



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2015 / 2016

CONSTRUCCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE LA RONDINA

DOCUMENTO 3: ANEXOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE IBAI
 APELLIDOS MARRÓN GARCIA

FDO.:

FECHA: 8-09-2016

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE IÑAKI
 APELLIDOS MARCOS RODRÍGUEZ
 DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 8-09-2016

3. ANEXOS

3.1. CÁLCULOS



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2015 / 2016

CONSTRUCCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN EL POLÍGONO DE LA RONDINA

DOCUMENTO 3.1: CÁLCULOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE IBAI
 APELLIDOS MARRÓN GARCIA
 DNI 78916509-J

FDO.:

FECHA: 8-09-2016

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE IÑAKI
 APELLIDOS MARCOS RODRÍGUEZ
 DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 8-09-2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DATOS DE PARTIDA.....	2
2.1. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (CTE SE-AE).....	3
3. ELECCIÓN DEL CERRAMIENTO.....	7
3.1. CERRAMIENTO DE CUBIERTA	7
3.1.1. ACCIONES SOBRE EL CERRAMIENTO	7
3.1.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES	13
3.1.3. COMPROBACIÓN DEL CERRAMIENTO DE CUBIERTA	15
3.2. CERRAMIENTO DE FACHADA	17
3.2.1. ACCIONES SOBRE EL CERRAMIENTO	17
3.2.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES	21
3.2.3. COMPROBACIÓN DEL CERRAMIENTO DE CUBIERTA	21
4. CÁLCULOS DE LAS CORREAS	23
4.1. CORREAS DE CUBIERTA.....	23
4.1.1. ACCIONES SOBRE LA CORREA	24
4.1.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES	26
4.1.3. COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS.....	27
4.2. CORREAS DE FACHADA.....	29
4.2.1. ACCIONES SOBRE LA CORREA	30
4.2.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES	31
4.2.3. COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS.....	32
5. CÁLCULO DE VIGA CARRIL	35
5.1. DATOS DEL PUENTE GRÚA.....	35
5.2. CLASIFICACIÓN DEL PUENTE GRÚA.....	36
5.3. SOLICITACIONES SOBRE LA VIGA CARRIL.....	37
5.3.1. FUERZAS GENERADAS POR EL PUENTE GRÚA	37
5.3.2. CARRIL DE RODADURA	38
5.3.3. CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL	39
5.3.4. COMPROBACIÓN DE LA VIGA CARRIL	40
6. CÁLCULO DE LA MÉNSULA	43
6.1. DATOS INICIALES	43

6.2.	SOLICITACIONES SOBRE LA MÉNSULA	43
6.3.	COMPROBACIÓN DE LA MÉNSULA.....	44
7.	CÁLCULO DE LA ENTREPLANTA	46
7.1.	CÁLCULO DE LA PLACA ALVEOLAR	46
7.2.	CÁLCULO DE LOS PERFILES DE LA ENTREPLANTA.....	47
7.2.1.	VIGAS	47
7.2.2.	PILARILLOS INTERMEDIOS	57
8.	CÁLCULO DE LA ESCALERA	69
8.1.	CÁLCULO DE LAS VIGAS	71
8.2.	CÁLCULO DE LOS PILARES.....	81
8.2.1.	HEB.....	81
8.2.2.	REDONDO MACIZO	93
8.3.	CÁLCULO VIGA ESCALÓN	103
9.	CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	113
9.1.	CÁLCULO DE LOS PÓRTICOS	115
9.1.1.	PÓRTICOS HASTIALES	115
9.1.1.1.	Pórtico hastial delantero	115
9.1.1.2.	Pórtico hastial trasero	119
9.1.2.	PÓRTICOS INTERMEDIOS	122
9.2.	CÁLCULO DE LAS VIGAS RIOSTRAS	125
9.3.	CÁLCULO DE LOS TIRANTES	127
10.	CÁLCULO DE LAS UNIONES	132
10.1.	UNIONES EN CORREAS	132
10.2.	UNIÓN VIGA-VIGA	132
10.3.	UNIÓN VIGA-PILAR.....	135
10.4.	UNIÓN PILAR-MÉNSULA.....	140
10.5.	UNIÓN DE LOS TIRANTES.....	142
11.	CÁLCULO DE LAS PLACAS DE ANCLAJE	144
11.1.	ANCLAJE TIPO 1.....	144
11.2.	ANCLAJE TIPO 2.....	146
11.3.	ANCLAJE TIPO 3.....	148
11.4.	ANCLAJE TIPO 4.....	150
12.	CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN.....	152
12.1.	ZAPATA TIPO 1.....	153

12.2.	ZAPATA TIPO 2.....	156
12.3.	ZAPATA TIPO 3.....	159
12.4.	ZAPATA TIPO 4.....	162
12.5.	VIGA DE ATADO Y CENTRADORA	164
13.	SOLERA.....	168
14.	RED DE SANEAMIENTO	169
14.1.	INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES	169
14.2.	INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUAS RESIDUALES	173
15.	SUMINISTRO DE AGUAS.....	178
16.	URBANIZACIÓN	180

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se justifican las soluciones tomadas para todo el desarrollo del proyecto. Contiene las hipótesis de partida, los procedimientos seguidos así como los resultados y las comprobaciones de los elementos.

Para comenzar se muestran los datos de partida y las acciones a los que está sometida la estructura para después proceder al dimensionamiento de la cubierta y los cerramientos. Gracias al programa informático Cype y su módulo Metal 3D se dimensionará y calculará la nave.

Por último se mostrará la cimentación, el saneamiento y la urbanización.

2. DATOS DE PARTIDA

El polígono La Rondina, en el cual se ubica la nave industrial, se localiza en el municipio de Orduña (Bizkaia) y consta de las siguientes dimensiones:

- Largo: 45,9m
- Luz: 21m
- Altura: 9,5m
- Altura pilares: 7,5m
- Inclinación: $10,78^\circ$
- Separación entre pórticos: 5,1m

En la figura 1 se muestra un esquema de la estructura de la nave:

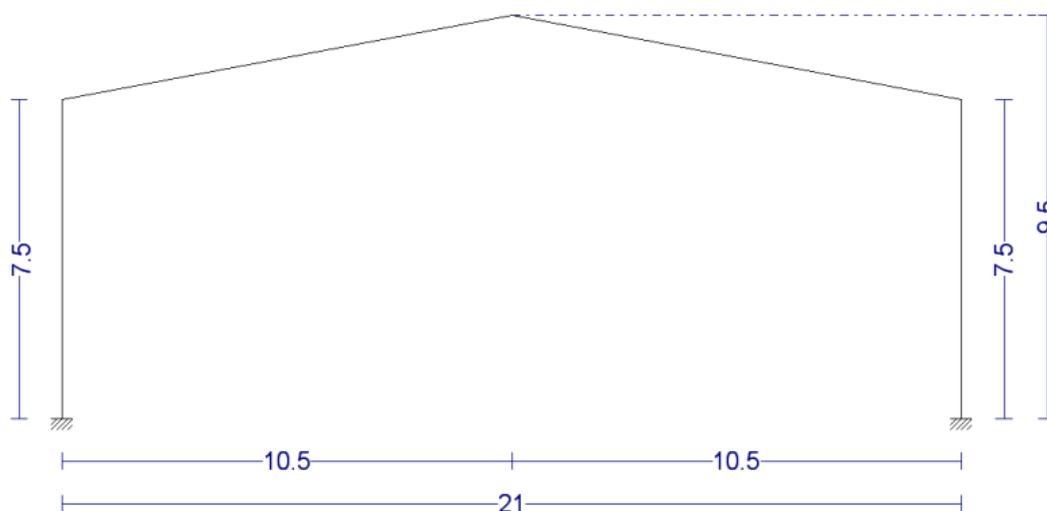


Figura 1

2.1. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (CTE SE-AE)

Se expondrán las acciones a las que va a ser sometida la estructura de la nave según el apartado “Acciones en la edificación (SE-AE)” del CTE.

- Pesos Propios

Son los debidos a los materiales que conforman la estructura.

- Sobrecarga de Uso

Se analiza para dos partes diferentes de la estructura, la cubierta y la entreplanta, según la Tabla 3.1 (Figura 2) del mencionado apartado del CTE.

- Categoría de uso G1: Cubiertas accesibles únicamente para conservación. Con inclinación inferior a 20°. $P_u=1\text{kN}$ o $q_u=0,4\text{kN/m}^2$. Para los cálculos consideraremos la carga distribuida.
- Categoría de uso B: Zonas administrativas para la entreplanta, zona de oficinas. $P_u=2\text{kN}$ o $q_u=2\text{kN/m}^2$. Para los cálculos consideraremos la carga distribuida.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Figura 2

- Acciones Térmicas

Las acciones térmicas son las producidas por las deformaciones debidas a los cambios de temperatura. No se consideran acciones térmicas debido a que según la norma CTE. DB SE-A en su apartado 3.4.1.3 referentes a cargas térmicas dice que pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación o cuando no existan elementos continuos de más de 40 m. de longitud.

En este caso se adopta la decisión de disponer de una junta de dilatación para no considerar tales efectos. Dicha junta, se ubicará en a la altura del octavo pórtilo, a una distancia del hastial delantero de 35,7 metros. No existiendo, por tanto, elementos continuos de 40 m y cumpliéndose lo establecido en el Código Técnico de la Edificación.

- Nieve

Según el apartado 3.5.1 del documento SE-AE el valor de la carga de nieve en proyección horizontal: $q_n = \mu \cdot S_k$, siendo μ el coeficiente de forma de la cubierta y S_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. Para el presente proyecto:

- Para cubiertas sin impedimento al deslizamiento de la nieve y con inclinación menor o igual a 30° , $\mu = 1$.
- Para la localización de Orduña a 297m de altitud, según el Anejo E, la figura E.2 e interpolando en la tabla E.2 (figura 3) de las zonas climáticas de invierno del documento SE-AE.

$$S_k = 0,5485 \text{ kN/m}^2.$$



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

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

Figura 3

Por lo tanto el valor de la carga de nieve en proyección horizontal es:

$$q_n=0,5485\text{kN/m}^2$$

- Viento

La acción del viento se determina según la ecuación $q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$ y basta con considerar el viento en dos direcciones, una longitudinal y otra transversal. Siendo los valores de dichos apartados de la ecuación los dispuestos en el apartado 3.3.2 del documento SE-AE:

- q_b : Presión dinámica del viento. Según el Anejo D del documento SE-AE la zona en la cual se ubica la nave industrial sería la zona C y cuyo valor es: $q_b = 0,52 \text{KN/m}^2$.
- C_e : Coeficiente de exposición. Según tabla 3.4 del apartado 3.3.3 del documento SE-AE, con el grado de aspereza del entorno es el IV, ya que se encuentra en una zona industrial, y una altura de 9,5m. $C_e = 1,733$.
- C_p : Coeficiente eólico o de presión. Varía según la forma de la nave y la dirección del viento.

