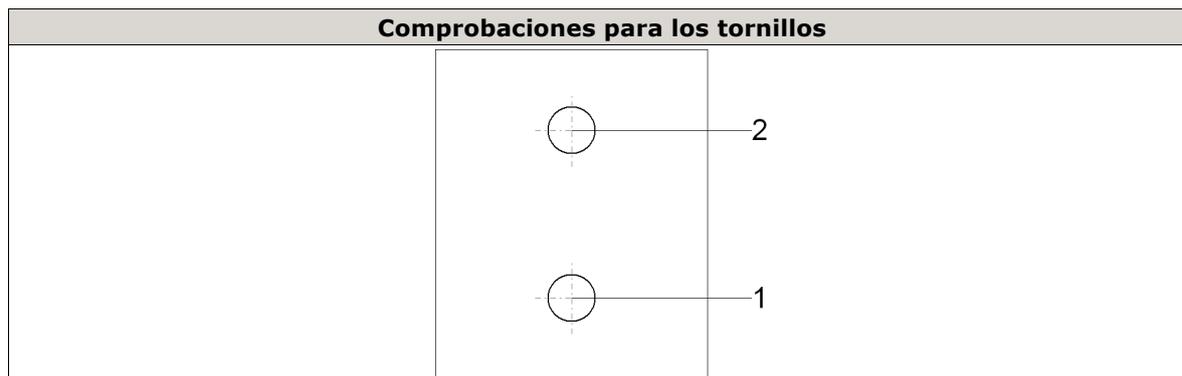
Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	57.604	2325.730	2.48
	Aplastamiento	t	0.239	9.348	2.56
	Desgarro	t	0.423	9.125	4.64
Alma	Aplastamiento	t	0.239	6.592	3.63
	Desgarro	t	0.423	8.201	5.16

Soldaduras en ángulo

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _t (kp/cm ²)	τ _t (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _t (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa lateral	5	27.1	27.1	3.2	54.5	1.32	27.1	0.77	4383.3	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)	
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)		Aprov. (%)
1	M16	Deslizamiento	0.184	2.689	6.83	Vástago	10.184	11.523	88.38	6.83	88.38
		Aplastamiento	0.184	9.277	1.98	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.239	2.689	8.90	Vástago	10.184	11.523	88.38	8.90	88.38
		Aplastamiento	0.239	9.348	2.56	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	695
			5	2104
			6	2495

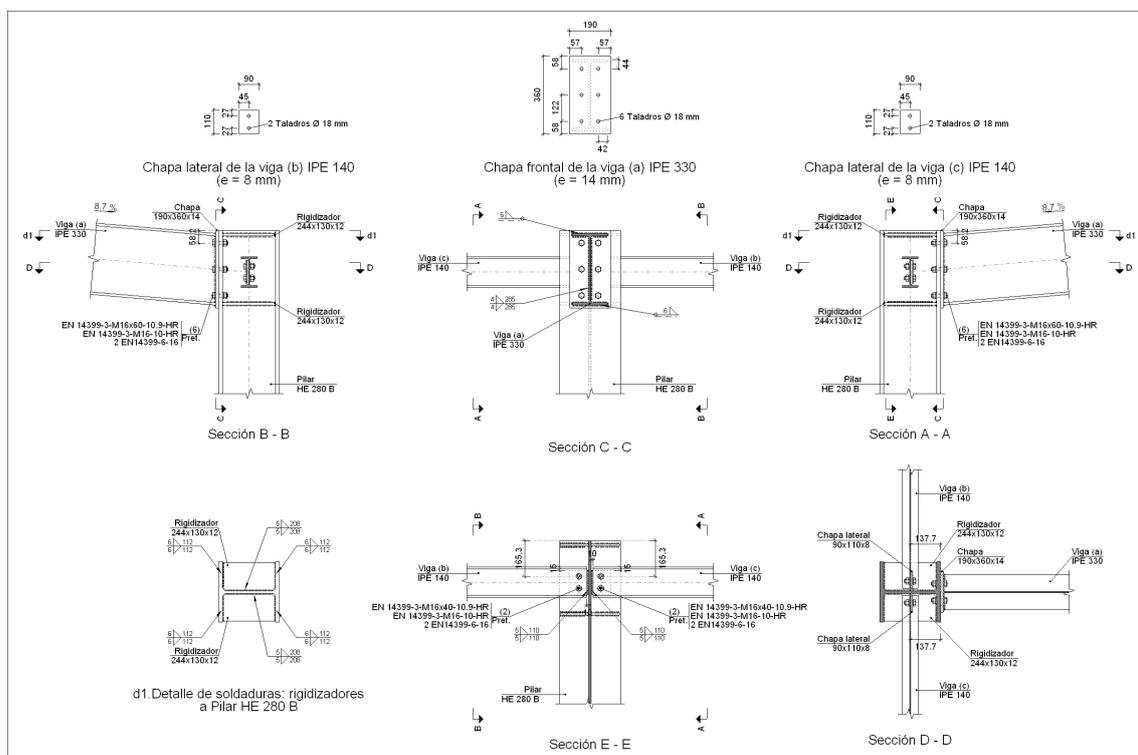
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x14	13.94
	Chapas	2	90x110x8	1.24
		1	210x430x18	12.76
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	4	EN 14399-3-M16x40-HR
		6	EN 14399-3-M20x70-HR
Tuercas	Clase 10	4	EN 14399-3-M16-HR
		6	EN 14399-3-M20-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	8	EN14399-6-16
		12	EN14399-6-20

➤ Unión viga IPE 330 – pilar HEB 280

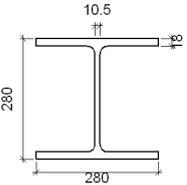
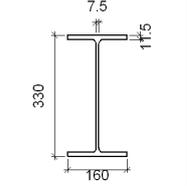
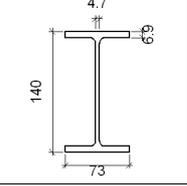
Nudos (4): N127, N128, N129 y N130.

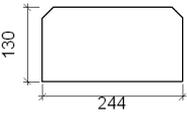
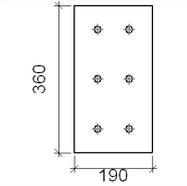
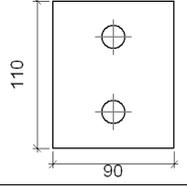
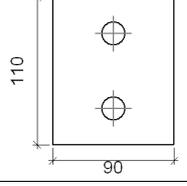
a) Detalle

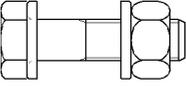
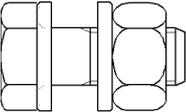


b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (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_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Esquema	Geometría			Taladros		Tipo	Acero	
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		244	130	12	-	-	S275	2803.3	4383.3
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		190	360	14	6	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa lateral: Viga (b) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa lateral: Viga (c) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería							
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero		
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
EN 14399-3-M16x60-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	60	10.9	9174.3	10193.7
EN 14399-3-M16x40-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	40	10.9	9174.3	10193.7

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	-	23.24	64.71	35.91	
	Cortante	t	1.529	48.315	3.16	
Rigidizadores	Ala	Desgarro	kp/cm ²	23.892	2669.773	0.89
		Cortante	kp/cm ²	27.597	2669.773	1.03
Viga (a) IPE 330	Ala	Tracción por flexión	t	0.535	11.523	4.64
		Tracción	t	0.227	26.244	0.87
	Alma	Tracción	t	0.616	16.099	3.82
Viga (b) IPE 140	Alma	Punzonamiento	t	0.262	52.137	0.50
		Flexión por fuerza perpendicular	t	0.378	9.581	3.94
Viga (c) IPE 140	Alma	Punzonamiento	t	0.262	52.137	0.50
		Flexión por fuerza perpendicular	t	0.378	9.581	3.94

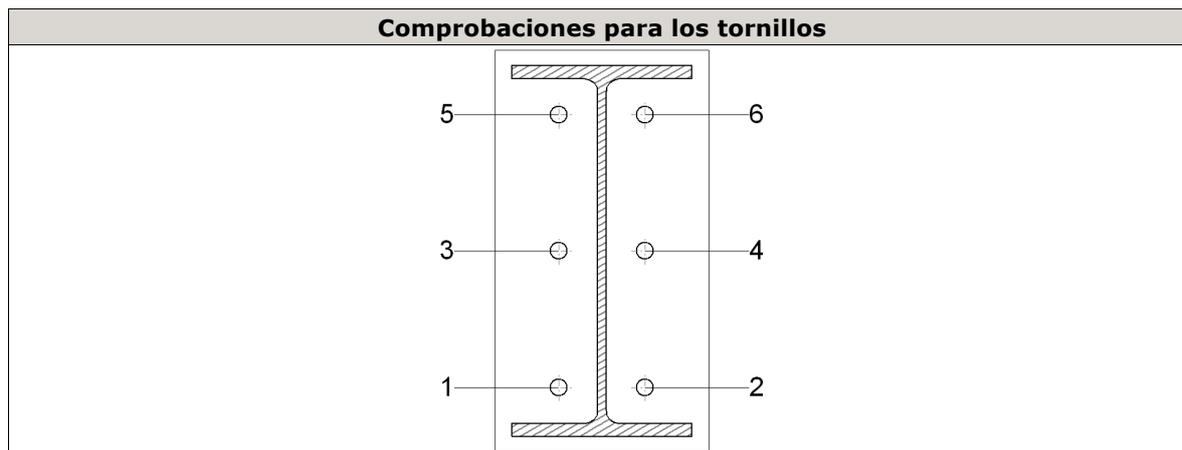
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_x (kp/cm ²)	τ_x (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_x (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	38.4	38.4	0.0	76.7	1.86	38.4	1.09	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _∥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	23.4	40.5	0.98	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	34.8	34.8	0.0	69.7	1.69	34.8	0.99	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	25.2	43.7	1.06	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	38.4	38.4	0.0	76.7	1.86	38.4	1.09	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	23.4	40.5	0.98	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	34.8	34.8	0.0	69.7	1.69	34.8	0.99	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	25.2	43.7	1.06	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	0.535	10.951	4.88
Ala	Compresión	t	1.614	49.308	3.27
	Tracción	t	0.289	24.562	1.18
Alma	Tracción	t	0.491	15.639	3.14

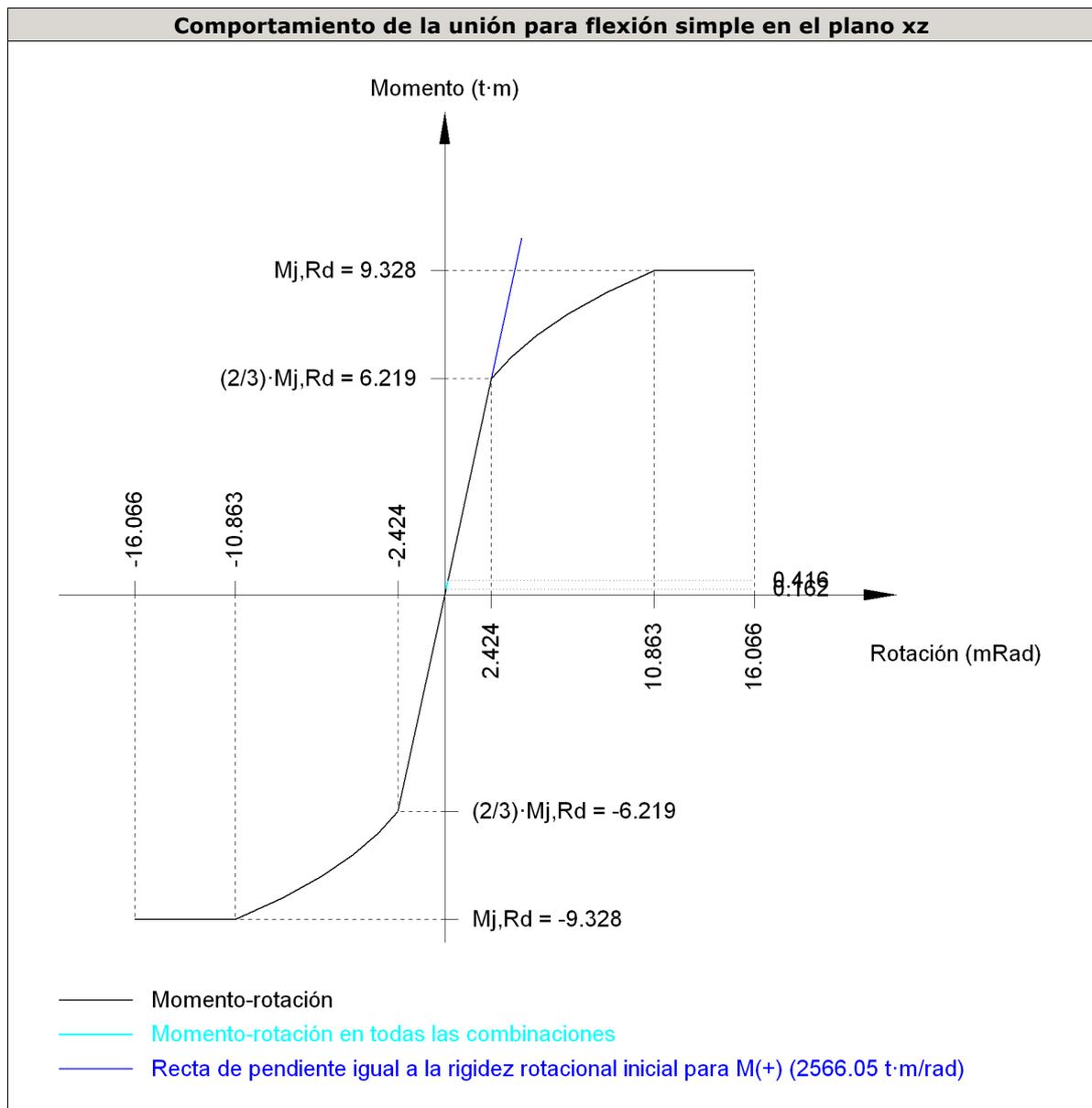
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _∥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	55.8	60.9	0.1	119.3	2.89	55.8	1.59	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	70.5	70.5	13.4	143.0	3.47	70.5	2.01	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	46.1	50.3	0.1	98.6	2.39	46.1	1.32	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	M16	Deslizamiento	0.077	2.689	2.85	Vástago	10.186	11.523	88.40	2.85	88.40
		Aplastamiento	0.077	19.637	0.39	Punzonamiento	0.028	26.170	0.11		
2	M16	Deslizamiento	0.077	2.689	2.85	Vástago	10.186	11.523	88.40	2.85	88.40
		Aplastamiento	0.077	19.637	0.39	Punzonamiento	0.028	26.170	0.11		
3	M16	Deslizamiento	0.077	2.689	2.85	Vástago	10.203	11.523	88.55	2.85	88.55
		Aplastamiento	0.077	19.637	0.39	Punzonamiento	0.282	26.170	1.08		
4	M16	Deslizamiento	0.077	2.689	2.85	Vástago	10.203	11.523	88.55	2.85	88.55
		Aplastamiento	0.077	19.637	0.39	Punzonamiento	0.282	26.170	1.08		
5	M16	Deslizamiento	0.077	2.689	2.85	Vástago	10.220	11.523	88.69	2.85	88.69
		Aplastamiento	0.077	19.637	0.39	Punzonamiento	0.535	26.170	2.04		
6	M16	Deslizamiento	0.077	2.689	2.85	Vástago	10.220	11.523	88.69	2.85	88.69
		Aplastamiento	0.077	19.637	0.39	Punzonamiento	0.535	26.170	2.04		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1166.32	2566.05
Calculada para momentos negativos	1166.32	2566.05