3. ELECCIÓN DEL CERRAMIENTO

Tanto como para la cubierta como para la fachada se ha seleccionado un panel sándwich. A continuación se estudia el modelo requerido para cada caso.

3.1. CERRAMIENTO DE CUBIERTA

La luz de la nave es de 21m, la altura hasta el alero es de 7,5m y hasta la cumbrera es de 9,5m, dando una diferencia de 2m. Por lo tanto la inclinación de la nave a dos aguas es de $10,78^{\circ}$, como se puede observar en el Documento 4.Planos. La longitud a cubrir en cada faldón será la resultante de hacer: $10/\cos 10,78=10,68\text{m}$.

El panel escogido para la cubierta es un panel monolítico para cubiertas con aislamiento de fibra mineral de espesor 60mm cuyas características se indican en la ficha técnica adjuntada al final de los siguientes cálculos en la figura 11.

3.1.1. ACCIONES SOBRE EL CERRAMIENTO

Las acciones que soportará el cerramiento de cubierta son las calculadas en los apartados anteriores, la nieve y el uso, así como el propio peso del cerramiento (figura 4) y el viento. Dichas solicitaciones, a excepción del viento que actúa sobre los ejes del faldón, son verticales y deben ser trasladadas a dichos ejes para posteriormente poder combinarlas todas y comprobar si es válido el cerramiento seleccionado conforme a la ficha técnica representada en la figura 10. Los valores de las solicitaciones son:

- Peso Propio: $PP=15,74\text{kg}/\text{m}^2=0,1544\text{KN}/\text{m}^2$
- Uso: $U=0,4\text{KN}/\text{m}^2$
- Nieve: $N=0,5485\text{KN}/\text{m}^2$

Y pasados al faldón quedan así:

- Peso Propio: $PP = 0,1544 \cdot \cos 10,78 = 0,1516 \text{KN/m}^2$
- Uso: $U = 0,4 \cdot \cos 10,78 = 0,3929 \text{KN/m}^2$
- Nieve: $N = 0,5485 \cdot \cos 10,78 = 0,5388 \text{KN/m}^2$

ESPESOR DEL PANEL mm	K COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA GLOBAL		PESO DEL PANEL CON SOPORTES DE ACERO EXTERNO 0,6 mm / INTERNO 0,5 mm kg / m ²
	Kcal / m ² h C	Watt / m ² K	
50	0.57	0.67	14.74
60	0.49	0.57	15.74
80	0.38	0.44	17.74
100	0.31	0.36	19.74
120	0.25	0.29	21.74
150	0.21	0.24	24.74

Figura 4

- Viento: $q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$ donde $q_b = 0,52 \text{KN/m}^2$, $C_e = 1,733 \text{m}$ y C_p se analiza a continuación según la tabla D.6 del Anejo D del documento SE-AE (figuras 5 y 6).

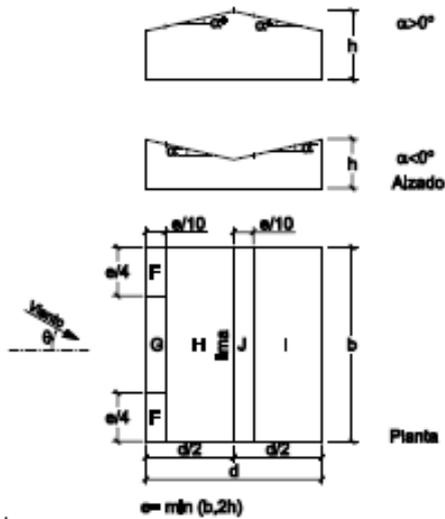
Se van a diferenciar dos situaciones de viento, viento transversal y viento longitudinal. Dichas situaciones en realidad son a su vez dos cada una pero se analizan únicamente en dos direcciones debido a ser simétrico.

- Viento Transversal (Lateral izquierdo y derecho de la nave)

Los valores necesarios para su cálculo son: $b = 45,9 \text{m}$, $d = 21 \text{m}$, $h = 9,5 \text{m}$ y $e = \min(b, 2h) = \min(45,9, 19) = 19 \text{m}$. La inclinación es de $10,781$ y como los paneles a instalar son de 1m de ancho y el largo de la cubierta es de $10,68 \text{m}$ $A = 10,68 \text{m}^2 > 10 \text{m}^2$.

Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas

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



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	-0,6	-0,6
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-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
90°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
135°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
180°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Figura 5

Con los valores de la tabla D.6 de la figura 6, los datos necesarios y teniendo en cuenta que los valores negativos son los esfuerzos a succión y los positivos a presión se interpola para la inclinación de la nave, obteniendo los valores indicados en la tabla 1:

Tabla 1

V.Transversal (kN/m ²)	F	G	H	I	J
Succión	-1,49	-1,174	-0,517	-0,587	-1,01
Presión	0,14	0,14	0,14	-0,2532	-0,2532

Los valores más desfavorables son:

- $C_p = -1,49 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $C_p = 0,14 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

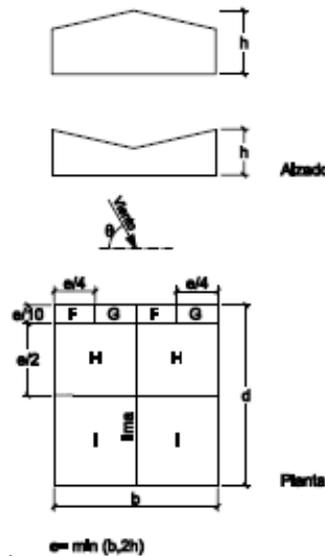
Por lo tanto las hipótesis del viento transversal son:

- $q_{VS1} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot (-1,49) = -1,342 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $q_{VP1} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot 0,14 = 0,126 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

➤ Viento Longitudinal (Parte frontal y trasera de la nave)

Los valores necesarios para su cálculo son: $b=21\text{m}$, $d=45,9\text{m}$, $h=9,5\text{m}$ y $e=\min(b,2h)=\min(21,19)=19\text{m}$. Al igual que antes la inclinación es de 10,78, los paneles a instalar son de 1m de ancho y el largo de la cubierta es de 10,68m $A=10,68\text{m}^2 > 10\text{m}^2$.

b) 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

Figura 6

Con los valores de la tabla D.6 de la figura 6, los datos necesarios y teniendo en cuenta que los valores negativos son los esfuerzos a succión y los positivos a presión se interpola para la inclinación de la nave, obteniendo los valores indicados en la tabla 2:

Tabla 2

V.Longitudinal (kN/m ²)	F	G	H	I
Succión	-1,4266	-1,3	-0,6422	-0,5422

El valor más desfavorable es:

- $C_p = -1,4266 \text{ KN/m}^2$ (Succión)

Por lo tanto la hipótesis del viento longitudinal más peligrosa es:

- $q_{vs2} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot (-1,4266) = -1,285 \text{ KN/m}^2$ (Succión)

No obstante al disponer de dos puertas para la carga y descarga de la mercancía en el frontal de la nave se debe analizar el viento interior dentro de la situación del viento longitudinal.

Viento interior

De acuerdo a la tabla 3.6 del apartado 3.3.5 del documento SE-AE (figura 7) los datos necesarios son:

- Esbeltez en el plano paralelo al viento: $9,5/45,9 = 0,207 < 1$
- Área total de huecos: $2 \cdot (5 \cdot 4,5) = 45 \text{ m}^2$
- Área hueco zona succión barlovento (Situación I): 0 m^2
- Área hueco zona succión sotavento (Situación II): 45 m^2

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

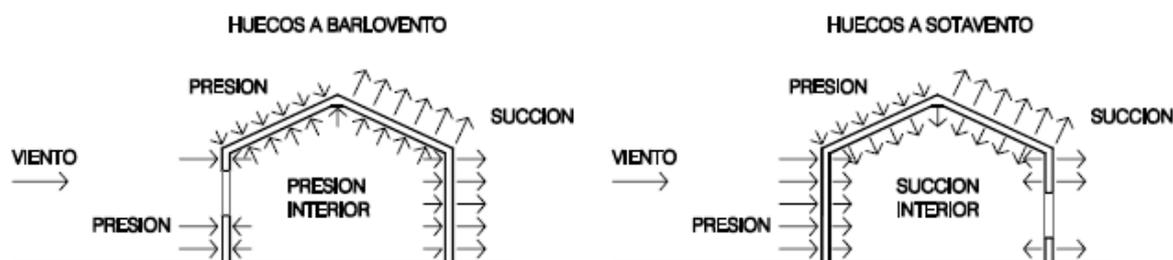


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Figura 7

El valor del coeficiente de presión interior para las dos situaciones es:

- Situación I: $C_p=0,7$
- Situación II: $C_p=-0,5$

Los valores de las dos situaciones del viento interior son:

- $q_{VI}=0,52 \cdot 1,733 \cdot (0,7)= 0,6308\text{KN/m}^2$ (Presión)
- $q_{VII}=0,52 \cdot 1,733 \cdot (-0,5)= -0,4507\text{KN/m}^2$ (Succión)

Entonces, teniendo en cuenta el viento interior con el viento longitudinal más desfavorable se obtiene los siguientes valores Figura 8:

- $q_{VS2}+ q_{VI}= 1,285+0,6308\text{KN/m}^2 =1,9158\text{KN/m}^2$ (Succión)
- $q_{VS2}+ q_{VII}= 1,285-0,4507\text{KN/m}^2 =0,8343\text{KN/m}^2$ (Succión)

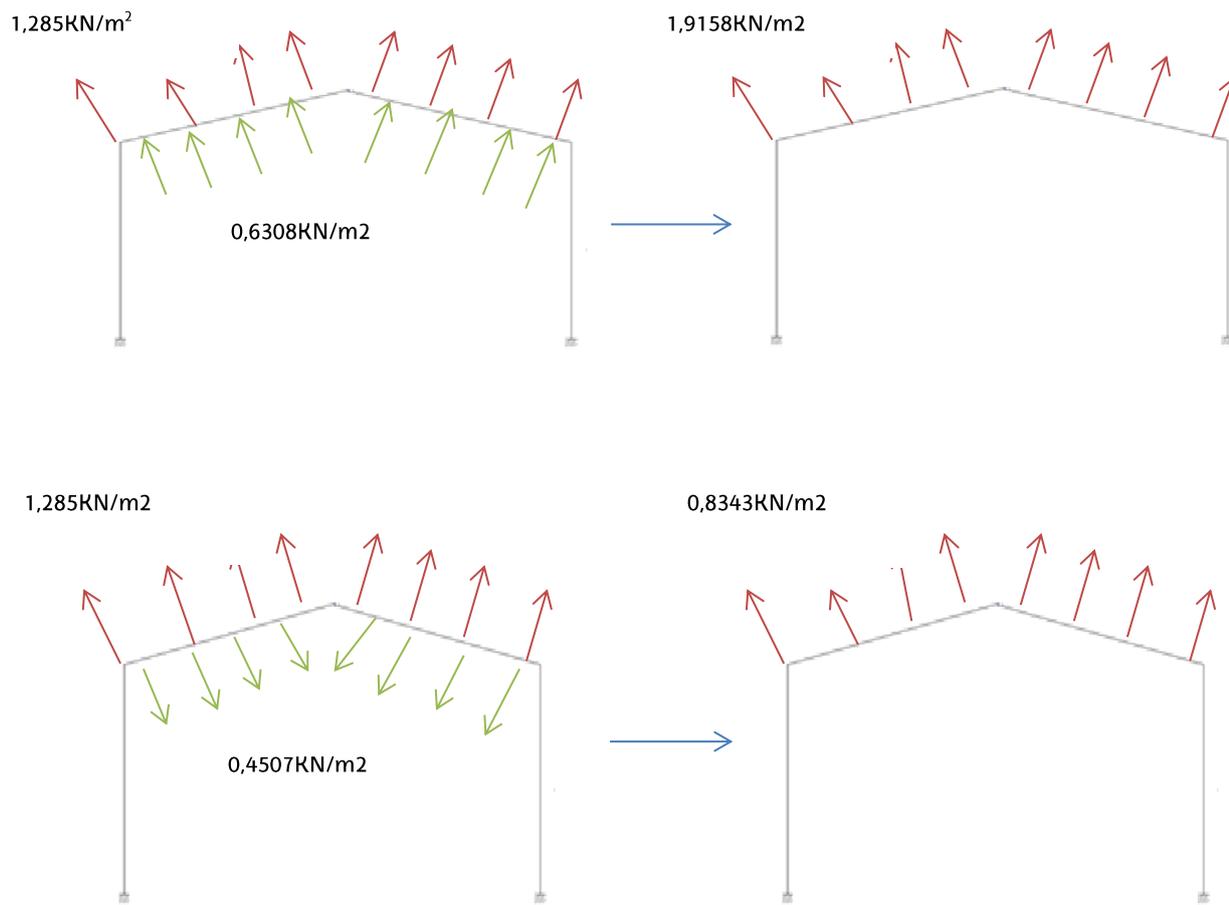


Figura 8

Por lo tanto las situaciones más peligrosas de las descritas son:

- Viento Longitudinal + Situación I: $q_e = -1,9158 \text{ kN/m}^2$ (Succión)
- Viento Transversal: $q_e = 0,126 \text{ kN/m}^2$ (Presión)

3.1.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES

Las solicitaciones que se tiene son las siguientes:

- Peso Propio: $PP = 0,1544 \cdot \cos 10,78 = 0,1516 \text{ kN/m}^2$
- Uso: $U = 0,4 \cdot \cos 10,78 = 0,3929 \text{ kN/m}^2$
- Nieve: $N = 0,5485 \cdot \cos 10,78 = 0,5388 \text{ kN/m}^2$
- Viento a succión: $VS = 1,9158 \text{ kN/m}^2$
- Viento a presión: $VP = 0,126 \text{ kN/m}^2$

Los coeficientes de combinación y mayoración se tienen en cuenta conforme lo indicado en las tablas 4.1 y 4.2 del documento SE (figura 9).

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

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

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

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

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

Figura 9

Las combinaciones son:

1. $\gamma_G \cdot q_{pp} = 0,2048 \text{KN/m}^2$
2. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_u \cdot q_u = 0,7941 \text{KN/m}^2$
3. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_N = 1,013 \text{KN/m}^2$
4. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_v \cdot q_{vp} = 0,3938 \text{KN/m}^2$
5. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_v \cdot q_{vs} = -2,7524 \text{KN/m}^2$
6. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_N + \gamma_v \cdot \Psi_{0v} \cdot q_{vp} = 1,1264 \text{KN/m}^2$
7. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_N + \gamma_v \cdot \Psi_{0v} \cdot q_{vs} = -1,6023 \text{KN/m}^2$
8. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_v \cdot q_{vp} + \gamma_N \cdot \Psi_{0N} \cdot q_N = 0,7979 \text{KN/m}^2$
9. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_v \cdot q_{vs} + \gamma_N \cdot \Psi_{0N} \cdot q_N = -2,7524 \text{KN/m}^2$

La combinación 5 es la más desfavorable, la cual se usa para la elección del cerramiento: $2,7524 \text{KN/m}^2$ (Succión)

3.1.3. COMPROBACIÓN DEL CERRAMIENTO DE CUBIERTA

Como se ha mencionado anteriormente el cerramiento escogido es un panel monolítico para cubiertas con aislamiento de fibra mineral de espesor 60mm cuyas características se indican en la ficha técnica adjuntada (figura 10). La carga admisible se da en kg/m^2 y la luz entre apoyos en cm.



Figura 10

El valor límite es $2,7524 \text{ KN/m}^2 = 280,57 \text{ kg/m}^2$, según la tabla, el panel escogido es válido. Por lo tanto se selecciona el panel monolítico para cubiertas con aislamiento de fibra mineral de espesor 60mm.

3.2. CERRAMIENTO DE FACHADA

La fachada de la nave consta de una altura hasta la cumbrera de 9,5m y de 7,5m hasta los aleros, con 21m de luz y 45,9m de longitud.

El panel escogido para la fachada es un panel monolítico para pared con aislamiento de fibra mineral de espesor 60mm cuyas características se indican en la ficha técnica adjuntada al final de los siguientes cálculos en la figura 13.

3.2.1. ACCIONES SOBRE EL CERRAMIENTO

Al igual que se ha hecho con el cerramiento de cubierta hay que conocer las acciones que actúan sobre él. En este caso el uso y la nieve no son aplicables al tratarse de una pared vertical. Por lo tanto las acciones que intervienen son las siguientes: Peso propio del cerramiento (figura 11) y el viento. Los valores de las solicitaciones son:

- Peso Propio: $PP = 14,4 \text{ kg/m}^2 = 0,1413 \text{ KN/m}^2$

ESPESOR DEL PANEL mm	K COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA GLOBAL		PESO DEL PANEL CON SOPORTES DE ACERO EXTERNO 0,6 mm / INTERNO 0,5 mm kg / m ²
	Kcal / m ² h C	Watt / m ² K	
50	0.65	0.76	13.40
60	0.54	0.63	14.40
80	0.41	0.48	16.40
100	0.33	0.38	18.40
120	0.27	0.32	20.40
150	0.22	0.25	23.40

Figura 11

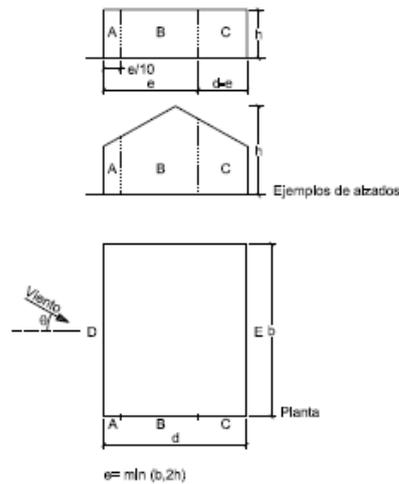
- o Viento: $q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$ donde $q_b = 0,52 \text{ KN/m}^2$, $C_e = 1,733 \text{ m}$ y C_p se analiza a continuación según la tabla D.3 del Anejo D del documento SE-AE (figuras 12).

Se van a diferenciar dos situaciones de viento, viento transversal y viento longitudinal. Dichas situaciones en realidad son a su vez dos cada una pero se analizan únicamente en dos direcciones debido a ser simétrico.

➤ Viento Transversal en Fachada (Lateral izquierdo y derecho de la nave)

Los valores necesarios para su cálculo son: $b = 45,9 \text{ m}$, $d = 21 \text{ m}$, $h = 9,5 \text{ m}$ y $e = \min(b, 2h) = \min(45,9, 19) = 19 \text{ m}$. Los paneles a instalar son de 1m de ancho y el alto de 7,5m $A = 7,5 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2$.

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

Figura 12

Con los valores de la tabla D.3 de la figura 13, los datos necesarios y teniendo en cuenta que los valores negativos son los esfuerzos a succión y los positivos a presión se interpola de acuerdo al apartado D.3.4. para áreas de influencia entre 1m^2 y 10m^2 obteniendo los valores indicados en la tabla 3:

Tabla 3

V.Transversal Fachada (kN/m ²)	A	B	C	D	E
	-1,225	-0,837	-0,5	0,825	-0,354

Los valores más desfavorables son:

- $C_p = -1,225 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $C_p = 0,825 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

Por lo tanto las hipótesis del viento transversal son:

- $q_{VS3} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot (-1,225) = -1,104 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $q_{VP3} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot 0,825 = 0,7433 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

➤ Viento Longitudinal en Fachada (Parte frontal y trasera de la nave)

Los valores necesarios para su cálculo son: $b=21\text{m}$, $d=45,9\text{m}$, $h=9,5\text{m}$ y $e=\min(b,2h)=\min(21,19)=19\text{m}$. Los paneles a instalar son de 1m de ancho y el alto considerado es de $7,5\text{m}$ $A=7,5\text{m}^2 < 10\text{m}^2$.