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz

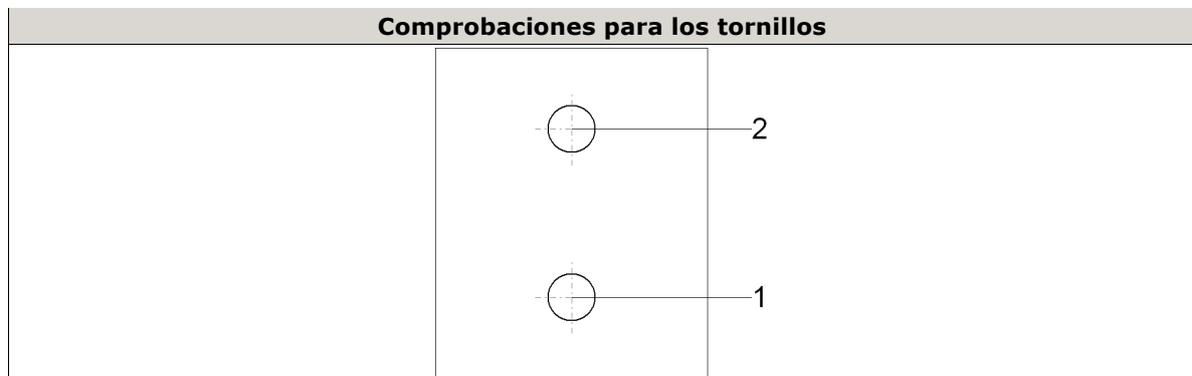


3) Viga (c) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	4.423	2325.730	0.19
	Aplastamiento	t	0.160	9.254	1.73
	Desgarro	t	0.265	9.125	2.90
Alma	Aplastamiento	t	0.160	4.281	3.74
	Desgarro	t	0.265	8.201	3.23

Soldaduras en ángulo						
Descripción	a	Tensión de Von Mises		Tensión normal	f _u	β _w

	(mm)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)	(kp/cm ²)	
Soldadura de la chapa lateral	5	16.9	16.9	3.2	34.2	0.83	16.9	0.48	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción			Interacción tracción y deslizamiento		Aprov. Máx. (%)	
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)		Aprov. (%)
1	M16	Deslizamiento	0.160	2.689	5.95	Vástago	10.184	11.523	88.38	5.95	88.38
		Aplastamiento	0.160	9.254	1.73	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.105	2.689	3.89	Vástago	10.184	11.523	88.38	3.89	88.38
		Aplastamiento	0.105	9.335	1.12	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

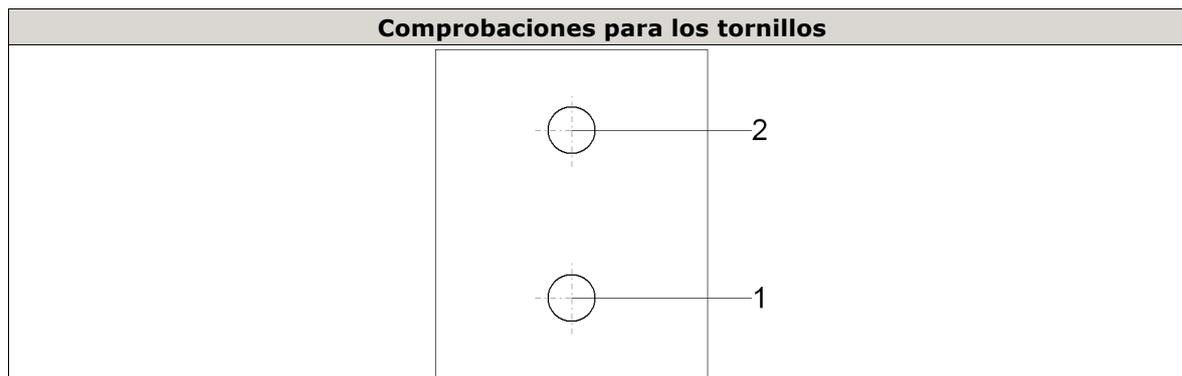
4) Viga (b) IPE 140

Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	22.944	2325.730	0.99
	Aplastamiento	t	0.160	9.254	1.73
	Desgarro	t	0.265	9.125	2.90
Alma	Aplastamiento	t	0.160	4.281	3.74
	Desgarro	t	0.265	8.201	3.23

Soldaduras en ángulo

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w	
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)			Aprov. (%)
Soldadura de la chapa lateral	5	16.9	16.9	3.2	34.2	0.83	16.9	0.48	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)	
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)		Aprov. (%)
1	M16	Deslizamiento	0.160	2.689	5.95	Vástago	10.184	11.523	88.38	5.95	88.38
		Aplastamiento	0.160	9.254	1.73	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.105	2.689	3.89	Vástago	10.184	11.523	88.38	3.89	88.38
		Aplastamiento	0.105	9.335	1.12	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	570
			5	2104
			6	2417

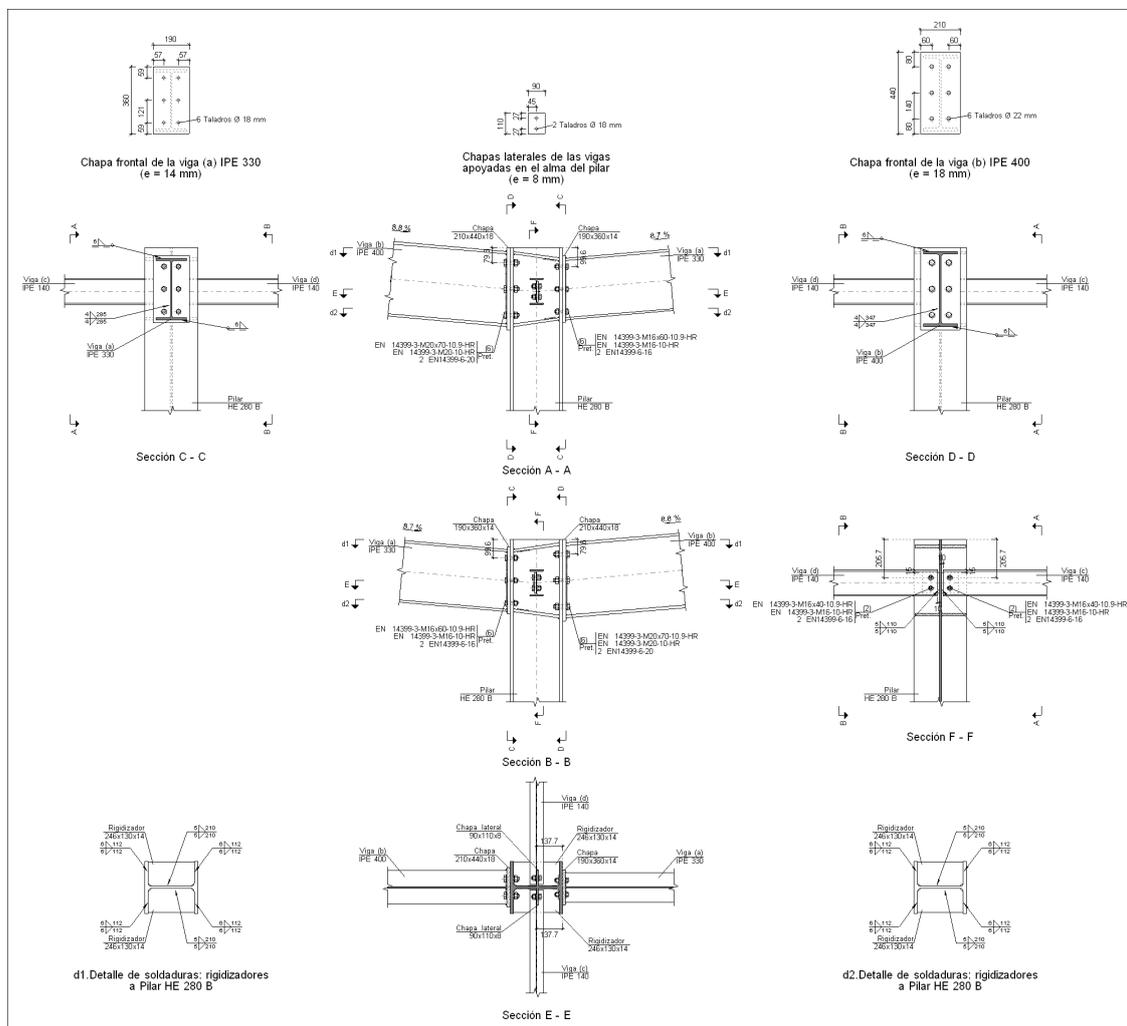
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x12	11.95
	Chapas	2	90x110x8	1.24
		1	190x360x14	7.52
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	4	EN 14399-3-M16x40-HR
		6	EN 14399-3-M16x60-HR
Tuercas	Clase 10	10	EN 14399-3-M16-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	20	EN14399-6-16

➤ Unión viga IPE 400 – viga IPE 330 – Pilar HEB 280

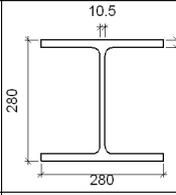
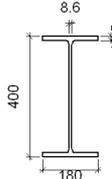
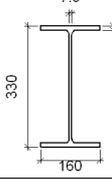
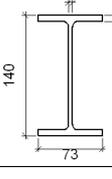
Nudos (5): N26, N27, N28, N29 y N30.

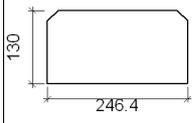
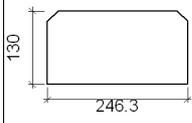
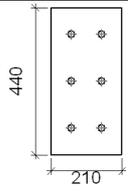
a) Detalle

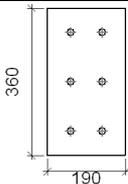
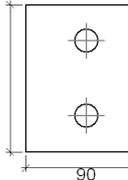
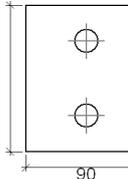


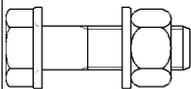
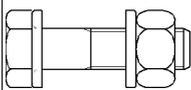
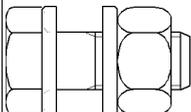
b) Descripción de los componentes de la unión

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 280 B		280	280	18	10.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 400		400	180	13.5	8.6	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4383.3

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		246.4	130	14	-	-	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		246.3	130	14	-	-	S275	2803.3	4383.3
Chapa frontal: Viga (b) IPE 400		210	440	18	6	22	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		190	360	14	6	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa lateral: Viga (d) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa lateral: Viga (c) IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería							
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero		
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
EN 14399-3-M20x70-10.9-HR EN 14399-3-M20-10-HR 2 EN14399-6-20	X		M20	70	10.9	9174.3	10193.7
EN 14399-3-M16x60-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	60	10.9	9174.3	10193.7
EN 14399-3-M16x40-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	40	10.9	9174.3	10193.7

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia

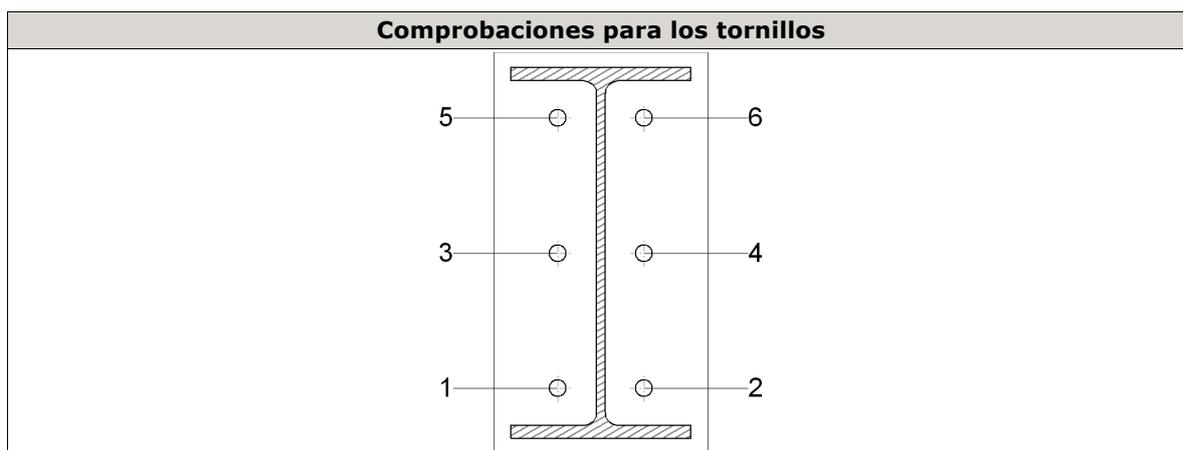
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
	Panel	Esbeltez	-	23.24	64.71	35.91
		Cortante	t	7.060	53.580	13.18
Rigidizadores	Ala	Cortante	kp/cm ²	180.041	2669.773	6.74
Viga (b) IPE 400	Ala	Tracción por flexión	t	4.461	17.982	24.81
		Tracción	t	1.769	42.136	4.20
	Alma	Tracción	t	5.385	23.352	23.06
Viga (d) IPE 140	Alma	Punzonamiento	t	0.502	52.137	0.96
Viga (a) IPE 330	Ala	Tracción por flexión	t	2.176	11.523	18.88
		Tracción	t	0.947	29.931	3.16
	Alma	Tracción	t	2.458	15.801	15.56
Viga (c) IPE 140	Alma	Punzonamiento	t	0.530	52.137	1.02
		Flexión por fuerza perpendicular	t	0.079	9.581	0.82

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	265.8	306.2	0.1	593.3	14.38	265.8	7.58	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	103.7	179.6	4.35	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	237.5	272.5	0.1	528.4	12.81	237.5	6.77	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	113.0	195.8	4.75	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	266.1	306.5	0.1	593.8	14.39	266.1	7.59	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	103.5	179.2	4.34	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	237.3	272.3	0.1	528.0	12.80	237.3	6.77	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	113.2	196.1	4.75	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	2.176	10.885	19.99
Ala	Compresión	t	6.411	49.308	13.00
	Tracción	t	1.154	24.562	4.70
Alma	Tracción	t	2.043	15.854	12.88

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	227.1	247.6	0.1	485.3	11.76	227.1	6.48	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	283.1	283.1	23.5	567.7	13.76	283.1	8.07	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	186.6	203.4	0.6	398.7	9.66	186.6	5.32	4383.3	0.85

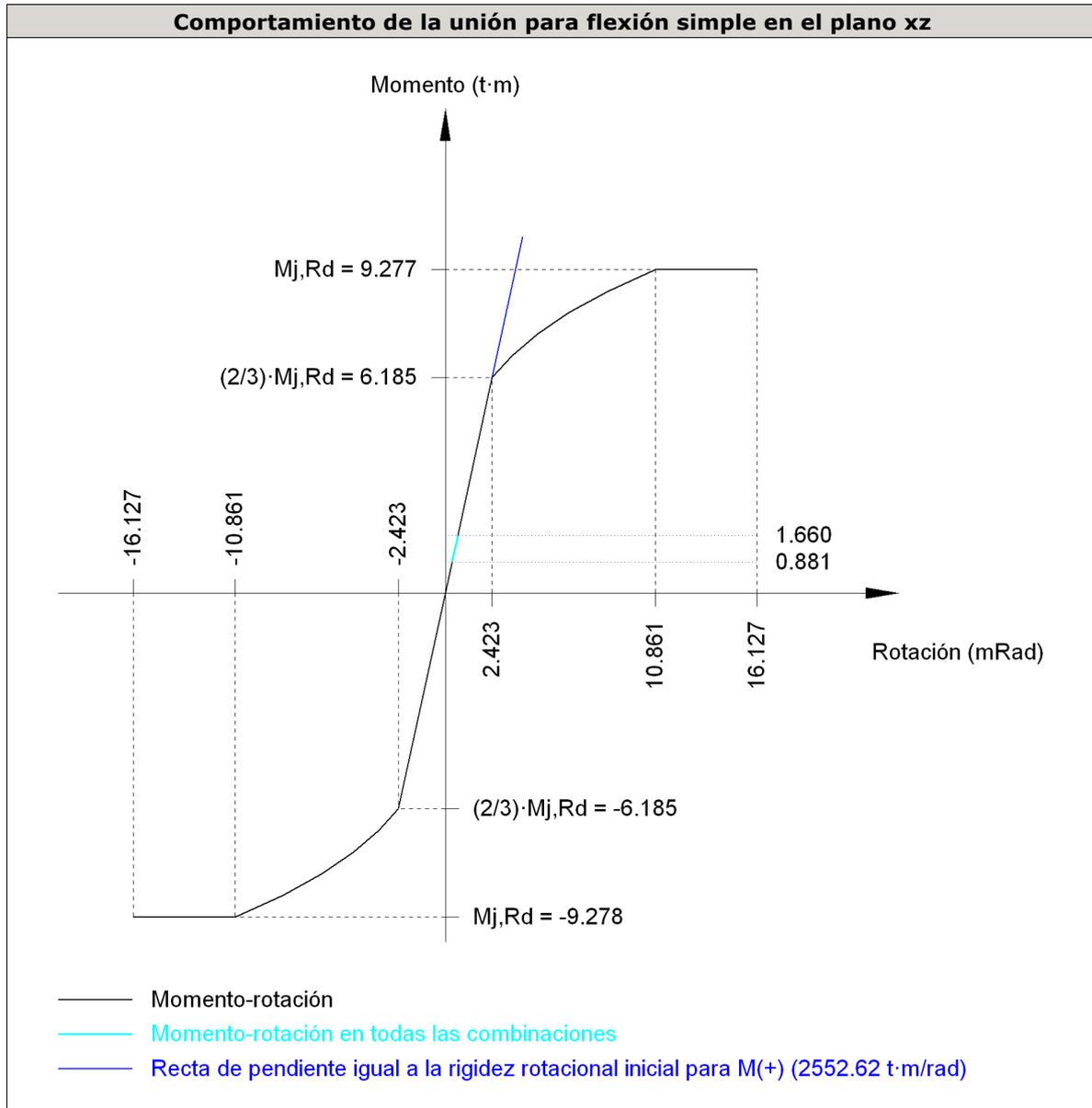


Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)		
1	M16	Deslizamiento	0.102	2.689	3.78	Vástago	10.193	11.523	88.46	3.78	88.46
		Aplastamiento	0.102	19.637	0.52	Punzonamiento	0.133	26.170	0.51		
2	M16	Deslizamiento	0.102	2.689	3.78	Vástago	10.193	11.523	88.46	3.78	88.46
		Aplastamiento	0.102	19.637	0.52	Punzonamiento	0.133	26.170	0.51		
3	M16	Deslizamiento	0.102	2.689	3.78	Vástago	10.261	11.523	89.04	3.78	89.04
		Aplastamiento	0.102	19.637	0.52	Punzonamiento	1.153	26.170	4.40		

Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
4	M16	Deslizamiento	0.102	2.689	3.78	Vástago	10.261	11.523	89.04	3.78	89.04
		Aplastamiento	0.102	19.637	0.52	Punzonamiento	1.153	26.170	4.40		
5	M16	Deslizamiento	0.102	2.689	3.78	Vástago	10.328	11.523	89.63	3.78	89.63
		Aplastamiento	0.102	19.637	0.52	Punzonamiento	2.176	26.170	8.31		
6	M16	Deslizamiento	0.102	2.689	3.78	Vástago	10.328	11.523	89.63	3.78	89.63
		Aplastamiento	0.102	19.637	0.52	Punzonamiento	2.176	26.170	8.31		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1206.17	2552.62
Calculada para momentos negativos	1206.17	2552.68

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz

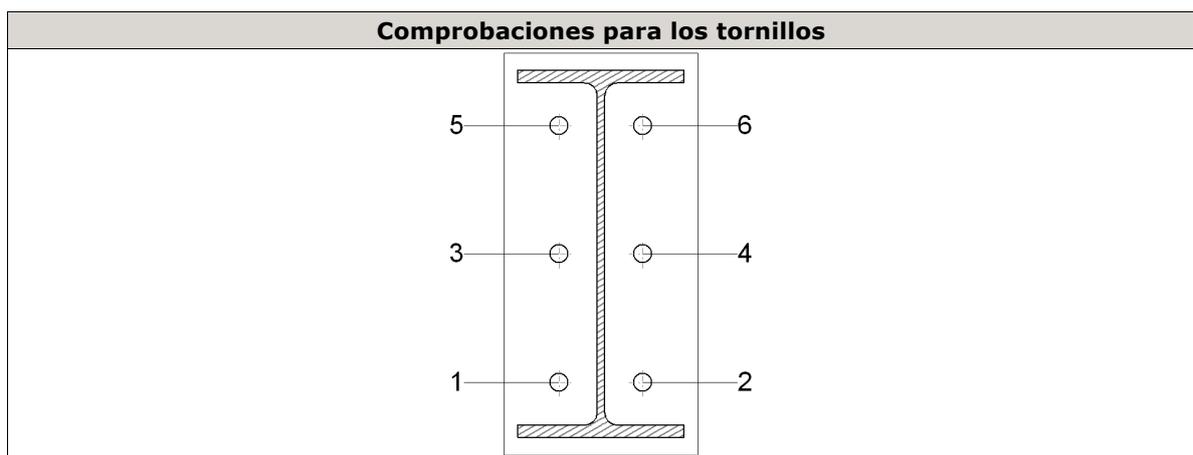


3) Viga (b) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	4.461	16.498	27.04
Ala	Compresión	t	13.052	65.123	20.04
	Tracción	t	2.132	32.438	6.57
Alma	Tracción	t	4.660	23.405	19.91

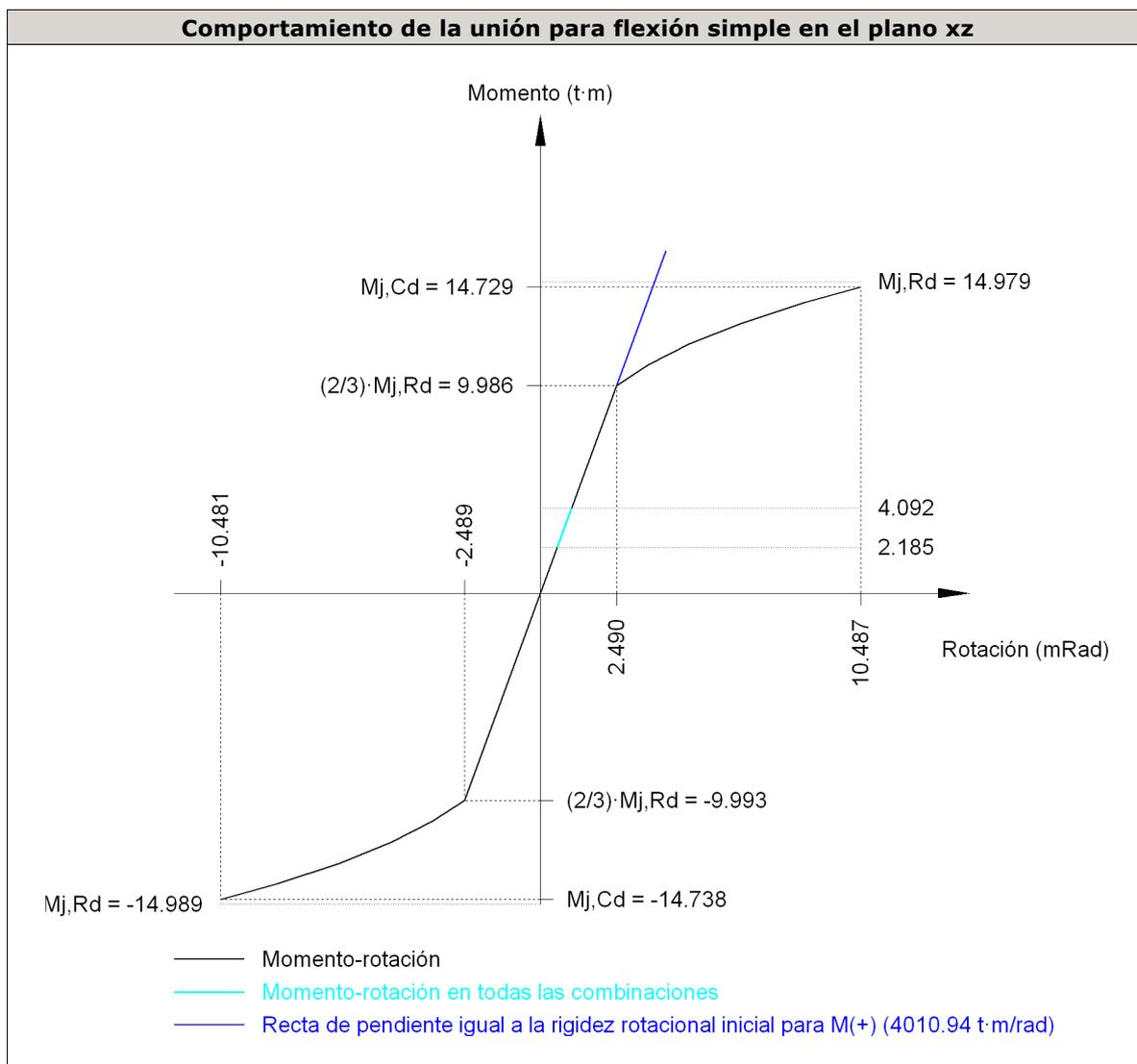
Soldaduras en ángulo									
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)		

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_1 (kp/cm ²)	τ_1 (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_1 (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	417.5	455.6	0.3	892.7	21.64	417.5	11.91	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	456.5	456.5	40.4	915.7	22.20	456.5	13.02	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	324.5	354.2	0.3	694.0	16.82	324.5	9.25	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistencia (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistencia (t)	Aprov. (%)		
1	M20	Deslizamiento	0.201	4.196	4.79	Vástago	15.914	17.982	88.50	4.79	88.50
		Aplastamiento	0.201	31.558	0.64	Punzonamiento	0.304	39.875	0.76		
2	M20	Deslizamiento	0.198	4.196	4.72	Vástago	15.914	17.982	88.50	4.72	88.50
		Aplastamiento	0.198	31.560	0.63	Punzonamiento	0.304	39.875	0.76		
3	M20	Deslizamiento	0.201	4.196	4.79	Vástago	16.057	17.982	89.30	4.79	89.30
		Aplastamiento	0.201	31.560	0.64	Punzonamiento	2.383	39.875	5.98		
4	M20	Deslizamiento	0.198	4.196	4.71	Vástago	16.057	17.982	89.30	4.71	89.30
		Aplastamiento	0.198	31.560	0.63	Punzonamiento	2.383	39.875	5.98		
5	M20	Deslizamiento	0.201	4.196	4.79	Vástago	16.200	17.982	90.09	4.79	90.09
		Aplastamiento	0.201	31.560	0.64	Punzonamiento	4.461	39.875	11.19		
6	M20	Deslizamiento	0.198	4.196	4.72	Vástago	16.200	17.982	90.09	4.72	90.09
		Aplastamiento	0.198	31.557	0.63	Punzonamiento	4.461	39.875	11.19		

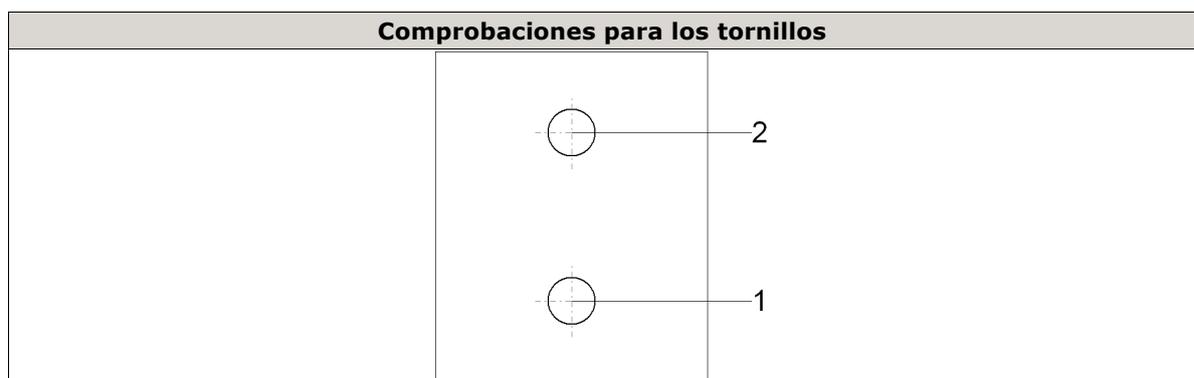
Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1851.96	4010.94
Calculada para momentos negativos	1851.96	4015.01



4) Viga (c) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	69.972	2325.730	3.01
	Aplastamiento	t	0.294	9.349	3.14
	Desgarro	t	0.532	9.125	5.83
Alma	Aplastamiento	t	0.294	6.592	4.45
	Desgarro	t	0.532	8.201	6.48

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa lateral	5	34.1	34.1	3.2	68.4	1.66	34.1	0.97	4383.3	0.85



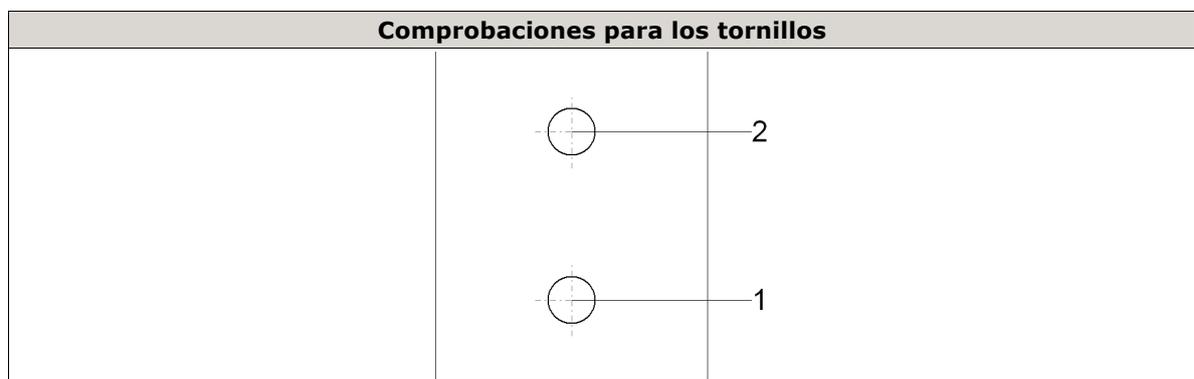
Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción			Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)		
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)			Resistente (t)	Aprov. (%)
1	M16	Deslizamiento	0.238	2.689	8.85	Vástago	10.184	11.523	88.38	8.85	88.38
		Aplastamiento	0.238	9.307	2.56	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.294	2.689	10.92	Vástago	10.184	11.523	88.38	10.92	88.38
		Aplastamiento	0.294	9.349	3.14	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

5) Viga (d) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	66.763	2325.730	2.87
	Aplastamiento	t	0.280	9.349	2.99
	Desgarro	t	0.503	9.125	5.52
Alma	Aplastamiento	t	0.280	6.592	4.24
	Desgarro	t	0.503	8.201	6.14

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _∥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa lateral	5	32.3	32.3	3.2	64.8	1.57	32.3	0.92	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	M16	Deslizamiento	0.224	2.689	8.33	Vástago	10.184	11.523	88.38	8.33	88.38
		Aplastamiento	0.224	9.301	2.41	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.280	2.689	10.40	Vástago	10.184	11.523	88.38	10.40	88.38
		Aplastamiento	0.280	9.349	2.99	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	1265
			5	2123
			6	3120

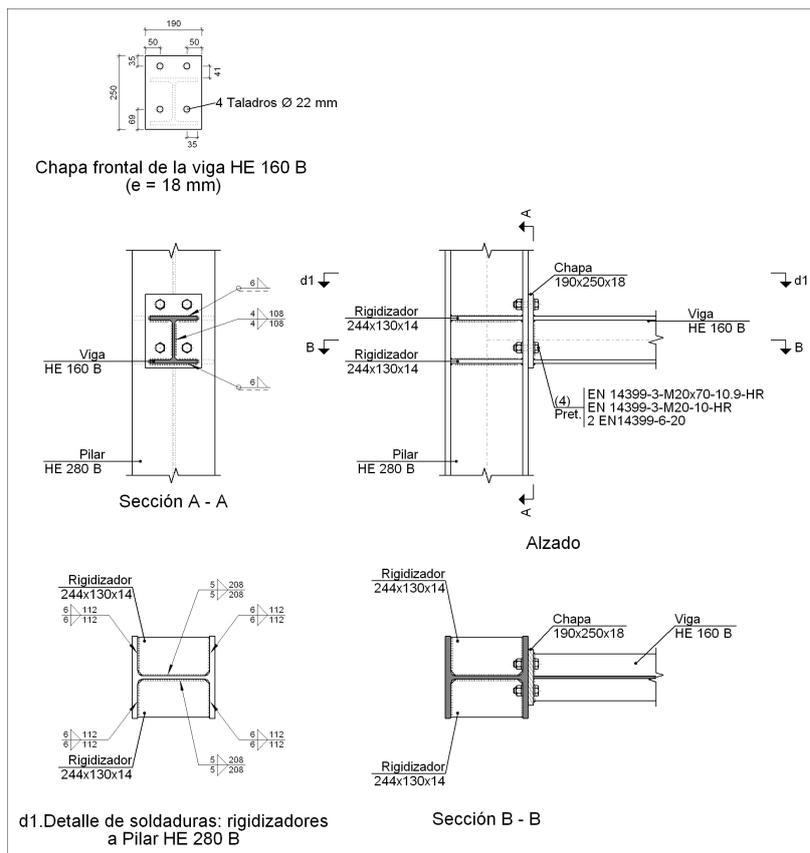
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	246x130x14	7.04
		2	246x130x14	7.04
	Chapas	2	90x110x8	1.24
		1	190x360x14	7.52
		1	210x440x18	13.06
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	4	EN 14399-3-M16x40-HR
		6	EN 14399-3-M16x60-HR
		6	EN 14399-3-M20x70-HR
Tuercas	Clase 10	10	EN 14399-3-M16-HR
		6	EN 14399-3-M20-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	20	EN14399-6-16
		12	EN14399-6-20

➤ *Unión ménsula*

Nudos (10): N39, N40, N41, N42, N43, N44, N49, N50, N51 y N52.