Con los valores de la tabla D.3 de la figura 13, los datos necesarios y teniendo en cuenta que los valores negativos son los esfuerzos a succión y los positivos a presión se interpola de acuerdo al apartado D.3.4. para áreas de influencia entre 1m^2 y 10m^2 obteniendo los valores indicados en la tabla 4:

Tabla 4

V.Longitudinal Fachada (kN/m ²)	A	B	C	D	E
	-1,225	-0,837	-0,5	0,737	-0,3

Los valores más desfavorables son:

- $C_p = -1,225 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $C_p = 0,737 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

Por lo tanto las hipótesis del viento transversal son:

- $q_{VS4} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot (-1,225) = -1,104 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $q_{VP4} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot 0,737 = 0,664 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

No obstante, al igual que con el cálculo de la cubierta, al disponer de dos puertas para la carga y descarga de la mercancía en el frontal de la nave se debe analizar el viento interior dentro de esta situación. Los valores son los mismos que los calculados en el 2.2.1.1.:

- $q_{VI} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot (0,7) = 0,6308 \text{ KN/m}^2$ (Presión)
- $q_{VII} = 0,52 \cdot 1,733 \cdot (-0,5) = -0,4507 \text{ KN/m}^2$ (Succión)

Entonces, teniendo en cuenta el viento interior con el viento longitudinal de fachada más desfavorable se obtiene los siguientes valores, que también corresponden con los más desfavorables de los analizados:

- $q_{VS4} + q_{VI} = 1,104 + 0,6308 \text{ KN/m}^2 = 1,7348 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- $q_{VP4} + q_{VII} = 0,664 + 0,4507 \text{ KN/m}^2 = 1,1147 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

Por lo tanto las situaciones más peligrosas de las descritas son:

- Viento Longitudinal + Situación I: $q_e = -1,7348 \text{ KN/m}^2$ (Succión)
- Viento Longitudinal + Situación II: $q_e = 1,1147 \text{ KN/m}^2$ (Presión)

3.2.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES

Las solicitaciones que se tiene son las siguientes:

- Peso Propio: $PP=0,1413\text{KN/m}^2$
- Viento a succión: $V_S=1,7348\text{KN/m}^2$
- Viento a presión: $V_P=1,1147\text{KN/m}^2$

Dichas solicitaciones actúan en unos ejes distintos y ortogonales entre sí. Los coeficientes de combinación y mayoración se tienen en cuenta conforme lo indicado en las tablas 4.1 y 4.2 del documento SE (figura 9).

La combinación más desfavorable es $\gamma_V \cdot q_{Vs} = 1,5 \cdot (-1,7348) = -2,6022\text{KN/m}^2$, la cual se usa para la elección del cerramiento: $2,6022\text{KN/m}^2$ (Succión)

3.2.3. COMPROBACIÓN DEL CERRAMIENTO DE CUBIERTA

Como se ha mencionado anteriormente el cerramiento escogido es un panel monolítico para pared con aislamiento de fibra mineral de espesor 60mm cuyas características se indican en la ficha técnica adjuntada (figura 13). La carga admisible se da en kg/m^2 y la luz entre apoyos en cm.



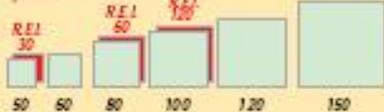
Nueva clasificación del panel MEC WR 100 EU. Resistencia al fuego conforme EN 13501-2

EI 90



R.E.I. 30 · 60 · 120

*Epaisseur
Télesseur
Espessura
Epaisseur*



50 60 80 100 120 150

Cargas admisibles, uniformemente distribuidas en Kg/m² con soportes de acero de espesor 0,6 mm en el exterior y 0,5 mm en el interior.

Evenly distributed loads allowed in Kg/m² with steel support of 0.6 mm external thickness and 0.50 mm internal.

Cargas admisibles, uniformemente distribuidas en Kg/m² con soportes de aço (externo 0,6 mm / interno 0,5 mm)

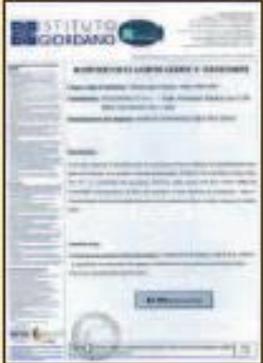
Charges uniformément réparties admissibles en Kg/m² avec rapport en acier d'épaisseur 0,6 mm ext. et 0,5 mm int.

Las tablas se han desarrollado para paneles con soportes de acero de 0,6 mm en el exterior y 0,5 mm en el interior imponiendo la limitación de deformación: flecha f=1/200 L

The tables have been developed for panels with mm 0.6 external thickness and mm 0.5 internal thickness of steel supports. Imposing the deformation limit-deflection f=1/200 L.

As tabelas foram desenvolvidas para painéis com suportes de aço, externo 0,6 mm / interno 0,5 mm, impondo a limitação de deformação: flecha f= 1 / 200 L.

Les tableaux ont été établis pour des panneaux ayant des supports en acier de 0.6 mm côté extérieur et 0.5 mm côté intérieur, avec limite de déformation de la flèche f=1/200 L.



ESQUEMA ESTÁTICO Dos apoyos

LUC 80 cm

Epaisseur en mm	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	500
50	14,2	12,1	10,9	9,6	9,6	7,9	7,1	6,5	5,9		
60	17,4	15,0	13,7	11,7	10,5	9,5	8,6	7,9	7,1	6,7	
80	23,4	20,3	17,9	15,9	14,3	13,0	11,9	10,9	10,0	9,1	7,1
100	29,5	25,6	22,5	20,1	18,1	16,4	15,0	13,8	12,9	11,9	9,1
120		30,9	27,2	24,3	21,9	19,9	18,2	16,8	15,5	14,4	11,1
150				30,7	27,7	25,2	23,1	21,3	19,7	18,3	14,2

ESQUEMA ESTÁTICO Cuatro apoyos

LUC 65 cm

Epaisseur en mm	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	500
50	15,6	13,6	11,9	10,6	9,5	9,6	7,9	7,2	6,6	6,1	
60	19,1	16,5	14,5	12,9	11,6	10,5	9,6	8,9	8,1	7,5	5,7
80	25,7	22,3	19,6	17,5	15,7	14,3	13,1	12,0	11,1	10,3	7,9
100	32,4	28,1	24,6	22,1	19,9	18,1	16,6	15,2	14,1	13,1	10,1
120		33,9	29,9	26,7	24,1	21,9	20,0	18,5	17,1	15,9	12,3
150				31,7	30,4	27,7	25,4	23,4	21,7	20,2	15,7

Figura 13

El valor límite es 2,6022 KN/m²=265,26kg/m², según la tabla, el panel escogido es válido. Por lo tanto se selecciona el panel monolítico para pared con aislamiento de fibra mineral de espesor 60mm.

EUITI Bilbao

Septiembre 2016

22

4. CÁLCULOS DE LAS CORREAS

4.1. CORREAS DE CUBIERTA

En primer lugar se debe definir el número de correas y la separación que habrá entre las mismas. La nave dispone de una cubierta a dos aguas con una inclinación de $10,78^\circ$, 21m de luz y una diferencia de altura desde el alero hasta la cumbrera de 2m como se puede observar en la figura 14.

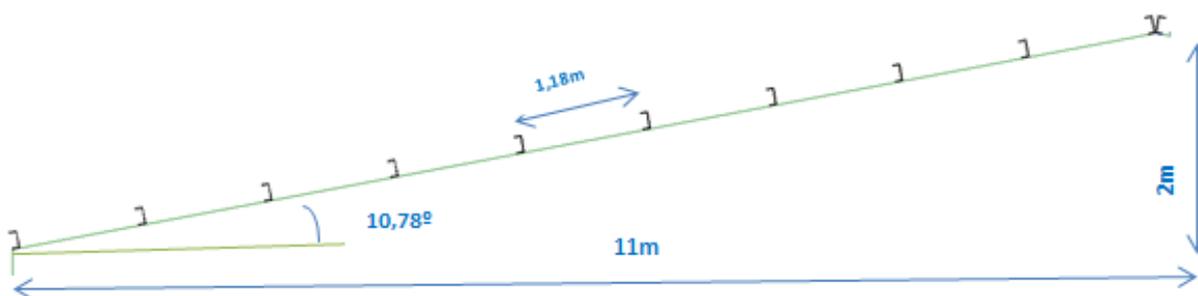


Figura 15

El número de huecos entre las correas es el obtenido de dividir la longitud del ala de la cubierta entre la luz máxima del cerramiento seleccionado. Se dispone de una longitud de faldón de 10,68m y la separación máxima que permite el panel es de 1,25m. Se adopta una separación de 1,2m dando como resultado $10,68/1,2=8,9\approx 9$ vanos.

Por lo tanto se dispondrán de 10 correas con una separación entre ambas de $10,68/9=1,18$ m. Cada correa recogerá los esfuerzos de un tramo de 1,18m de ancho, excepto las correas externas que únicamente soportarán la mitad.

Todas las correas de la cubierta serán iguales, adoptándose una UPN-160.

4.1.1. ACCIONES SOBRE LA CORREA

Las solicitaciones que soportarán las correas de la cubierta son las calculadas en los apartados anteriores, la nieve y el uso, así como el propio peso del cerramiento y de la correa y el viento. Dichas solicitaciones, a excepción del viento que actúa sobre los eje perpendicular de la correa, son verticales y deben ser trasladadas a los ejes paralelo y perpendicular para posteriormente poder combinarlas todas y comprobar si es válida la correa seleccionada (figura 14). Los valores de las solicitaciones que van a recibir las correas según el DB. SE-AE son:

- Peso Propio:
 - Del panel: $PP_1 = 15,74 \text{kg/m}^2 \cdot 1,18 \text{m} = 18.57 \text{kg/m} = 0,1822 \text{kN/m}$
 - $\perp \rightarrow 0,1822 \text{kN/m} \cdot \cos 10,78 = 0,1789 \text{kN/m}$
 - $\parallel \rightarrow 0,1822 \text{kN/m} \cdot \sin 10,78 = 0,03407 \text{kN/m}$
 - De la correa: $PP_2 = 18,8 \text{kg/m} = 0,1844 \text{kN/m}$
 - $\perp \rightarrow 0,1844 \text{kN/m} \cdot \cos 10,78 = 0,1812 \text{kN/m}$
 - $\parallel \rightarrow 0,1844 \text{kN/m} \cdot \sin 10,78 = 0,0345 \text{kN/m}$
 - Peso Propio Total: $PP_1 + PP_2$
 - $\perp \rightarrow 0,1789 \text{kN/m} + 0,1812 \text{kN/m} = 0.3601 \text{kN/m}$
 - $\parallel \rightarrow 0,03407 \text{kN/m} + 0.0345 \text{kN/m} = 0.0686 \text{kN/m}$
- Uso: $U = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,18 \text{m} = 0,472 \text{kN/m}$
 - $\perp \rightarrow 0,472 \text{kN/m} \cdot \cos 10,78 = 0,4637 \text{kN/m}$
 - $\parallel \rightarrow 0,472 \text{kN/m} \cdot \sin 10,78 = 0,00324 \text{kN/m}$
- Nieve: $N = 0,5485 \text{kN/m}^2 \cdot 1,18 \text{m} = 0,6472 \text{kN/m}$
 - $\perp \rightarrow 0,6472 \text{kN/m} \cdot \cos 10,78 = 0,6358 \text{kN/m}$
 - $\parallel \rightarrow 0,6472 \text{kN/m} \cdot \sin 10,78 = 0,121 \text{kN/m}$

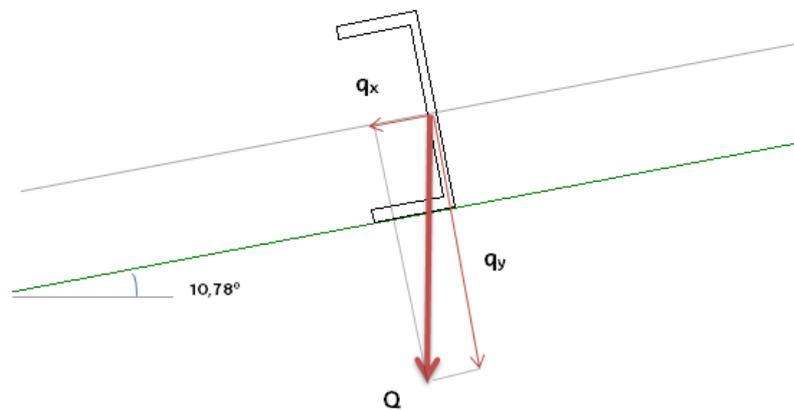


Figura 14

- Viento: Al igual que en el cálculo del cerramiento se van a diferenciar dos situaciones de viento, viento transversal y viento longitudinal.
- Viento Transversal (Lateral izquierdo y derecho de la nave)

Como se ha mencionado anteriormente se dispondrán de 10 correas separadas 1,18m. Es por tanto que el ancho tributario de las mismas será el valor de dicha separación, la mitad de ese valor a ambos lados, a excepción de las correas de los extremos que únicamente tendrá 0,59m. Ese ancho tributario recorrerá diferentes zonas de acción del viento dependiendo de la correa.

Tras analizar los diferentes anchos tributarios correspondientes a todas las correas se llega a que la correa más desfavorable es la ubicada en las zonas de viento transversal FGF, dando como resultado lo mostrado en la figura 15:

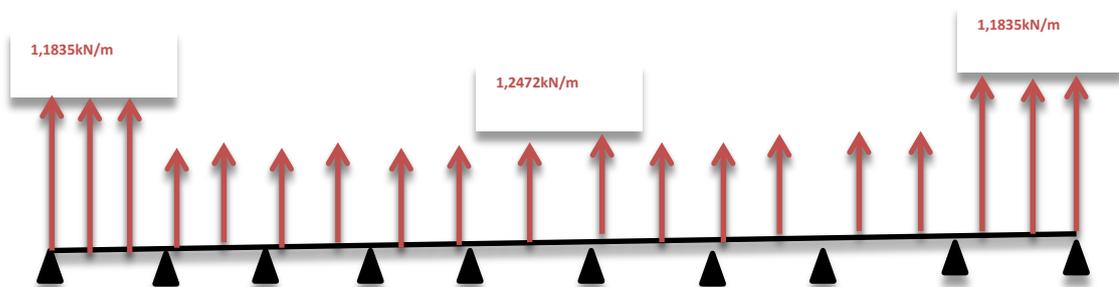


Figura 15

➤ Viento Longitudinal (Parte frontal y trasera de la nave)

Al igual que en el viento transversal las correas están ubicadas en diferentes zonas de viento. En el caso del viento longitudinal a parte del ancho tributario también se ha de tener en cuenta el viento interior debido a las puertas situadas en la parte frontal de la nave. Tras analizar los diferentes anchos tributarios correspondientes a todas las correas con los vientos interiores incluidos se llega a que la correa más desfavorable es la ubicada en las zonas de viento longitudinal más viento interior I FHI.

La situación más desfavorable, y por tanto la que va a ser objeto de estudio, es la obtenida en el viento longitudinal.

4.1.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES

Se plantean las combinaciones para cada eje y a través del programa informático Cespla se obtienen los resultados para el estudio, para los coeficientes de combinación y mayoración se obtendrán del DB SE tablas 4.1 y 4.2 (figura 9).

- En el eje Y (perpendicular) de la correa la combinación más desfavorable es $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{Vs}$ Dando como resultado lo mostrado en la figura 16.

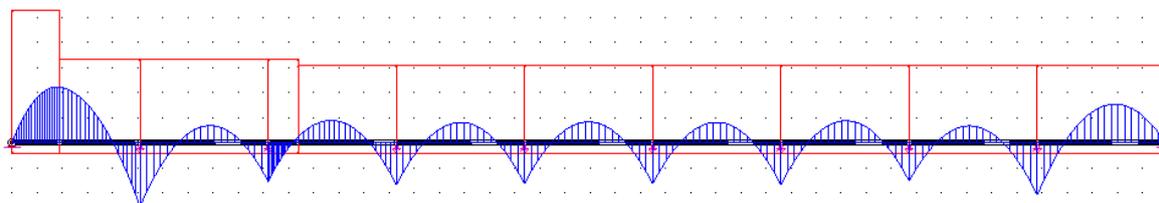


Figura 16

- En el eje X (Paralelo) de la correa la combinación más desfavorable es

$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_N$ Dando como resultado lo mostrado en la figura 17.



Figura 17

4.1.3. COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS

Las correas son perfiles conformados en acero estructural S 275 R. La correa seleccionada UPN tiene las características mostradas en la figura 18.

Las comprobaciones a realizar serán:

- A resistencia: Verificando que cumple lo mencionado en el apartado 6 Estados Limite Últimos del DB SE-A.
- A deformada: Verificando que cumple lo mencionado en el apartado 4.3 Aptitud al Servicio del DB SE.

I_y → momento de inercia en el plano fuerte y-y.
 I_z → momento de inercia en el plano débil z-z.
 $W_{el,y}$ → módulo resistente elástico en el plano fuerte y-y.
 $W_{el,z}$ → módulo resistente elástico en el plano débil z-z.
 $W_{pl,y}$ → módulo resistente plástico en el plano fuerte y-y. (igual al doble del momento estático de media sección).
 $W_{pl,z}$ → módulo resistente plástico en el plano débil z-z.
 i_y → radio de giro en el plano fuerte y-y.
 i_z → radio de giro en el plano débil z-z.
 Avz → área de cortante.
 It → momento de inercia de torsión.
 Iw → momento de inercia de alabeo.

PERFIL UPN

	h ≤ 300	h > 300
u	$\frac{b}{2}$	$\frac{b - t_w}{2}$
α (Inclinación de las alas)	8%	5%

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones								Área A (mm ²)	Propiedades de la sección													
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _r (mm)	r ₁ (mm)	r ₂ (mm)	u (mm)	α (%)		eje fuerte y-y				eje débil z-z									
											$I_y \cdot 10^4$ (mm ⁴)	$W_{el,y} \cdot 10^3$ (mm ³)	$W_{pl,y} \cdot 10^3$ (mm ³)	i_y (mm)	$A_{ef} \cdot 10^2$ (mm ²)	$I_z \cdot 10^4$ (mm ⁴)	$W_{el,z} \cdot 10^3$ (mm ³)	$W_{pl,z} \cdot 10^3$ (mm ³)	i_z (mm)	s_x (mm)	$I_x \cdot 10^4$ (mm ⁴)	$I_w \cdot 10^9$ (mm ⁶)	y_s (mm)	y_m (mm)
UPN 80	8,65	80	45	6	8	8	4	40	8%	1.102,00	106,00	26,60	32,30	31,00	490,00	19,40	6,38	11,90	13,30	19,40	2,20	0,18	1,42	2,65
UPN 100	10,6	100	50	6	8,5	8,5	4,5	50	8%	1.350,00	206,00	41,20	49,00	39,10	646,00	29,30	8,49	16,20	14,70	20,30	2,81	0,41	1,55	2,93
UPN 120	13,4	120	55	7	9	9	4,5	60	8%	1.700,00	364,00	60,70	72,60	46,20	880,00	43,20	11,10	21,20	15,90	22,20	4,15	0,90	1,60	3,03
UPN 140	16	140	60	7	10	10	5	70	8%	2.040,00	605,00	86,40	103,00	54,50	1.041,00	62,70	14,80	28,30	17,50	23,90	5,68	1,80	1,75	3,37
UPN 160	18,8	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	80	8%	2.400,00	925,00	116,00	138,00	62,10	1.260,00	85,30	18,30	35,20	18,90	25,30	7,39	3,26	1,84	3,56
UPN 180	22	180	70	8	11	11	5,5	90	8%	2.800,00	1.350,00	150,00	179,00	69,50	1.509,00	114,00	22,40	42,90	20,20	26,70	9,55	5,57	1,92	3,75
UPN 200	25,3	200	75	8,5	11,5	11,5	6	100	8%	3.220,00	1.910,00	191,00	228,00	77,00	1.771,00	148,00	27,00	51,80	21,40	28,10	11,90	9,07	2,01	3,94
UPN 220	29,4	220	80	9	12,5	12,5	6,5	110	8%	3.740,00	2.690,00	245,00	292,00	84,80	2.062,00	197,00	33,60	64,10	23,00	30,30	16,00	14,60	2,14	4,20
UPN 240	33,2	240	85	9,5	13	13	6,5	120	8%	4.230,00	3.600,00	300,00	358,00	92,20	2.371,00	248,00	39,60	75,70	24,20	31,70	19,70	22,10	2,23	4,39
UPN 260	37,9	260	90	10	14	14	7	130	8%	4.830,00	4.820,00	371,00	442,00	99,90	2.712,00	317,00	47,70	91,60	25,60	33,90	25,50	33,30	2,36	4,66
UPN 280	41,8	280	95	10	15	15	7,5	140	8%	5.330,00	6.280,00	448,00	532,00	109,00	2.928,00	399,00	57,20	109,00	27,40	35,60	31,00	48,50	2,53	5,02
UPN 300	46,2	300	100	10	16	16	8	150	8%	5.880,00	8.030,00	535,00	632,00	117,00	3.177,00	495,00	67,80	130,00	29,00	37,30	37,40	69,10	2,70	5,41
UPN 320	59,5	320	100	14	17,5	17,5	8,75	700	5%	7.580,00	10.870,00	679,00	826,00	121,00	4.711,00	597,00	80,60	152,00	28,10	43,00	66,70	96,10	2,60	4,82
UPN 350	60,6	350	100	14	16	16	8	700	5%	7.730,00	12.840,00	734,00	918,00	129,00	5.084,00	570,00	75,00	143,00	27,20	40,70	61,20	114,00	2,40	4,45
UPN 380	63,1	380	102	13,5	16	16	8	688,5	5%	8.040,00	15.760,00	829,00	1.014,00	140,00	5.323,00	615,00	78,70	148,00	27,70	40,30	59,10	146,00	2,38	4,58
UPN 400	71,8	400	110	14	18	18	9	770	5%	9.150,00	20.350,00	1.020,00	1.240,00	149,00	5.855,00	846,00	102,00	190,00	30,40	44,00	81,60	221,00	2,65	5,11

Figura 18

1- A RESISTENCIA

Se trata de comprobar que cumple: $\frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$

Siendo $f_{yd} = 261,9N/mm^2$ (Apartado 2 y 4 del DB SE-A)

Para una correa UPN-160:

$$W_{el,y} = 116 \cdot 10^3 mm^3$$

$$W_{el,z} = 18,3 \cdot 10^3 mm^3$$

Con las hipótesis más desfavorables anteriormente indicadas, en su situación en el eje fuerte (perpendicular) y en la misma en el débil (paralelo), y los datos de la correa utilizada se comprueba a resistencia.