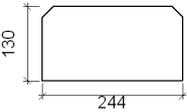
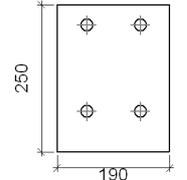
a) Detalle

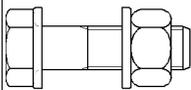


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (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_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		244	130	14	-	-	S275	2803.3	4383.3
Chapa frontal: Viga HE 160 B		190	250	18	4	22	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería							
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero		
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
EN 14399-3-M20x70-10.9-HR EN 14399-3-M20-10-HR 2 EN14399-6-20	X		M20	70	10.9	9174.3	10193.7

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	-	23.24	64.71	35.91
	Cortante	t	0.025	40.785	0.06
Ala	Tracción por flexión	t	0.009	17.982	0.05
	Tracción	t	0.004	37.681	0.01
Alma	Tracción	t	0.010	18.664	0.05

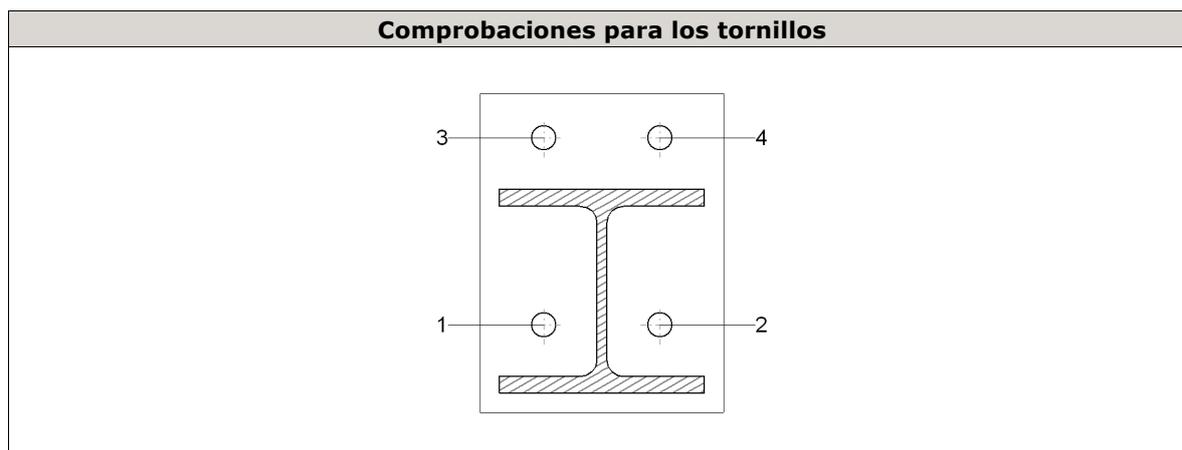
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	0.8	0.8	0.0	1.6	0.04	0.8	0.02	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	0.5	0.8	0.02	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	0.6	0.6	0.0	1.3	0.03	0.6	0.02	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	0.5	0.8	0.02	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6	0.8	0.8	0.0	1.6	0.04	0.8	0.02	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	5	0.0	0.0	0.5	0.8	0.02	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6	0.6	0.6	0.0	1.3	0.03	0.6	0.02	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	5	0.0	0.0	0.5	0.8	0.02	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	0.009	12.208	0.07
Ala	Compresión	t	0.019	55.531	0.03
	Tracción	t	0.009	27.766	0.03
Alma	Tracción	t	0.001	20.665	0.01

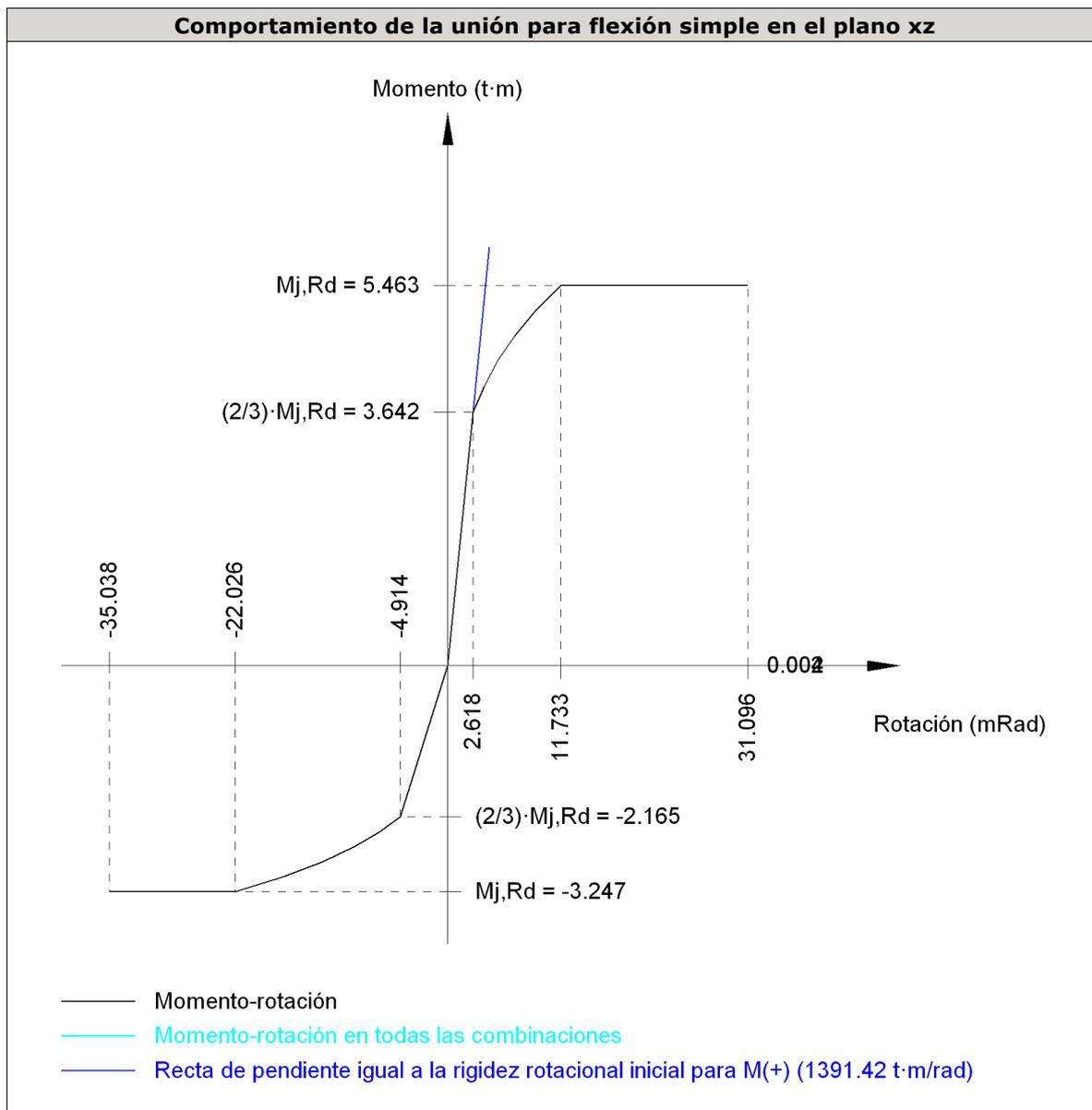
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	1.3	1.3	0.0	2.6	0.06	1.3	0.04	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	0.7	0.7	3.3	5.9	0.14	0.7	0.02	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	1.1	1.1	0.0	2.2	0.05	1.1	0.03	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistencia (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistencia (t)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	M20	Deslizamiento	0.007	4.196	0.17	Vástago	15.893	17.982	88.38	0.17	88.38
		Aplastamiento	0.007	31.560	0.02	Punzonamiento	0.002	39.875	0.00		
2	M20	Deslizamiento	0.007	4.196	0.17	Vástago	15.893	17.982	88.38	0.17	88.38
		Aplastamiento	0.007	31.560	0.02	Punzonamiento	0.002	39.875	0.00		
3	M20	Deslizamiento	0.007	4.196	0.17	Vástago	15.893	17.982	88.39	0.17	88.39
		Aplastamiento	0.007	16.497	0.04	Punzonamiento	0.009	39.875	0.02		
4	M20	Deslizamiento	0.007	4.196	0.17	Vástago	15.893	17.982	88.39	0.17	88.39
		Aplastamiento	0.007	16.497	0.04	Punzonamiento	0.009	39.875	0.02		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1250.83	1391.42
Calculada para momentos negativos	1250.83	440.62

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	216
			5	1664
			6	2416

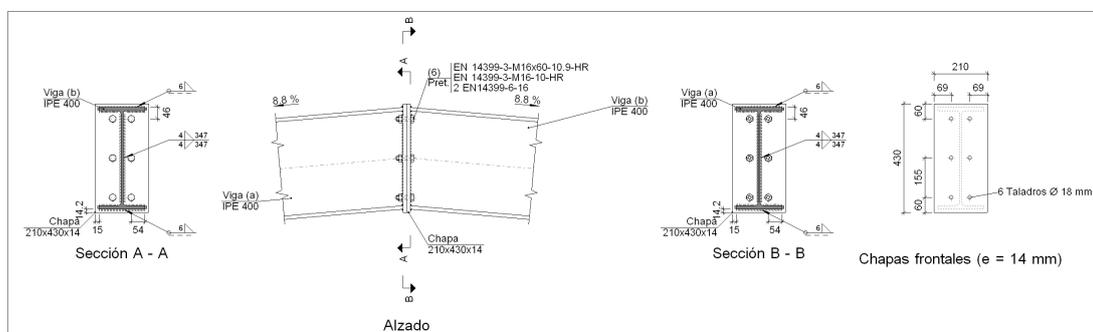
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x14	13.94
	Chapas	1	190x250x18	6.71
	Total			20.66

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	4	EN 14399-3-M20x70-HR
Tuercas	Clase 10	4	EN 14399-3-M20-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	8	EN14399-6-20

➤ Unión viga IPE 400 – IPE 400

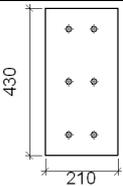
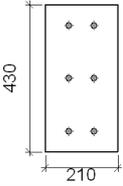
Nudos (6): N77, N78, N79, N80, N81 y N82.

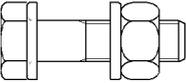
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 400		400	180	13.5	8.6	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (a) IPE 400		210	430	14	6	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa frontal: Viga (b) IPE 400		210	430	14	6	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería							
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero		
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
EN 14399-3-M16x60-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	60	10.9	9174.3	10193.7

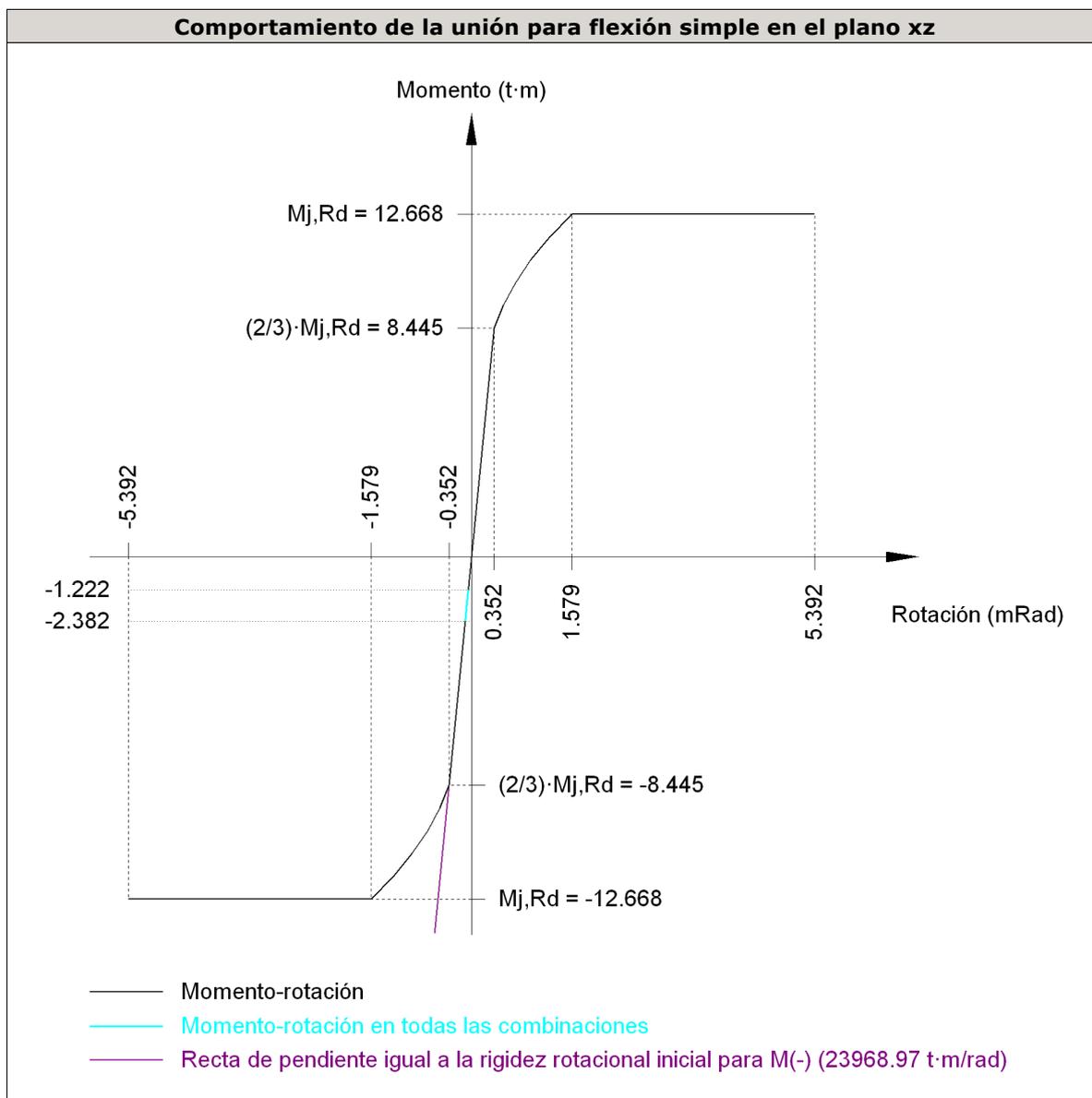
c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	2.474	11.523	21.47
Ala	Aplastamiento	t	7.598	65.123	11.67
	Tracción	t	1.301	28.350	4.59
Alma	Tracción	t	2.346	16.406	14.30

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_\perp (kp/cm ²)	τ_\perp (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_\perp (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	191.8	209.3	4.0	410.2	9.94	191.8	5.47	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	354.6	354.6	1.2	709.3	17.19	354.6	10.11	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	231.5	252.6	0.3	495.1	12.00	231.5	6.60	4383.3	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	7465.64	23968.97
Calculada para momentos negativos	7465.64	23968.97