- \perp : $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_N \rightarrow M_{y_{max}}=3857,36Nm$

- \parallel : $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_N \cdot q_N \rightarrow M_{z_{max}}=753.2Nm$

$$\frac{3857,36 \cdot 10^3}{116 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + \frac{753,2 \cdot 10^3}{18,3 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,2874 < 1$$

- \perp : $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_V \cdot q_{Vs} \rightarrow M_{y_{max}}=5685,02Nm$

- \parallel : $\gamma_G \cdot q_{pp} \rightarrow M_{z_{max}}=254,41Nm$

$$\frac{5685,02 \cdot 10^3}{116 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + \frac{254,41 \cdot 10^3}{18,3 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,2402 < 1$$

La correa UPN 160 cumple a resistencia.

2- A DEFORMADA

Se trata de comprobar el Estado Limite de Servicio, que la flecha de cálculo sea menor que la admisible. Según el apartado 4.3.3 del DB SE especifica que:

$$f_{y,adm} = \frac{L}{300}$$

Teniendo en cuenta que L es la longitud entre los apoyos de la correa, en el caso que concierne L=5,1m. Los valores de cálculo se obtienen a través del programa informático Cespla mediante hipótesis sin mayorar.

$$\left. \begin{array}{l} f_{y,adm} = 0,017m \\ f_{y,max} = 0,0053m \end{array} \right\} f_{y,adm} > f_{y,max}$$

La correa UPN 160 cumple a deformada.

Por lo tanto la correa elegida cumple todas las comprobaciones. Correas de cubierta UPN 160 colocadas a 1,18m, pero por motivos constructivos se debe colocar otra correa sobre los pilares, por lo tanto, la distancia entre esa correa y la primera será de 0,869m.

4.2. CORREAS DE FACHADA

Al igual que con las correas de cubierta lo primero que se debe hacer es definir el número de correas y la separación entre las mismas.

En los laterales la altura al alero es de 7,5m, según el catalogo del cerramiento escogido (figura 13) la separación máxima permitida es de 1,16m. Se selecciona a tanteo una distancia de 1,1m obteniendo $7,5/1,1=6,81 \approx 7$ vanos, dando 8 correas. Entonces se adopta una separación de $7,5/7=1,07m$ como se puede ver en la figura 19.

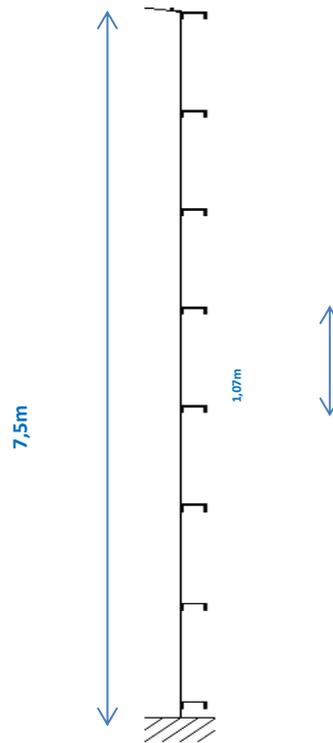


Figura 19

Cada correa soportará un ancho tributario de 1,07m de ancho (0,54m a cada lado) excepto las de los extremos que solo soportaran la mitad. En el caso de los pórticos hastiales (la parte frontal y trasera de la nave) la altura a cubrera es de 9,5m por lo tanto 2m más de superficie a cubrir que en los laterales, por lo tanto se colocarán dos correas más. En estos pórticos las correas apoyaran sobre pilarillos con una separación de 5,25m.

Todas las correas de la fachada serán iguales, adoptándose una UPN-180.

4.2.1. ACCIONES SOBRE LA CORREA

Al igual que se ha hecho con las correas de cubierta hay que conocer las acciones que actúan sobre él. En este caso el uso y la nieve no son aplicables al tratarse de una pared vertical. Por lo tanto las acciones que intervienen son las siguientes:

- Peso Propio:
 - Del panel: $PP_1 = 14,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,07 \text{ m} = 15,408 \text{ kg/m} = 0,1512 \text{ kN/m}$
 - De la correa: $PP_2 = 22 \text{ kg/m} = 0,2158 \text{ kN/m}$

- Peso Propio Total: $PP_1 + PP_2 = 0,3669 \text{ kN/m}$

o Viento

Al igual que en las correas de cubierta se diferencia el viento transversal y el viento longitudinal, en este último se incluye el viento interior. Tras analizar todas las correas con sus zonas de acción correspondientes se obtiene la correa más desfavorable y es con la cual se realizarán los cálculos pertinentes para la comprobación de la correa.

4.2.2. COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES

Se plantean las combinaciones para cada eje y a través del programa informático Cespla se obtienen los resultados para el estudio, para los coeficientes de combinación y mayoración se obtendrán del DB SE tablas 4.1 y 4.2 (figura 9). Al coincidir los ejes de la correa con los de las acciones no hay que trasladar ninguna carga como en el caso de las correas de cubierta. Solo actúa una sollicitación a la vez, no dando lugar a combinaciones.

- o En el eje Y (perpendicular) de la correa actúa el viento, es por ello que se coloca la correa con el alama paralela al suelo (Figura 20) permitiendo al eje fuerte absorber el viento, la carga mayor.

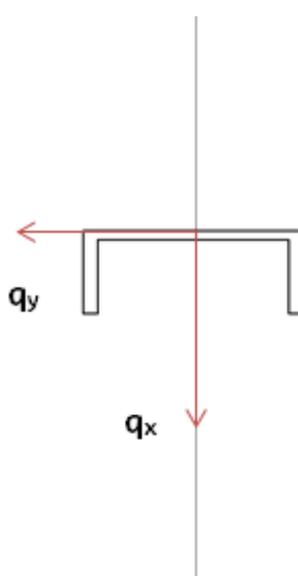


Figura 20

$\gamma_V \cdot q_{Vs}$ Dando como resultado lo mostrado en la figura 21 lo correspondiente a los laterales y en la figura 22 a los frontales.

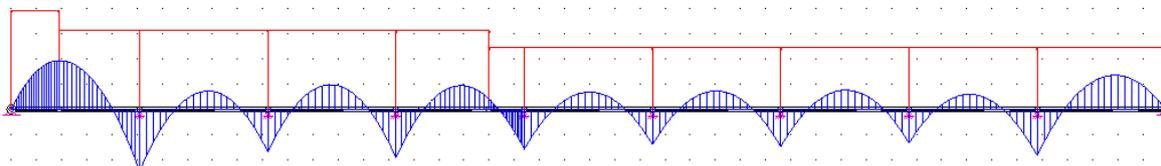


Figura 21

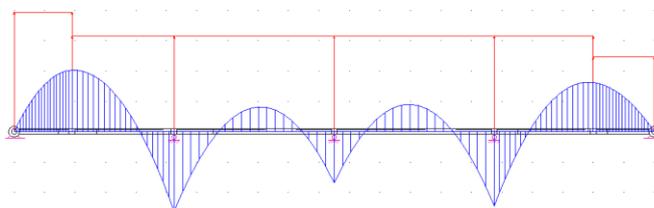


Figura 22

- En el eje X (paralelo) de la correa actúa el peso propio, siendo este el eje débil de la correa.

$\gamma_G \cdot q_{pp}$ Dando como resultado lo mostrado en la figura 23 lo correspondiente a los laterales y en la figura 24 a los frontales.

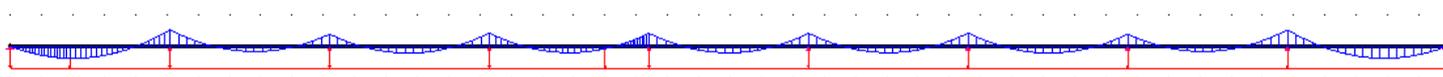


Figura 23

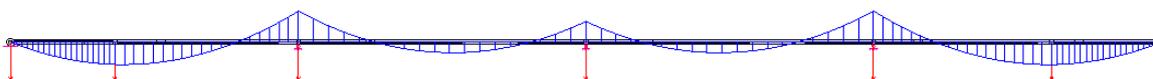


Figura 24

4.2.3. COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS

Siguiendo los mismos procesos anteriormente realizados para las correas de cubierta, las correas son perfiles conformados en acero estructural S 275 R. La correa seleccionada UPN tiene las características mostradas en la figura 18.

Las comprobaciones a realizar serán:

- A resistencia: Verificando que cumple lo mencionado en el apartado 6 Estados Limite Últimos del DB SE-A.
- A deformada: Verificando que cumple lo mencionado en el apartado 4.3 Aptitud al Servicio del DB SE.

1- A RESISTENCIA

Se trata de comprobar que cumple: $\frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$

Siendo $f_{yd} = 261,9N/mm^2$ (Apartado 2 y 4 del DB SE-A)

Para una correa UPN-180:

$$W_{el,y} = 150 \cdot 10^3 mm^3$$

$$W_{el,z} = 22,4 \cdot 10^3 mm^3$$

➤ Laterales

Con las hipótesis más desfavorables anteriormente indicadas, en su situación en el eje fuerte (perpendicular) y en el mismo punto de la situación correspondiente en el eje débil (paralelo), y los datos de la correa utilizada se comprueba a resistencia.

- ⊥: $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{Vs} \cdot q_{Vs} \rightarrow M_{y\max} = 6365,05 Nm$
 ||: $\gamma_G \cdot q_{pp} \rightarrow M_{z\max} = 1361,68 Nm$

$$\frac{6365,05 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + \frac{1361,68 \cdot 10^3}{22,4 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,394 < 1$$

➤ Frontales

- ⊥: $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{Vs} \cdot q_{Vs} \rightarrow M_{y\max} = 6801 Nm$
 ||: $\gamma_G \cdot q_{pp} \rightarrow M_{z\max} = 1463,21 Nm$

$$\frac{6801 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + \frac{1463,21 \cdot 10^3}{22,4 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,3839 < 1$$

La correa UPN 180 cumple a resistencia.

2- A DEFORMADA

Se trata de comprobar el Estado Limite de Servicio, que la flecha de cálculo sea menor que la admisible. Según el apartado 4.3.3 del DB SE especifica que:

$$f_{y,adm} = \frac{L}{300}$$

➤ Laterales

Teniendo en cuenta que L es la longitud entre los apoyos de la correa, en el caso que concierne L=5,1m. Los valores de cálculo se obtienen a través del programa informático Cespla mediante hipótesis sin mayorar.

$$\left. \begin{array}{l} f_{y,adm} = 0,017m \\ f_{y,max} = 0,00974m \end{array} \right\} f_{y,adm} > f_{y,max}$$

➤ Frontales

L=5,25m. Los valores de cálculo se obtienen a través del programa informático Cespla mediante hipótesis sin mayorar.

$$\left. \begin{array}{l} f_{y,adm} = 0,0175m \\ f_{y,max} = 0,00822m \end{array} \right\} f_{y,adm} > f_{y,max}$$

La correa UPN 180 cumple a deformada.

Por lo tanto la correa elegida cumple todas las comprobaciones. Correas de fachada UPN 180.

5. CÁLCULO DE VIGA CARRIL

5.1. DATOS DEL PUENTE GRÚA

El puente grúa ira sobre sendas vigas carril a cada extremo del mismo a lo largo de una longitud de 30,6m, multiapoyadas en vanos de 5,1m y soportadas con ménsulas unidas a los pilares de los pórticos.

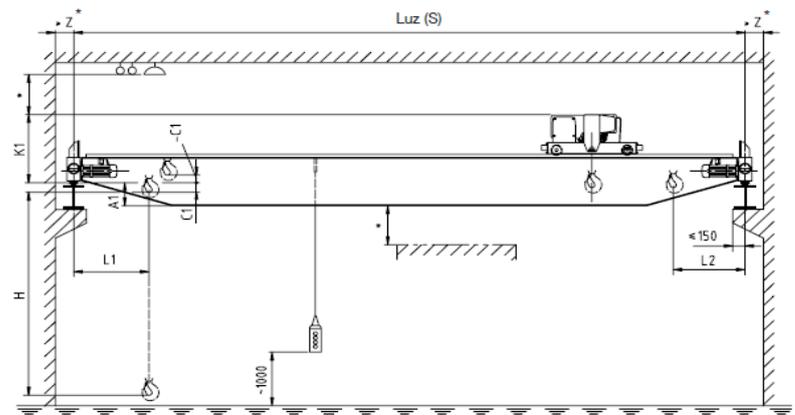
Para el cálculo de la viga carril se deben conocer unos datos de funcionamiento del puente grúa a utilizar. Se requiere de un puente grúa capaz de soportar una carga en torno a 10.000kg. Por ello y por la luz de la nave, de 21m, se recomienda por el fabricante un puente grúa birrail como el de la figura 25.



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.

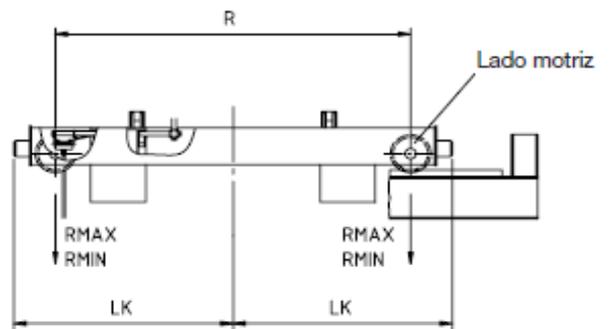
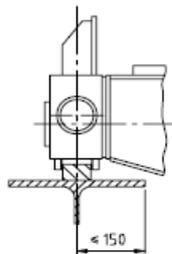


Figura 25

El modelo a utilizar será un puente grúa birrail ZLK del fabricante Abus, cuyas características técnicas recogidas del catálogo del fabricante se disponen en la tabla de la figura 26. Por falta de datos para la luz de la nave se cogen los valores de la inmediatamente superior, 22m, yendo del lado de la seguridad.

Carga, Polipasto ¹⁾	S ²⁾	A1	K1	C1	L1	L2	Z min	Hmax ²⁾	R	LK	Carga rueda kN	
	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	R max	R min
10 000 kg Polipasto de cable GM 3100 H6 FEM 2m	10	260	900	-30	760	760	170	10000	2700	1620	55.6	10.5
	14	360	900	-30	760	760	170	10000	2700	1645	60.0	12.5
	16	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	62.8	14.6
	18	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	64.5	15.7
	20	500	960	-90	760	760	180	10000	2900	1765	67.8	18.6
Polipasto V = 0.8/5 m/min	22	500	960	-90	760	760	180	10000	3200	1950	71.0	21.4
	24	700	960	-90	760	760	180	10000	3800	2250	76.0	26.0
	26	700	960	-90	760	760	180	10000	3800	2250	78.0	27.8
	28	700	960	-90	760	760	180	10000	4600	2650	82.7	32.1
	30	660	1010	-140	760	760	180	10000	4600	2715	91.7	40.8
	32	900	1010	-140	760	760	180	10000	5100	2965	95.1	43.9
	34	900	1010	-140	760	760	180	10000	5100	3005	101.0	49.2

Figura 26

La altura libre bajo el puente grúa será de de 5,45m quedando 2,05m sobre el mismo hasta el alero y 4,05m hasta la cumbrera. Según la tabla de la figura 26 el polipasto a usar es de cable GM 3100 H6 FEM 2 m con velocidad estándar de 0,8/5m/min.

5.2. CLASIFICACIÓN DEL PUENTE GRÚA

Las acciones que producen los puentes grúa dependen no solo de sus características sino también de sus condiciones de utilización y de su estado de carga. Según la norma UNE 76-201-88 a estos efectos se establece una clasificación de los puentes grúa según los siguientes criterios:

- Condición de uso: Por la duración de la utilización se establece una utilización del tipo C según el apartado 3.4 1 de la citada norma. Utilización regular en servicio intensivo, con pocos y corto periodos de paro estando casi constantemente utilizado.
- Estado de carga: Numero de maniobras que realiza el aparato y la carga de servicio según la tabla 3.4 2 de la norma. Estado de carga 2, Aparatos que rara vez levantan la carga nominal y corrientemente cargas comprendidas entre $1/3$ y $2/3$ de la carga nominal.
- Grupos de puente grúa: Según la tabla 3.4 3-1 de la norma, figura 27, en función de las condiciones de utilización y de los estados de carga, definidos anteriormente, se califican los puentes grúa en seis grupos. Corresponde al grupo 5.

Cuadro de clasificación de los aparatos en grupos

Estado de carga	Clase de utilización			
	A	B	C	D
0	1	2	3	4
1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	6

Tabla 3.4 3-1

Figura 27

5.3. SOLICITACIONES SOBRE LA VIGA CARRIL

5.3.1. FUERZAS GENERADAS POR EL PUENTE GRÚA

Las fuerzas que actúan sobre la viga carril de acuerdo a lo indicado en el libro ARGÜELLES son el propio peso de la viga carril más la del rail de rodadura y las fuerzas que transmite el carretón desplazándose sobre la viga puente y esta a su vez sobre la viga carril. Estas últimas son de tres tipos.

- 1- Verticales: Debidas al peso propio del puente grúa y de la carga que llevan, estos valores vienen indicados en el catálogo del fabricante de la figura 31 por rueda.

$$P = \sum F$$

$$- R_{max} = F_{max} = 71kN$$

$$- R_{min} = F_{min} = 21,4kN$$

- 2- Transversales: Originadas por el desplazamiento del carretón al desplazarse

$$S = \sum F/7$$

$$S=7,1kN$$

- 3- Longitudinales: Consecuencia del frenado del puente grúa

$$H = \sum F/10$$

$$H=3,057kN$$

5.3.2. CARRIL DE RODADURA

Siguiendo las indicaciones del apartado 3.7 1 de la UNE 76-201-88 se calcula la sobrecarga torsora del carril por donde circulara el puente grúa sobre el alma superior de la viga carril: $M_t = H \cdot h_c = S \cdot h_c$, siendo S la fuerza transversal calculada anteriormente y h_c la altura del carril de rodadura como se puede ver en la figura 28.

Para hallar el valor de la altura del carril de rodadura se a usado la tabla 38 de la página 257 del libro “El proyectista de estructuras metálicas” de R. Nonmast.

Perfil KS	H mm	F ₁ mm	F ₂ mm	K mm	S mm	f ₁ mm	f ₂ mm	F ₃ mm	h ₁ mm	h ₂ mm	r ₁ mm	r ₂ mm	r ₃ mm	r ₄ mm	r ₅ mm
43	75	175	78	65	38	20	14	10	34	30	6	5	5	6	5

$$\text{Siendo } H=h_c=75\text{mm} \rightarrow M_t = 532,5kNm$$

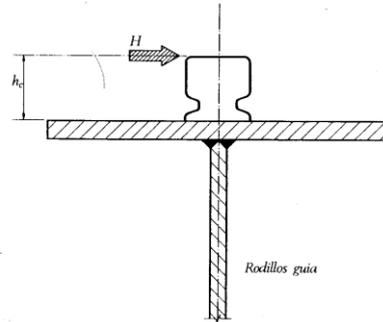


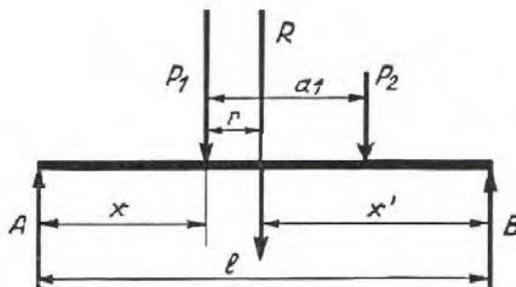
Figura 3.7 1-2

Figura 28

5.3.3. CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL

La grúa puente transmite los esfuerzos así como su propio peso al carril de rodadura instalado en la viga carril. Por lo tanto esta recibe dichos esfuerzos y sendos pesos propios. La viga se proyecta como una viga continua multiapoyada y los esfuerzos del puente grúa se trata de dos presiones móviles, una por rueda, iguales.