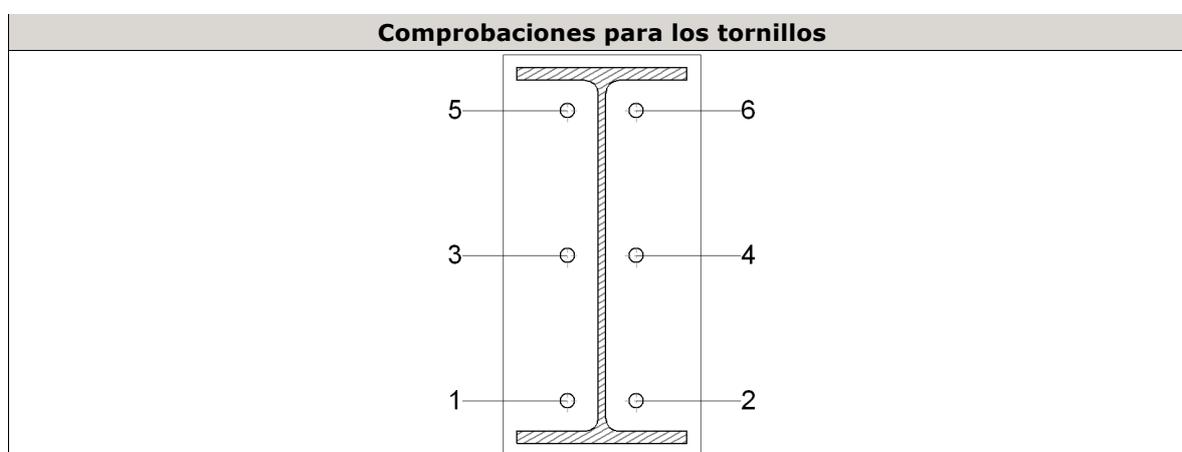


2) Viga (b) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	2.474	11.523	21.47
Ala	Compresión	t	7.598	65.123	11.67
	Tracción	t	1.301	28.350	4.59

Alma	Tracción	t	2.346	16.406	14.30
------	----------	---	-------	--------	-------

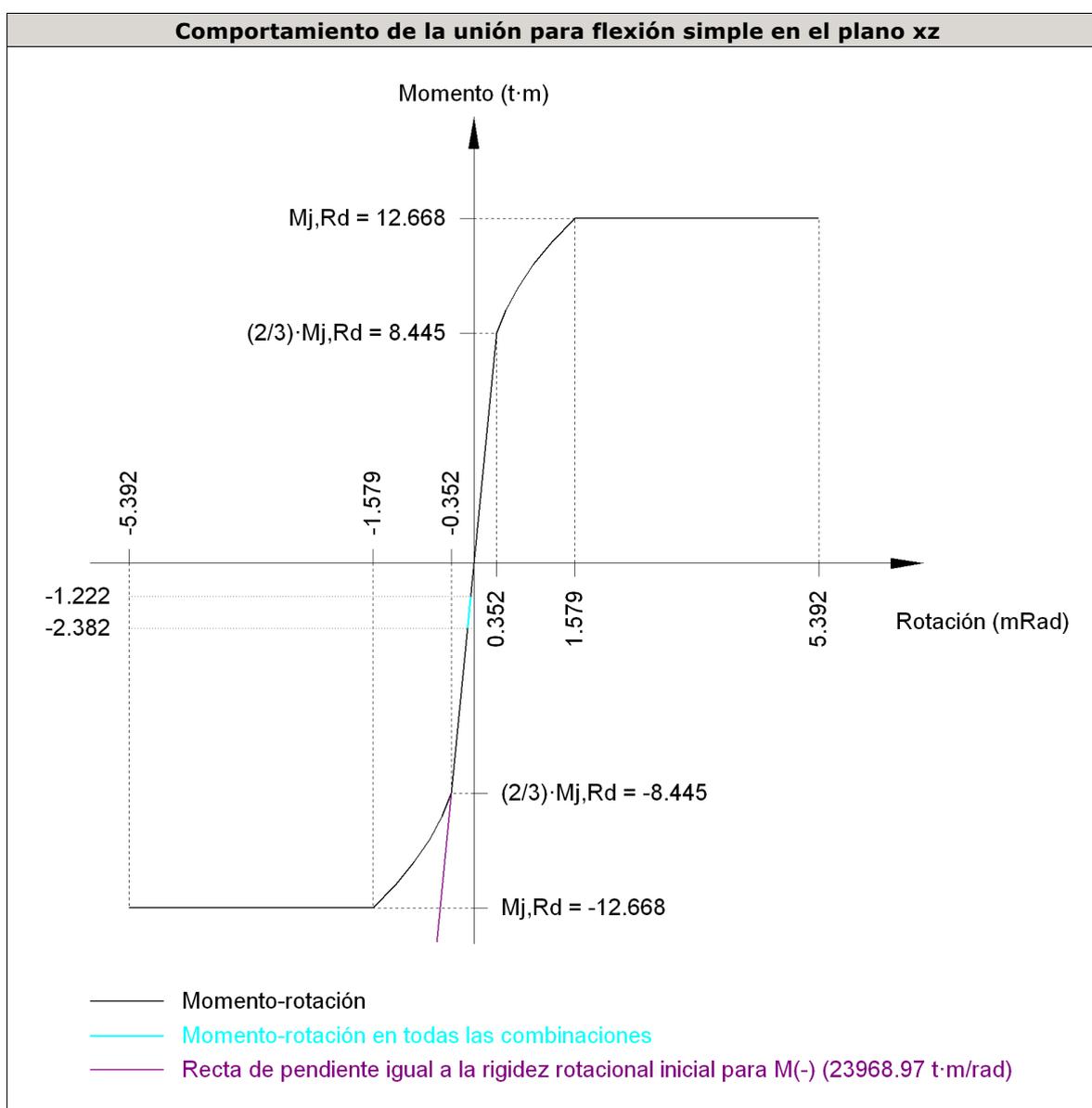
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_x (kp/cm ²)	τ_x (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_x (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	191.8	209.3	0.7	410.2	9.94	191.8	5.47	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	354.6	354.6	1.2	709.3	17.19	354.6	10.11	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	231.5	252.6	0.3	495.1	12.00	231.5	6.60	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)		
1	M16	Deslizamiento	0.030	2.689	1.12	Vástago	10.350	11.523	89.82	1.12	89.82
		Aplastamiento	0.030	19.637	0.15	Punzonamiento	2.474	26.170	9.45		
2	M16	Deslizamiento	0.030	2.689	1.12	Vástago	10.350	11.523	89.82	1.12	89.82
		Aplastamiento	0.030	19.637	0.15	Punzonamiento	2.474	26.170	9.45		
3	M16	Deslizamiento	0.030	2.689	1.12	Vástago	10.271	11.523	89.14	1.12	89.14
		Aplastamiento	0.030	19.637	0.15	Punzonamiento	1.296	26.170	4.95		
4	M16	Deslizamiento	0.030	2.689	1.12	Vástago	10.271	11.523	89.14	1.12	89.14
		Aplastamiento	0.030	19.637	0.15	Punzonamiento	1.296	26.170	4.95		
5	M16	Deslizamiento	0.030	2.689	1.12	Vástago	10.192	11.523	88.45	1.12	88.45
		Aplastamiento	0.030	19.637	0.15	Punzonamiento	0.118	26.170	0.45		

Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)	
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)		Aprov. (%)
6	M16	Deslizamiento	0.030	2.689	1.12	Vástago	10.192	11.523	88.45	1.12	88.45
		Aplastamiento	0.030	19.637	0.15	Punzonamiento	0.118	26.170	0.45		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	7465.64	23968.97
Calculada para momentos negativos	7465.64	23968.97



d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	1389
			6	1406

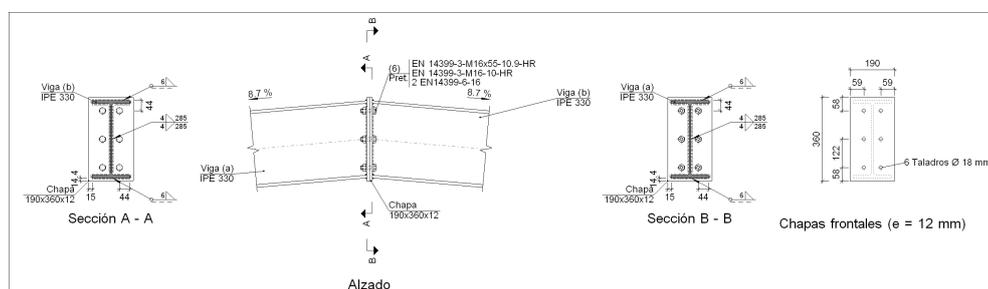
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	210x430x14	19.85
			Total	19.85

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	6	EN 14399-3-M16x60-HR
Tuercas	Clase 10	6	EN 14399-3-M16-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	12	EN14399-6-16

➤ Unión viga IPE 330 – viga IPE 330

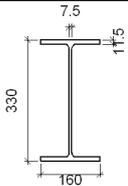
Nudos (4): N133, N134, N135 y N136.

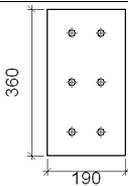
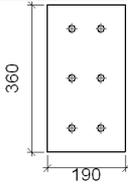
a) Detalle

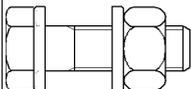


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles			
Pieza	Descripción	Geometría	Acero

		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		190	360	12	6	18	S275	2803.3	4383.3
Chapa frontal: Viga (b) IPE 330		190	360	12	6	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería							
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero		
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
EN 14399-3-M16x55-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	55	10.9	9174.3	10193.7

c) Comprobación

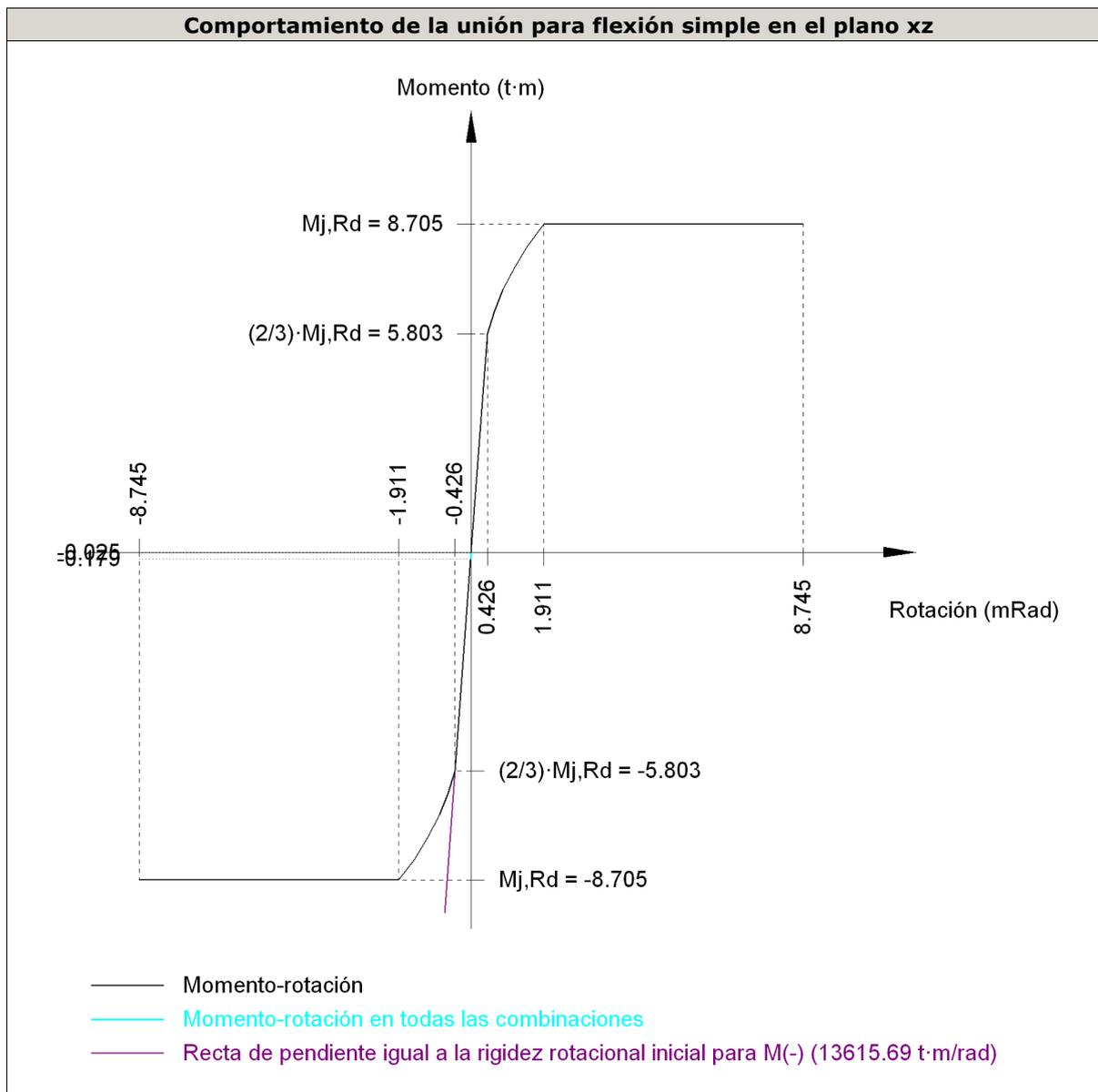
1) Viga (a) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	0.204	9.903	2.06
Ala	Aplastamiento	t	0.725	49.308	1.47
	Tracción	t	0.106	24.562	0.43
Alma	Tracción	t	0.196	14.751	1.33

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	22.5	24.5	0.1	48.1	1.17	22.5	0.64	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	28.5	28.5	4.3	57.4	1.39	28.5	0.81	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	21.3	23.2	0.1	45.5	1.10	21.3	0.61	4383.3	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	4969.72	13615.69
Calculada para momentos negativos	4969.72	13615.69

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz

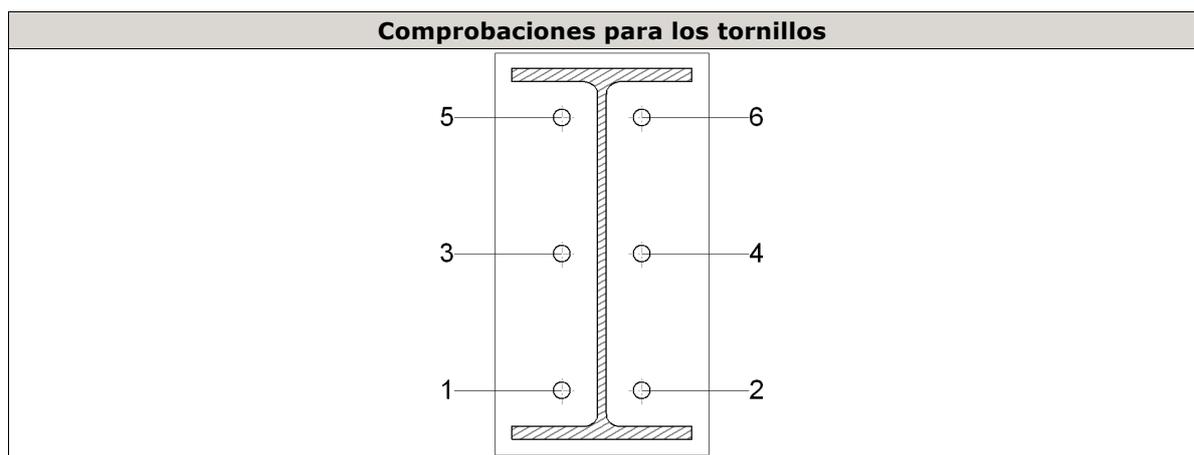


2) Viga (b) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	t	0.204	9.903	2.06
Ala	Compresión	t	0.725	49.308	1.47
	Tracción	t	0.106	24.562	0.43
Alma	Tracción	t	0.196	14.751	1.33

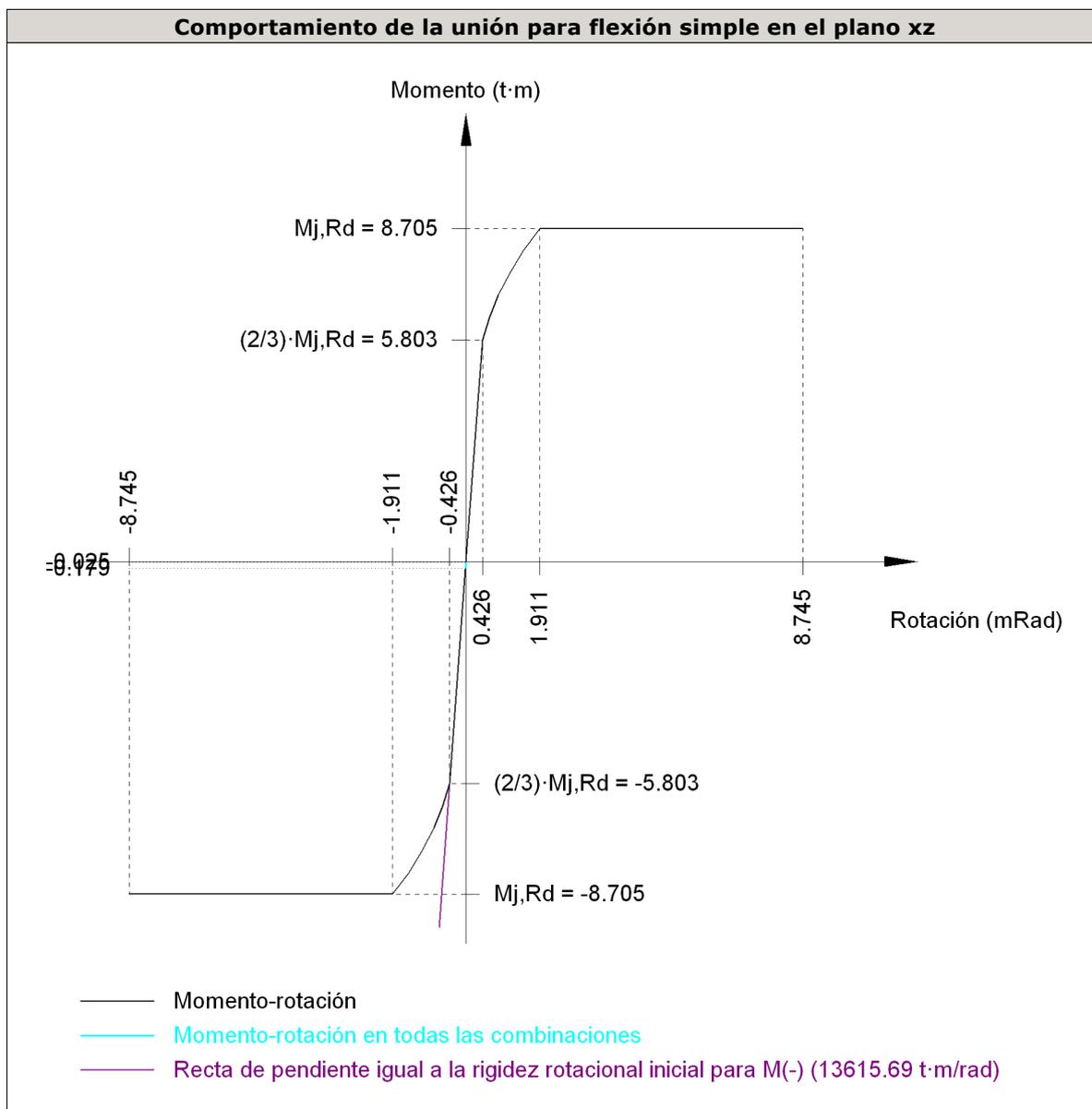
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w	
		σ (kp/cm ²)	τ (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ (kp/cm ²)			Aprov. (%)

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	22.5	24.5	0.4	48.1	1.17	22.5	0.64	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	28.5	28.5	5.9	57.8	1.40	28.5	0.81	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	21.3	23.2	0.4	45.5	1.10	21.3	0.61	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistencia (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)	Resistencia (t)	Aprov. (%)		
1	M16	Deslizamiento	0.066	2.689	2.45	Vástago	10.198	11.523	88.50	2.45	88.50
		Aplastamiento	0.066	16.832	0.39	Punzonamiento	0.202	22.431	0.90		
2	M16	Deslizamiento	0.066	2.689	2.45	Vástago	10.198	11.523	88.50	2.45	88.50
		Aplastamiento	0.066	16.832	0.39	Punzonamiento	0.204	22.431	0.91		
3	M16	Deslizamiento	0.066	2.689	2.44	Vástago	10.191	11.523	88.44	2.44	88.44
		Aplastamiento	0.066	16.832	0.39	Punzonamiento	0.105	22.431	0.47		
4	M16	Deslizamiento	0.066	2.689	2.44	Vástago	10.191	11.523	88.44	2.44	88.44
		Aplastamiento	0.066	16.832	0.39	Punzonamiento	0.106	22.431	0.47		
5	M16	Deslizamiento	0.065	2.689	2.43	Vástago	10.185	11.523	88.39	2.43	88.39
		Aplastamiento	0.065	16.832	0.39	Punzonamiento	0.007	22.431	0.03		
6	M16	Deslizamiento	0.065	2.689	2.44	Vástago	10.185	11.523	88.39	2.44	88.39
		Aplastamiento	0.065	16.832	0.39	Punzonamiento	0.008	22.431	0.04		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	4969.72	13615.69
Calculada para momentos negativos	4969.72	13615.69



d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	1140
			6	1250

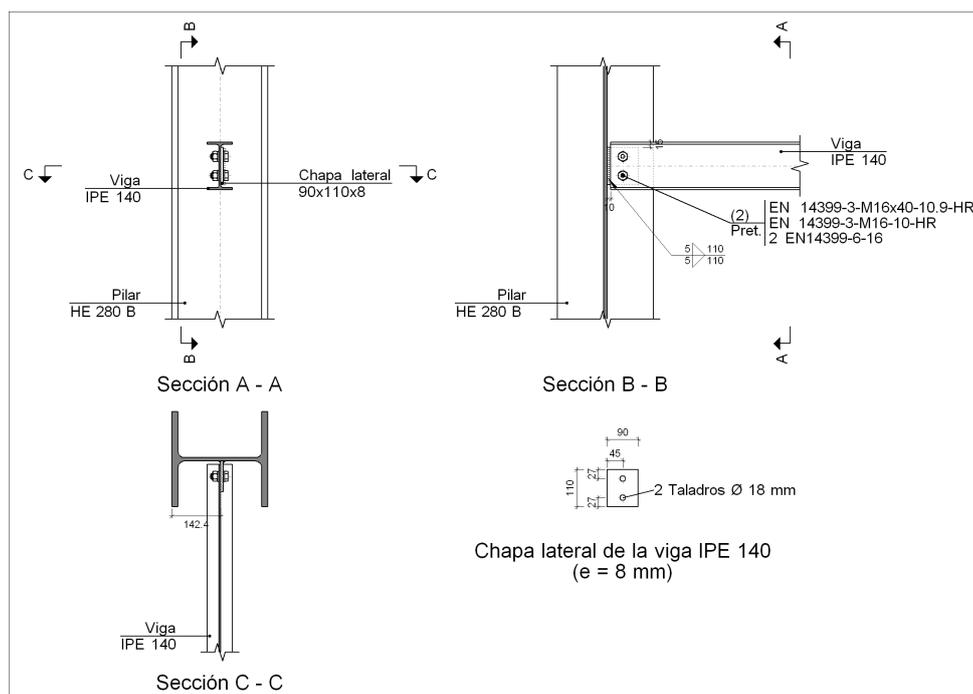
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	190x360x12	12.89
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	6	EN 14399-3-M16x55-HR
Tuercas	Clase 10	6	EN 14399-3-M16-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	12	EN14399-6-16

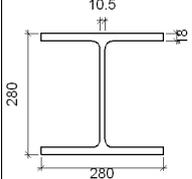
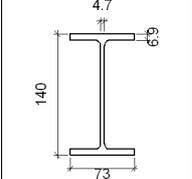
➤ *Unión vigas de atado – pilar HEB 280*

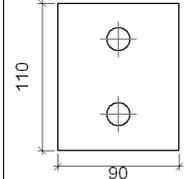
Nudos (4): N138, N141, N142 y N143.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga IPE 140		90	110	8	2	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos de tornillería								
Descripción	Pretensado	Geometría			Acero			
		Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
EN 14399-3-M16x40-10.9-HR EN 14399-3-M16-10-HR 2 EN14399-6-16	X		M16	40	10.9	9174.3	10193.7	

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

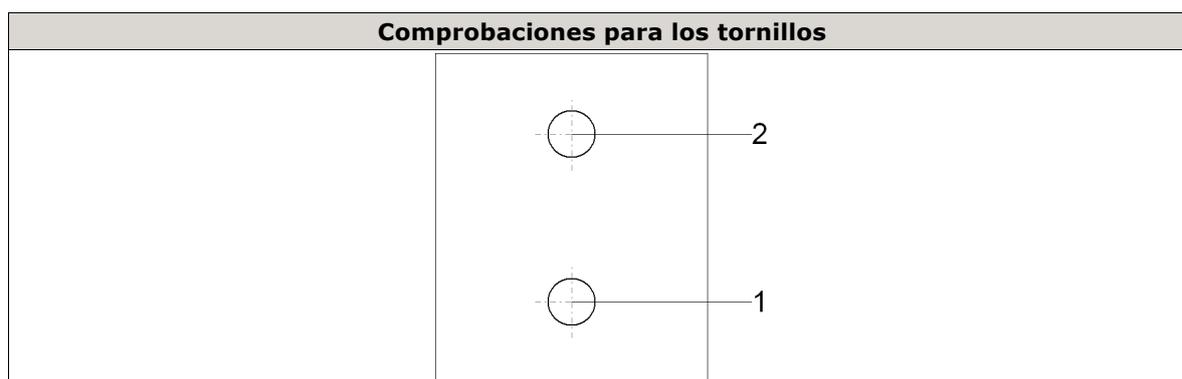
Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Alma	Punzonamiento	t	0.097	52.137	0.19	

	Flexión por fuerza perpendicular	t	0.097	15.880	0.61
--	----------------------------------	---	-------	--------	------

2) Viga IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Pandeo local	kp/cm ²	20.709	2325.730	0.89
	Aplastamiento	t	0.078	9.323	0.84
	Desgarro	t	0.103	9.125	1.13
Alma	Aplastamiento	t	0.078	6.592	1.19
	Desgarro	t	0.103	8.201	1.26

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ ₁ (kp/cm ²)	τ ₁ (kp/cm ²)	τ _∥ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ ₁ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa lateral	5	6.2	6.2	3.2	13.6	0.33	6.2	0.18	4383.3	0.85



Tornillo	Diámetro	Cortante			Tracción			Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)		
		Comprobación	Pésimo (t)	Resistente (t)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (t)			Resistente (t)	Aprov. (%)
1	M16	Deslizamiento	0.037	2.689	1.39	Vástago	10.184	11.523	88.38	1.39	88.38
		Aplastamiento	0.037	7.953	0.47	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		
2	M16	Deslizamiento	0.078	2.689	2.91	Vástago	10.184	11.523	88.38	2.91	88.38
		Aplastamiento	0.078	9.323	0.84	Punzonamiento	0.000	8.786	0.00		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	5	220

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	90x110x8	0.62
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 10.9	2	EN 14399-3-M16x40-HR
Tuercas	Clase 10	2	EN 14399-3-M16-HR
Arandelas	Dureza 300 HV	4	EN14399-6-16

15. PLACAS DE ANCLAJE

Como los pilares metálicos no podrán asentar directamente sobre el hormigón de la cimentación, ya que éste no resistirá las tensiones transmitidas, se dispondrán de placas metálicas para anclar los pilares sobre la cimentación. Estos soportes distribuirán todos los esfuerzos sobre las zapatas.

La unión de la placa base con la zapata se llevará a cabo mediante pernos de anclaje embebidos en el hormigón, los cuales inmovilizarán el pilar ante posibles fuerzas de arrancamiento.

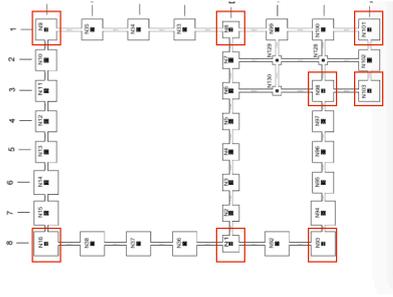
Las soluciones constructivas adoptadas se basan en el método recogido en el libro “Estructuras de hacer. Cálculo”, Tomo II, de D. Ramón Argüelles Álvarez, además de cumplir lo establecido en el CTE.

15.1. AGRUPACIÓN

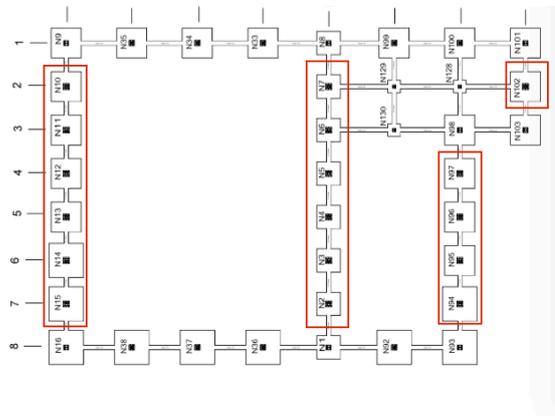
A continuación se muestra la distribución de placas de anclaje adoptada para el seguimiento de cálculo de las placas.

Descripción					
Tipo	Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
1	N1,N8,N9,N16, N88,N93,N96, N98	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: 2(100x0x8.0) Paralelos Y: -	8Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta
2	N2,N3,N4,N5,N6, N7,N10,N11,N12, N13,N14,N15, N89,N90,N91, N92,N97	Ancho X: 550 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 20 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x20x7.0)	8Ø25 mm L=55 cm Prolongación recta
3	N33,N34,N35, N36,N37,N38, N87,N94,N95	Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 20 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x0x8.0)	12Ø20 mm L=60 cm Prolongación recta
4	N123,N124,N125	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: 2(100x35x5.0) Paralelos Y: 1(100x35x5.0)	4Ø14 mm L=40 cm Prolongación recta

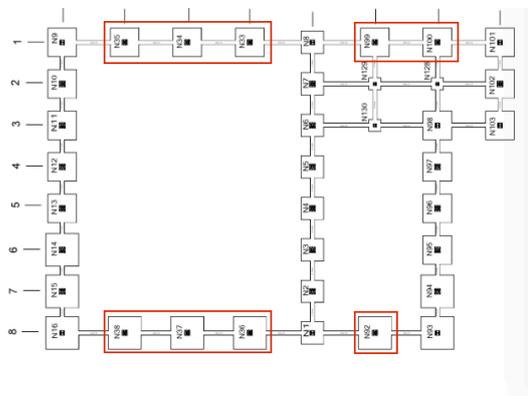
➤ TIPO 1



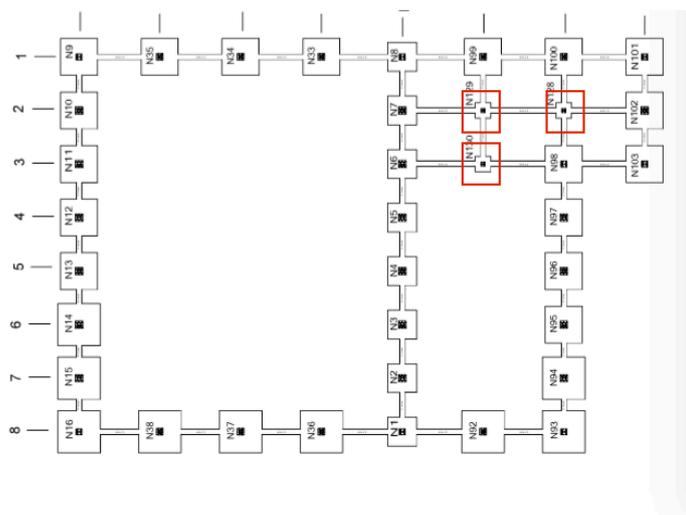
➤ TIPO 2



➤ TIPO 3



➤ TIPO 4



15.2. MEDICIÓN DE PLACAS DE ANCLAJE

Pilares	Acero	Peso kp	Totales kp
N1, N8, N9, N16, N88, N93, N96, N98	S275	8 x 39.56	
N2, N3, N4, N5, N6, N7, N10, N11, N12, N13, N14, N15, N89, N90, N91, N92, N97	S275	17 x 54.63	
N33, N34, N35, N36, N37, N38, N87, N94, N95	S275	9 x 46.03	
N123, N124, N125	S275	3 x 15.06	
			1704.64
Totales			1704.64

15.3. MEDICIÓN DE PERNOS DE PLACAS DE ANCLAJE

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
---------	--------	-------	------------	---------	-----------	------------

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
N1, N8, N9, N16, N88, N93, N96, N98	64Ø20 mm L=76 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	64 x 0.76	64 x 1.88		
N2, N3, N4, N5, N6, N7, N10, N11, N12, N13, N14, N15, N89, N90, N91, N92, N97	136Ø25 mm L=62 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	136 x 0.62	136 x 2.37		
N33, N34, N35, N36, N37, N38, N87, N94, N95	108Ø20 mm L=66 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	108 x 0.66	108 x 1.63		
N123, N124, N125	12Ø14 mm L=45 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	12 x 0.45	12 x 0.55		
					209.11	624.91
Totales					209.11	624.91

15.4. COMPROBACIÓN

➤ TIPO 1

Referencia: N1		
-Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 22 mm		
-Pernos: 8Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x0x8.0) Paralelos Y: -		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X:	Máximo: 50 Calculado: 28.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 24 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 119.67 kN Calculado: 65.25 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 83.77 kN Calculado: 8.58 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 119.67 kN Calculado: 77.51 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 60.98 kN	Cumple

Referencia: N1 -Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 22 mm -Pernos: 8Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x0x8.0) Paralelos Y: -		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 195.077 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 242 kN Calculado: 8.02 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 59.1139 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 83.5008 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 218.312 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 196.512 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 23225.8	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 15497.9	Cumple
- Arriba:	Calculado: 770.067	Cumple
- Abajo:	Calculado: 750.52	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 98.3114 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

➤ TIPO 2

Referencia: N2 -Placa base: Ancho X: 550 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 20 mm -Pernos: 6Ø25 mm L=55 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x20x7.0)		
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: 49.9	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 30 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia: N2 -Placa base: Ancho X: 550 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 20 mm -Pernos: 6Ø25 mm L=55 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x20x7.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción:	Máximo: 117.53 kN Calculado: 57.71 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 82.27 kN Calculado: 3.93 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 117.53 kN Calculado: 63.32 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 157.12 kN Calculado: 59.49 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 121.687 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 275 kN Calculado: 3.45 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 162.697 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 120.559 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 127.278 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 146.487 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 493.874	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 710.117	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7294.62	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5919.42	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 148.82 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

➤ TIPO 3

Referencia: N33 -Placa base: Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 20 mm -Pernos: 12Ø20 mm L=60 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x0x8.0)		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia: N33 -Placa base: Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 20 mm -Pernos: 12Ø20 mm L=60 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x0x8.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 140 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 24 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 102.57 kN Calculado: 81.5 kN Máximo: 71.8 kN Calculado: 5.2 kN Máximo: 102.57 kN Calculado: 88.93 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 76.35 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 244.952 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 220 kN Calculado: 4.87 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 275 MPa Calculado: 139.661 MPa Calculado: 161.745 MPa Calculado: 235.688 MPa Calculado: 260.461 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 2063.13 Calculado: 1646.86 Calculado: 3473.03 Calculado: 3674.78	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 234.594 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

➤ TIPO 4

Referencia: N128 -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø14 mm L=40 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x35x5.0) Paralelos Y: 1(100x35x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 42.3 Calculado: 42.3	Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 47.87 kN Calculado: 43.98 kN Máximo: 33.51 kN Calculado: 4.67 kN Máximo: 47.87 kN Calculado: 45.66 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 49.28 kN Calculado: 44.9 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 296.767 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 138.6 kN Calculado: 4.42 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 275 MPa Calculado: 95.039 MPa Calculado: 76.9371 MPa Calculado: 181.436 MPa Calculado: 130.466 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 14703.7 Calculado: 17691.6 Calculado: 7356.34 Calculado: 10389.4	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 227.342 MPa	Cumple

Referencia: N128 -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø14 mm L=40 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x35x5.0) Paralelos Y: 1(100x35x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		

16. CIMENTACIÓN

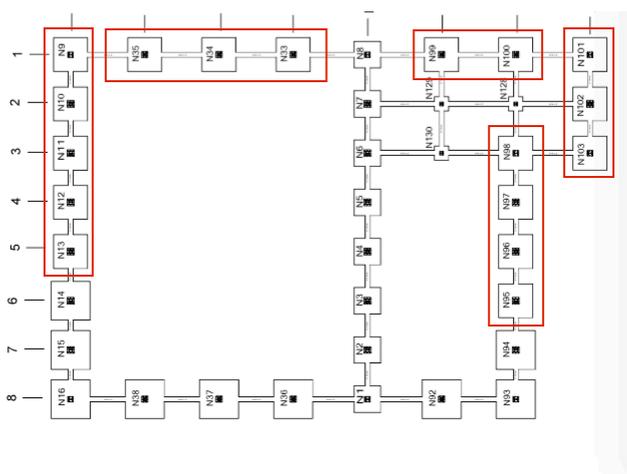
La cimentación es la parte de la estructura, generalmente enterrada, para transmitir el peso o carga de la estructura al terreno. En este caso es de hormigón armado.

16.1. AGRUPACIÓN

A continuación se muestra la agrupación de las cimentaciones. Se han agrupado las zapatas similares en un único tipo, para facilitar su puesta en obra y reducir el tiempo de diseño de zapatas.

Tipo	Referencias	Geometría	Armado
1	N13, N12, N11, N10, N9, N35, N34, N33, N94, N95, N96, N97, N98, N93, N92, N91 y N90	Zapata cuadrada Ancho: 275.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 11Ø16c/25 Sup Y: 11Ø16c/25 Inf X: 11Ø16c/25 Inf Y: 11Ø16c/25
2	N16, N15, N14, N89, N88, N87, N36, N37 y N38	Zapata cuadrada Ancho: 315.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 13Ø16c/25 Sup Y: 13Ø16c/25 Inf X: 13Ø16c/25 Inf Y: 13Ø16c/25
3	N123, N124 y N125	Zapata cuadrada Ancho: 115.0 cm Canto: 50.0 cm	X: 5Ø12c/22 Y: 5Ø12c/22
4	N8, N6, N7, N5, N1, N2, N3 y N4	Zapata cuadrada Ancho: 115.0 cm Canto: 50.0 cm Zapata cuadrada Ancho: 215.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 9Ø16c/25 Sup Y: 9Ø16c/25 Inf X: 9Ø16c/25 Inf Y: 9Ø16c/25

➤ TIPO 1



➤ TIPO 2

Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	13x3.05	39.65
	Peso (kg)	13x4.81	62.58
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	13x3.05	39.65
	Peso (kg)	13x4.81	62.58
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	13x3.05	39.65
	Peso (kg)	13x4.81	62.58
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	13x3.05	39.65
	Peso (kg)	13x4.81	62.58
Totales	Longitud (m)	158.60	
	Peso (kg)	250.32	250.32
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	174.46	
	Peso (kg)	275.35	275.35

Referencias: N13, N12, N11, N10, N9, N35, N34, N33, N94, N95, N96, N97, N98, N93, N92, N91 y N90		B 400 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø16		
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	11x2.65	29.15	
	Peso (kg)	11x4.18	46.01	
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	11x2.65	29.15	
	Peso (kg)	11x4.18	46.01	
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	11x2.65	29.15	
	Peso (kg)	11x4.18	46.01	
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	11x2.65	29.15	
	Peso (kg)	11x4.18	46.01	
Totales	Longitud (m)	116.60		
	Peso (kg)	184.04	184.04	184.04
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	128.26		
	Peso (kg)	202.44	202.44	202.44

Referencias: N8, N6, N7, N5, N1, N2, N3 y N4		B 400 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø16		
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	9x2.05	18.45	
	Peso (kg)	9x3.24	29.12	
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	9x2.05	18.45	
	Peso (kg)	9x3.24	29.12	
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	9x2.05	18.45	
	Peso (kg)	9x3.24	29.12	
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	9x2.05	18.45	
	Peso (kg)	9x3.24	29.12	

Referencias: N8, N6, N7, N5, N1, N2, N3 y N4		B 400 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø16	
Totales	Longitud (m)	73.80	116.48
	Peso (kg)	116.48	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	81.18	128.13
	Peso (kg)	128.13	

Referencias: N123, N124 y N125		B 400 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	5x1.34	6.70
	Peso (kg)	5x1.19	5.95
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	5x1.34	6.70
	Peso (kg)	5x1.19	5.95
Totales	Longitud (m)	13.40	11.90
	Peso (kg)	11.90	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	14.74	13.09
	Peso (kg)	13.09	

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N16, N15, N14, N89, N88, N87, N36, N37 y N38		9x275.35	2478.15	9x7.94	9x0.99
Referencias: N13, N12, N11, N10, N9, N35, N34, N33, N94, N95, N96, N97, N98, N93, N92, N91 y N90		17x202.44	3441.48	17x6.05	17x0.76
Referencias: N8, N6, N7, N5, N1, N2, N3 y N4		8x128.13	1025.04	8x3.70	8x0.46
Referencias: N123, N124 y N125	3x13.09		39.27	3x0.66	3x0.13
Totales	39.27	6944.67	6983.94	205.86	25.88

16.3. COMPROBACIÓN

Tras el estudio en el programa, el mismo programa proporciona las comprobaciones de todas las cimentaciones. Se mostrarán las más significativas y desfavorables.

➤ *TIPO 1*

Referencia: N13		
Dimensiones: 275 x 275 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia: N13		
Dimensiones: 275 x 275 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0257022 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0315882 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0542493 MPa	Cumple Cumple 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: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 643.6 % Reserva seguridad: 12.5 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 16.61 kN·m Momento: 97.26 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 11.87 kN Cortante: 108.11 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 33.6 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N17:	Mínimo: 54 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 (norma EHE-08)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0011	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N13 Dimensiones: 275 x 275 x 80 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <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: 47 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 47 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 47 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 47 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 47 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 47 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 47 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 47 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

➤ TIPO 2

Referencia: N16 Dimensiones: 315 x 315 x 80 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		

Referencia: N16		
Dimensiones: 315 x 315 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0278604 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0222687 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0359046 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 47.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 279.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -67.90 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -47.97 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 49.05 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 33.84 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 107.1 kN/m ²	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Canto mínimo:		
<i>Artículo 58.8.1 (norma EHE-08)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N1:	Mínimo: 70 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Artículo 42.3.5 (norma EHE-08)</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple

Referencia: N16		
Dimensiones: 315 x 315 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <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: 69 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 69 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

➤ **TIPO 3**

Referencia: N128		
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: 0.2 MPa Calculado: 0.132631 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.169909 MPa	Cumple

Referencia: N128		
Dimensiones: 115 x 115 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.223374 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 169.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 114.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 22.50 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 26.28 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 5.20 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 5.79 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 532.5 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 (norma EHE-08)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N98:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 (norma EHE-08)</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0006	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple

Referencia: N128		
Dimensiones: 115 x 115 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</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
- 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		

➤ TIPO 4

Referencia: N11		
Dimensiones: 215 x 215 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia: N11		
Dimensiones: 215 x 215 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0607239 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.111343 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.107223 MPa	Cumple Cumple 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: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 579.0 % Reserva seguridad: 30.5 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 46.98 kN·m Momento: 78.89 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 16.87 kN Cortante: 32.96 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 185 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N11:	Mínimo: 54 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 (norma EHE-08)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0011	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0004 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	

Referencia: N11		
Dimensiones: 215 x 215 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <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: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 17 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

16.4. VIGAS DE ATADO

Las vigas de atado, son elementos estructurales de hormigón armado, o de cualquier elemento que pueda resistir tracciones que unen dos o más cimientos o zapatas.

La finalidad de estas vigas es absorber las posibles acciones horizontales que pueden recibir los cimientos, tanto de la estructura como del terreno, evitando el desplazamiento horizontal.

Descripción de las vigas de atado

Tipo	Referencias	Geometría	Armado
1	C [N88-N87], C [N87-N1], C [N1-N36], C [N36-N37], C [N37-N38], C [N38-N16], C [N9-N35], C [N35-N34], C [N34-N33], C [N33-N8], C [N8-N94], C [N94-N95], C [N95-N96], C [N98-N93], C [N123-N124], C [N124-N7], C [N6-N125], C [N125-N93] y C [N123-N97]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
2	C [N16-N15], C [N15-N14], C [N14-N13], C [N13-N12], C [N12-N11], C [N11-N10], C [N10-N9], C [N96-N97], C [N97-N98], C [N93-N92], C [N92-N91], C [N91-N90], C [N90-N89], C [N89-N88], C [N1-N2], C [N2-N3], C [N3-N4], C [N4-N5], C [N5-N6], C [N6-N7], C [N7-N8], C [N125-N124], C [N124-N94], C [N93-N123] y C [N123-N95]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø12 Inferior: 2 Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Medición de las vigas de atado

Referencias: C [N88-N87], C [N87-N1], C [N1-N36], C [N36-N37], C [N37-N38], C [N38-N16], C [N9-N35], C [N35-N34], C [N34-N33], C [N33-N8], C [N8-N94], C [N94-N95], C [N95-N96], C [N98-N93], C [N123-N124], C [N124-N7], C [N6-N125], C [N125-N93] y C [N123-N97]		B 400 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x6.3 0	12.6 0
	Peso (kg)		2x5.5 9	11.1 9
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x6.3 0	12.6 0
	Peso (kg)		2x5.5 9	11.1 9
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	11x1.3 3		14.6 3
	Peso (kg)	11x0.5 2		5.77
Totales	Longitud (m)	14.63	25.20	28.1 5
	Peso (kg)	5.77	22.38	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	16.09	27.72	30.9 7
	Peso (kg)	6.35	24.62	

Referencias: C [N16-N15], C [N15-N14], C [N14-N13], C [N13-N12], C [N12-N11], C [N11-N10], C [N10-N9], C [N96-N97], C [N97-N98], C [N93-N92], C [N92-N91], C [N91-N90], C [N90-N89], C [N89-N88], C [N1-N2], C [N2-N3], C [N3-N4], C [N4-N5], C [N5-N6], C [N6-N7], C [N7-N8], C [N125-N124], C [N124-N94], C [N93-N123] y C [N123-N95]		B 400 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x4.3 0	8.60 7.64
	Peso (kg)		2x3.8 2	

Referencias: C [N16-N15], C [N15-N14], C [N14-N13], C [N13-N12], C [N12-N11], C [N11-N10], C [N10-N9], C [N96-N97], C [N97-N98], C [N93-N92], C [N92-N91], C [N91-N90], C [N90-N89], C [N89-N88], C [N1-N2], C [N2-N3], C [N3-N4], C [N4-N5], C [N5-N6], C [N6-N7], C [N7-N8], C [N125-N124], C [N124-N94], C [N93-N123] y C [N123-N95]		B 400 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x4.3	8.60
	Peso (kg)		0 2x3.8 2	
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	4x1.3		5.32 2.10
	Peso (kg)	4x0.5 2		
Totales		Longitud (m) Peso (kg)	5.32 2.10	17.20 15.28
Total con mermas (10.00%)		Longitud (m) Peso (kg)	5.85 2.31	18.92 16.81
				17.3 8
				19.1 2

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [N88-N87], C [N87-N1], C [N1-N36], C [N36-N37], C [N37-N38], C [N38-N16], C [N9-N35], C [N35-N34], C [N34-N33], C [N33-N8], C [N8-N94], C [N94-N95], C [N95-N96], C [N98-N93], C [N123-N124], C [N124-N7], C [N6-N125], C [N125-N93] y C [N123-N97]	19x6.3 5	19x24.6 2	588.43	19x0.46	19x0.11
Referencias: C [N16-N15], C [N15-N14], C [N14-N13], C [N13-N12], C [N12-N11], C [N11-N10], C [N10-N9], C [N96-N97], C [N97-N98], C [N93-N92], C [N92-N91], C [N91-N90], C [N90-N89], C [N89-N88], C [N1-N2], C [N2-N3], C [N3-N4], C [N4-N5], C [N5-N6], C [N6-N7], C [N7-N8], C [N125-N124], C [N124-N94], C [N93-N123] y C [N123-N95]	25x2.3 1	25x16.8 1	478.00	25x0.14	25x0.03
Totales	178.40	888.03	1066.4 3	12.06	3.02

Comprobación de las vigas de atado

➤ TIPO 1 (6000 mm)

Referencia: C.1 [N88-N87] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø12 -Armadura inferior: 2 Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	

Referencia: C.1 [N88-N87] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø12 -Armadura inferior: 2 Ø12 -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-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

➤ TIPO 2 (4000 mm)

Referencia: C.1 [N10-N9] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø12 -Armadura inferior: 2 Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</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-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

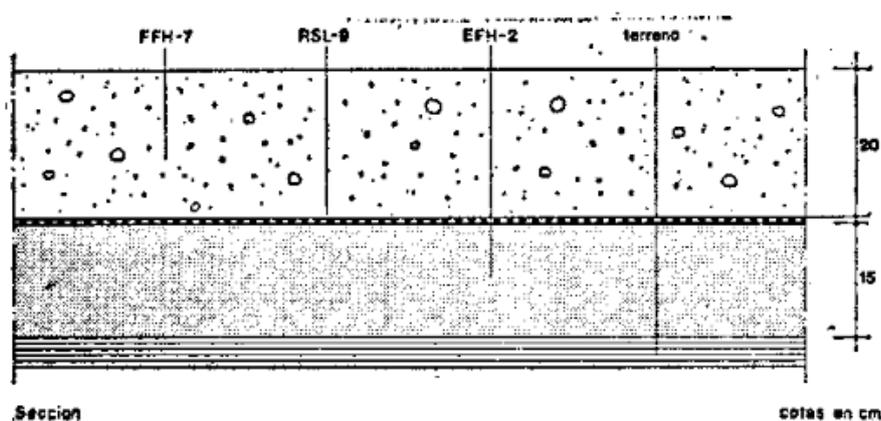
17. SOLERA

Según la norma NTE-RSS referente a soleras, en locales con sobrecarga estática prevista superior a 5 t/m^2 , se utilizan soleras pesadas (RSS-6).

Especificación	Símbolo	Aplicación
RSS-3 Solera para instalaciones		Se utilizará para base de apoyo de instalaciones, como canalizaciones, arquetas y pozos.
RSS-4 Solera ligera		Se utilizará en locales con una sobrecarga estática máxima prevista de 1 t/m^2 , como en garajes para turismos, talleres de mecánica ligera y zonas con tránsito de personas.
RSS-5 Solera semipesada		Se utilizará en locales con una sobrecarga estática máxima prevista de 5 t/m^2 , como en garajes, talleres de embalaje, fábricas de objetos plásticos o similares y locales con circulación de camionetas de hasta 2,5 toneladas por eje o de carretillas automotoras de ruedas metálicas o neumáticas.
RSS-6 Solera pesada		Se utilizará en locales con una sobrecarga estática prevista superior a 5 t/m^2 , como en industrias pesadas, almacenes, talleres de forja y locales con máquinas de cualquier naturaleza o con circulación de toda clase de vehículos hasta camiones de 3 toneladas por eje.
RSS-7 Solera para cámaras frigoríficas		Se utilizará en locales destinados a cámaras frigoríficas.
RSS-8 Junta de retracción-E		Se dispondrá formando una cuadrícula de lado no mayor de 6 m, en las soleras ligera, semipesada, pesada y en la de cámaras frigoríficas.
RSS-9 Junta de contorno-E		Se dispondrá para aislar la solera de elementos estructurales como muros, pilares y bloques de cimentación.

➤ Solera pesada RSS-6

RSS-6 Solera pesada



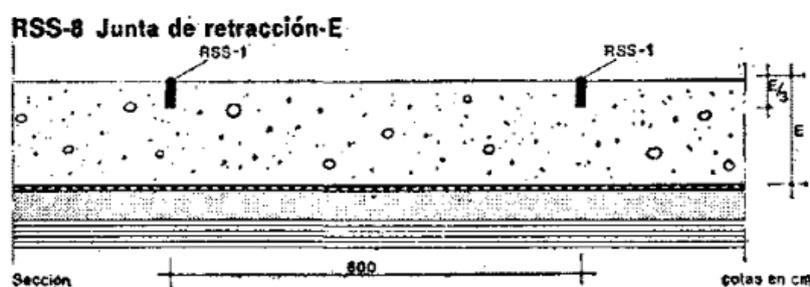
EFH-2 Arena de río, con tamaño máximo de grano de 0,5 cm formando una capa de 15 cm de espesor, extendida sobre terreno compactado mecánicamente hasta conseguir un

valor del 90 % del Próctor Normal. Se terminará enrasándola previo compactado en dos capas.

RSL-9 Lámina aislante de polietileno.

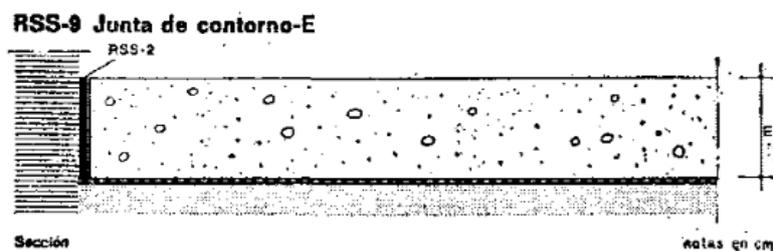
EFH-7 Hormigón de resistencia característica 250 kg/cm^3 formando una capa de 20 cm de espesor, extendido sobre la lámina aislante. La superficie se terminará mediante reglado. El curado se realizará mediante riego que no produzca deslavado.

➤ Junta de retracción



Es necesario disponer de juntas de retracción. Sellante de juntas, introducido en un cajeadado previsto o realizado posteriormente a máquina en la capa de hormigón. La junta tendrá un espesor comprendido entre 0,5 y 1 cm, y una profundidad de $1/3$ del espesor E de la capa de hormigón.

➤ Junta de contorno



Separador. Se colocará, alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera como pilares y muros, antes de verter el hormigón. El separador tendrá una altura igual al espesor E de la capa de hormigón.

18. SANEAMIENTO

En este apartado se explica la instalación completa de fecales y pluviales para la red de saneamiento y se calcula cuales son las dimensiones necesarias de los elementos que componen la red de saneamiento.

La **red de pluviales** consiste en recoger el agua procedente de las lluvias en los canalones, para después a través de los sumideros, ser evacuada por las bajantes hasta llegar a los colectores situados bajo tierra. De ahí pasará a las arquetas y finalmente llegará a la red de saneamiento de la zona. La red consta de canaletas para la recogida de las aguas procedentes de las cubiertas, bajantes de PVC colgadas y colectores enterrados de PVC llevando la canalización a arquetas registrables de hormigón.

Para la **red de fecales** se prevé un sistema similar de bajantes de PVC y colectores enterrados hasta arquetas registrables. El trazado de las instalaciones de saneamiento de los servicios se ajustará a un sistema unitario que evacua todo tipo de aguas por una sola red de conductos.

Para el dimensionamiento de los elementos que constituyen esta instalación, se utiliza la norma NTE-ISS referente a saneamiento. Además, se cumplirá lo que establece el CTE en el documento DB SE-HS, Documento Básico de Salubridad.

18.1. INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES

Según el documento básico a utilizar del CTE, para dimensionar las instalaciones es necesario conocer la intensidad pluviométrica de este caso. Para ello se acude al mapa de la figura B.1. en el apéndice B del documento.

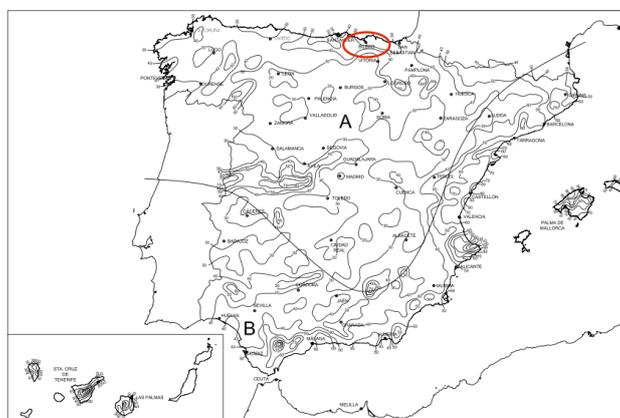


Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

La nave está situada en Barakaldo, Vizcaya, por lo que corresponde a la zona A en la isoyeta 50, por lo que se tiene una intensidad pluviométrica de 155 mm/h.

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

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)
0.5 %	Pendiente del canalón			
	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

Esta tabla solo sirve para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h, en este caso como el valor es de 155 mm/h, no es válida, por que es necesario aplicar un factor de corrección.

$$f = i / 100$$

siendo i la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

$$f = 155 / 100 = 1,55$$

Si la sección adoptada para el canalón no fuese semicircular, la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10 % superior a la obtenida como sección semicircular.

Se dispondrá de un canalón en la parte inferior de cada agua y uno en el que separa la las dos naves de mayores dimensiones entre ellas. Este canalón central será el que más superficie de cubierta ocupa, por lo que el dimensionamiento se realizará en base a éste. Se escoge una pendiente de canalón del 2 %. En este caso se tiene una proyección se superficie horizontal de cubierta (incluido factor de corrección) de 706,8 m^2 . En la tabla anterior únicamente se tiene como valor 670 m^2 , por lo que se escoge el diámetro mayor, un diámetro nominal de canalón de 250 mm con sección semicircular.

Sumideros

El área de la superficie de paso del elemento filtrante de una caldereta debe estar comprendida entre 1,5 y 2 veces la sección recta de la tubería a la que se conecta.

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado 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

En este caso la superficie mayor es de 456 m² (esta vez sin el factor de corrección), por que en el canalón central se dispondrán de 4 sumideros. En el canalón que recoge las aguas de la nave con mayor dimensiones tiene una superficie de 336 m² por lo que se dispondrá también de 4 sumideros. En cambio, la superficie de la nave de almacén tiene 120 m² y la destinada a oficinas 144 m², por lo que se colocan 3 sumideros.

Bajantes de aguas pluviales

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

Análogamente al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente.

A máxima superficie servida por cada bajante es de 112 m² x 1,55 = 173,6 m², por lo que en la tabla se elige el valor inmediatamente superior. Por lo tanto el diámetro nominal de las bajantes es de 75 mm.

Colector de aguas pluviales

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente.

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)			Pendiente del colector	Diámetro nominal del colector (mm)
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

La superficie total de toda la cubierta proyectada es de $1056 \text{ m}^2 \times 1,55 = 1636,8 \text{ m}^2$, la pendiente del colector de 2 %, por lo tanto según la tabla 4.9 el diámetro nominal de los colectores es de 250 mm.

Arquetas de aguas pluviales

En la tabla 4.13 se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Para un colector de 250 mm, se obtiene una arqueta de dimensiones de 60 x 70 mm.

18.2. INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUAS FECALES

Para dimensionar la red de recogida de aguas fecales se tendrá que analizar la cantidad de elementos que se disponen en los diferentes espacios.

Planta Baja

- 4 inodoros
- 4 duchas
- 4 lavabos
- 1 fregadero

Planta Primera

- 4 inodoros
- 4 lavabos

La adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales correspondientes se establecen en la tabla 4.1 en función del uso.

Tabla 4.1 UDs 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

Planta Baja

- 4 inodoros, 4 UD de desagüe por inodoro. Total de 16 UD. Ø100mm.
- 4 duchas, 2 UD de desagüe por inodoro. Total de 8 UD. Ø40mm.
- 4 lavabos, 1 UD de desagüe por inodoro. Total de 4 UD. Ø32mm.
- 1 fregadero, 3 UD de desagüe por inodoro. Total de 3 UD. Ø40mm.

Planta Primera

- 4 inodoros, 4 UD de desagüe por inodoro. Total de 16 UD. Ø100mm.
- 4 lavabos, 1 UD de desagüe por inodoro. Total de 4 UD. Ø32mm.

Realizando la suma de todas las unidades, se disponen un total de 31 Ud en la Planta Baja y 20 Ud en la Planta 1ª.

Ramales colectores

En la tabla 4.3 se obtiene el diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante 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)
1 %	Pendiente 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

Se considera una pendiente del 2 %. Para la planta baja el diámetro de los ramales será de 90 mm, ya que tiene 31 UD de colectores por lo que es necesario elegir el valor de 60 UD. En cambio, en la planta primera, el diámetro de los ramales serán de 75 mm, ya que las UD de esta planta son 20 y se elige el valor inmediatamente superior, es decir el de 21 UD.

Bajantes de aguas residuales

El dimensionado de las bajantes debe realizarse de forma tal que no se rebase el límite de ± 250 Pa de variación de presión y para un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no sea mayor que 1/3 de la sección transversal de la tubería.

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.

Se tienen 51 UD en total en 2 plantas, por lo que se seleccionan los siguientes valores:

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

Según la tabla 4.4 del documento CTE DB SE-HS el diámetro necesario para las bajantes de esta instalación es de 90mm.

Colectores horizontales de aguas fecales

Los colectores horizontales se dimensionan para funcionar a media de sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme.

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)
	1 %	Pendiente 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	

El diámetro calculado para los colectores horizontales que se obtiene de la tabla anterior es de 90mm.

Arqueta de aguas fecales

En la tabla 4.13 se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Nota: Todos los tubos serán de sección constante y en toda su longitud se podrá conseguir un

19. SUMINISTRO DE AGUAS

La finalidad de este anejo es el diseño y cálculo de las necesidades de fontanería de la explotación. La red de distribución de agua procederá de la red municipal de abastecimiento, que asegura la potabilidad del agua y cuya presión de servicio será de 30 m.c.a.

El Ayuntamiento debe proporcionar el abastecimiento del agua con las medidas sanitarias pertinentes.

Los cálculos de toda la instalación se ajustan a lo expuesto en Código Técnico de Edificación, CTE-Salubridad, Sección HS-4 Suministro de Agua.

Los materiales empleados en la red de distribución de agua deben cumplir las disposiciones del Código Técnico para Instalaciones de suministro de agua. Las características más destacadas exigidas son:

- Para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el RD 140/2003, de 7 de febrero.

- No deben modificar las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada.

- Deben ser resistentes a la corrosión interior.

- Deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas.

- No deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí.

- Deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40° C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato.

- Deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano.

- Su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.

- Para cumplir con las condiciones anteriores pueden utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.

- La instalación de suministro de agua debe tener características adecuadas para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecer el desarrollo de la biocapa.

19.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Se diseñará una red de abastecimiento de agua fría para los aseos y el punto de agua del interior de la nave, y una red de agua caliente para los aseos.

La conducción exterior desde la red municipal, irá enterrada y serán de polietileno de 63 mm de diámetro (uso alimentario), mientras que las distribuciones interiores de la nave y la instalación de agua caliente serán de cobre.

19.2. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

La instalación constará de los componentes que se enumeran a continuación:

- Acometida: Es la tubería que une la instalación interior del inmueble con la tubería de la red de distribución.

Consta de:

- Llave de toma: Esta situada sobre la tubería de la red general de distribución, y permite hacer tomas de la red y maniobras en la acometida sin que la tubería quede fuera de servicio.

- Llave de registro: Esta colocada sobre la acometida y depende únicamente de la compañía suministradora. El contador será instalado también por la compañía suministradora.

- Llave de paso: Esta situada en la unión de la acometida con la tubería de alimentación. A diferencia de las anteriores está instalada dentro de la propiedad y puede ser manejada por el usuario en caso necesario.

- Tubería de alimentación y red interior: Tubería que enlaza la llave de paso con el interior de la nave, donde se instalarán los distintos elementos: grifos para lavabos, duchas, sanitarios, etc.

19.3. CAUDALES MÍNIMOS

La instalación del presente proyecto suministrará a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales siguientes, de acuerdo a lo recogido en la tabla 2.1 del CTE DB-HS4:

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinaríos con grifo temporizado	0,15	-
Urinaríos con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

19.4. INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA

El tendido de las tuberías de agua fría debe hacerse de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente a una distancia de 4 cm como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.

Las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

19.5. INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE

La producción de agua caliente se llevará a cabo mediante un calentador acumulador eléctrico, colocado en uno de los aseos. Este abastecerá de agua caliente a ambos aseos, tanto al lavabo como a la ducha.

El calentador estará provisto de: llaves de corte, válvula de seguridad, termómetro y termostato exterior regulable de 35 a 60° C.