El momento, producido por dichas presiones de rueda iguales y móviles P , con una distancia $a_1=3.2\text{m}$ (figura 26) entre ejes y una distancia entre apoyos $l=5,1\text{m}$ se calcula de acuerdo a la imagen y ecuación (figura 29) definidas en libro FRIEDR, Vieweg. SOHN, Brunswick. DIE HEBEZEUGE, Grundlagen und Bauteile. Brunswick: Vieweg&Sohn, 1965. p. 284.



$$\max. M_p = P \left[\frac{\left(\ell - \frac{a_1}{2} \right)^2}{2\ell} \right]$$

Figura 29

Se genera flexión por los dos ejes de la viga debido a que existen fuerzas actuando en ambos. Los momentos debidos a esas fuerzas son:

- Vertical (P=71kN)

$$M_y^P = 85,269kNm$$

- Transversal (P=7,1kN)

$$M_z^P = 8,526kNm$$

A estos momentos hay que añadir los que genera el peso propio de la propia viga carril y el carril de rodadura. Siendo dicho momento, $M_g = \frac{gl^2}{8}$, donde g representa el peso por metro lineal de la viga contando además la parte correspondiente al carril de rodadura.

Para la viga se selecciona un perfil HEB 300B, en cuya ala se puede disponer el carril de rodadura. Siendo el peso del perfil 117kg/m y el del carril de 43kg/m el conjunto da una suma $g=160kg/m=1,5696kN/m$. Entonces:

$$M_g = 5,103kNm$$

- Combinación y Mayoración de acciones

$$M_y = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot M_y^P = 1,35 \cdot 5,103 + 1,5 \cdot 85,269 = 134,79kNm$$

$$M_z = 1,5 \cdot M_z^P = 1,5 \cdot 8,526 = 12,789kNm$$

5.3.4. COMPROBACIÓN DE LA VIGA CARRIL

Los perfiles de la viga son HEB 300 B conformados en acero estructural S275JR. Para comprobar si el perfil es válido se deben hacer el cálculo a resistencia y a deformada.

1- A RESISTENCIA

$$\text{Se trata de comprobar que cumple: } \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Siendo $f_{yd} = 261,9N/mm^2$ (Apartado 2 y 4 del DB SE-A)

Para una viga HEB 300 B:

$$W_{el,y} = 1677,71 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$W_{el,z} = 570,85 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

Con los mayoraciones del apartado anterior:

- $M_y = 134,79 \text{kNm} = 1,3479 \cdot 10^8 \text{Nmm}$
- $M_z = 12,789 \text{kNm} = 1,2789 \cdot 10^7 \text{Nmm}$

$$\frac{1,3479 \cdot 10^8}{1677,71 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + \frac{1,2789 \cdot 10^7}{570,85 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,3923 < 1$$

La viga HEB 300 B cumple a resistencia.

2- A DEFORMADA

Se trata de comprobar el Estado Limite de Servicio, que la flecha de cálculo sea menor que la admisible. Para una viga carril la flecha máxima admisible viene dada por:

$$f_{y,adm} = \frac{L}{1000}$$

Teniendo en cuenta que L es la longitud entre los apoyos de la viga, en el caso que concierne L=5,1m. Por lo tanto

$$f_{y,adm} = \frac{5100}{1000} = 5,1 \text{mm}$$

Según “El proyectista de estructuras metálicas” de R. Nonmast.en la página 45, la fórmula para determinar la flecha de cálculo es la siguiente:

$$f_{max} = 3,05 \cdot \frac{\left(\frac{q}{10}\right) \left(\frac{L}{100}\right)^4}{I_{LN}}$$

- Flecha vertical

Debida a dos solicitaciones, los pesos propios y las cargas móviles del puente grúa. La flecha total será la suma de ambas solicitaciones. Para

la correspondiente a los pesos propios se utiliza la ecuación mostrada anteriormente pero para el cálculo de la flecha debida a las cargas móviles se utilizará la indicada a continuación:

$$f_{max} = \frac{F \cdot a \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2)}{24 \cdot E \cdot I_{LN}}$$

Por lo tanto:

- $q=117+43=160\text{kg/m}=1,6\text{kg/cm}$
- $L=510\text{cm}$
- $I_y = 25165,65\text{cm}^4$
- $I_z = 8562,82\text{cm}^4$
- $F = 71\text{kN} = 7237,5\text{kg}$
- $a=95\text{cm}$ (Distancia desde el apoyo hasta la aplicación de la fuerza)
- $E=2,04 \cdot 10^6\text{kg/cm}^2$

$$f_{max,y} = 0,4284\text{cm} = 4,284\text{mm} < 5,1\text{mm}$$

Cumple la flecha vertical.

- Flecha horizontal: solo actúa la fuerza transversal transmitida por la grúa. $F=7,1\text{kN}=753,75\text{kg}$

$$f_{max,z} = 0,122\text{cm} = 1,22\text{mm} < 5,1\text{mm}$$

Cumple la flecha horizontal.

La viga HEB 300 B cumple a deformada.

Por lo tanto la viga elegida cumple todas las comprobaciones. Viga Carril HEB 300 B.

6. CÁLCULO DE LA MÉNSULA

6.1. DATOS INICIALES

- La distancia del eje de la viga carril al ala del pilar (Z1 (min)=180mm) será de 250mm.
- Conforme a la figura 26 la distancia desde el alma de la viga carril al borde de la ménsula debe ser $\leq 150\text{mm}$, por lo tanto la longitud de la ménsula será de 400mm.

Se adopta inicialmente como ménsula un perfil HEB 160 B cumpliendo las solicitaciones, pero al diseñar la nave se deben tener en cuenta las diferentes barras de las cuales se compone, y en la unión ménsula-pilar también está unida una viga riostra y por lo tanto de debe tomar un perfil superior debido a los efectos de diseño, siendo este perfil un HEB 200 B.

6.2. SOLICITACIONES SOBRE LA MÉNSULA

La ménsula recibirá tres tipos de carga:

- Cargas Verticales: Peso Propio de la viga carril más el rail, Peso Propio de la ménsula y la reacción (R_{max}) de la grúa, todas crean flexión.

$$q_T = (117 + 43) \cdot 5,1m = 816kg = 8,005KN$$

$$q_m = 61,3 \frac{kg}{m} \cdot 0,4m = 24,52kg = 0,2405KN$$

$$R_{max} = P = 71KN$$

$$R_y = q_T + q_m + R_{max} = 79,246KN$$

Combinando y mayorando

$$1,35(q_T + q_m) + 1,5R_{max} = 117,63KN$$

El punto más crítico será la unión de la ménsula con el pilar, por lo tanto en ese punto se producirá el momento flector máximo:
 $M_x = 117,63 \cdot 250 = 29407,856KNmm$

- Cargas Horizontales: Se trata de dos cargas diferentes. Reacción transversal (R_z), debida al frenado del polipasto siendo el caso más desfavorable cuando actúa sobre la ménsula ocasionándola una compresión. Y la reacción longitudinal (R_x), debida al frenado del puente grúa ocasionando flexión en el plano horizontal.

$$R_x = H = 3,057KN$$

$$R_z = S = 7,1KN$$

Combinando y mayorando:

$$1,5R_x = 4,5855KN$$

$$1,5R_z = 10,65KN$$

El momento debido a la carga longitudinal:
 $M_y = 4,5855 \cdot 250 = 1146,375KNmm$

6.3. COMPROBACIÓN DE LA MÉNSULA

1- A RESISTENCIA

Se trata de comprobar que cumple: $\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$

Siendo $f_{yd} = 261,9N/mm^2$ (Apartado 2 y 4 del DB SE-A)

Para un perfil HEB 200:

$$A = 7808,64mm^2$$

$$W_{el,x} = 569,62 \cdot 10^3mm^3$$

$$W_{el,y} = 200,34 \cdot 10^3mm^3$$

De acuerdo al apartado 6.2.8.1.d del DB SE-A el efecto axial puede despreciarse si:

$N_{Ed} \leq \frac{f_{yd} \cdot A_{alma}}{2} \rightarrow 10,65KN < 200,353KN$, por lo tanto, no se tiene en cuenta.

$$\frac{29407,856 \cdot 10^3}{569,62 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + \frac{1146,375 \cdot 10^3}{200,34 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0.219 < 1 \rightarrow \text{Cumple a resistencia.}$$

2- A cortante

La reacción que genera la cortante es $R_y = 117,63 \text{KN} = V_{Ed}$

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{pl,Rd}}{2} \rightarrow V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r)t_f = h \cdot t_w = 260 \cdot 10 = 2600 \text{mm}^2$$

$$V_{Ed} = 117,63 \text{KN} < \frac{V_{pl,Rd}}{2} = 393,141 \text{KN} \rightarrow \text{Cumple a cortante.}$$

7. CALCULO DE LA ENTREPLANTA

La función de la entreplanta será la de albergar las oficinas de la empresa. Esta se dispondrá a una altura de 4,5m sobre el nivel del suelo dando una altura mínima desde la misma hasta el alero de 3m. Estará formada por un forjado constituido por placas alveolares de 20cm de espesor con una capa de compresión de 5cm sobre la cual se realizará un tratado de protección al hormigón con el objetivo de ahorrar tanto en coste como en peso de las baldosas cerámicas habituales.

La entreplanta se sustentara sobre vigas unidas a los pilares de los pórticos y a unos intermedios dispuestos para esa única función.

7.1. CÁLCULO DE LA PLACA ALVEOLAR

Se hará uso de los datos facilitados por la empresa fabricante de las placas. Las cargas que aparecen son:

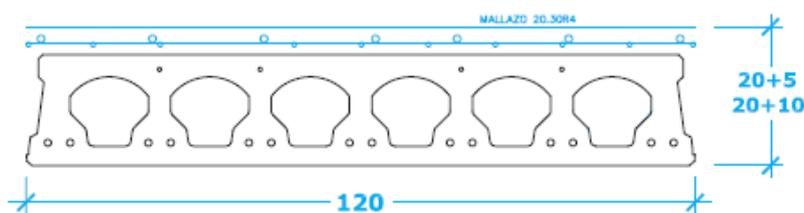
Peso Propio de la placa alveolar con la capa de compresión:
 $PP1=4,16\text{KN/m}^2$.

Sobrecarga de uso según el DB SE-AE en la tabla 3.1, correspondiente a la categoría B, $qs=2\text{KN/m}^2$.

Sobrecarga de tabiquería $PP2=1\text{KN/m}^2$.

Por lo tanto en total se obtiene un peso propio de $PP=5,16\text{KN/m}^2$ y una sobrecarga de uso de $SU=2\text{KN/m}^2$. Combinándolas y mayorándolas se obtiene:

$1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot SU = 9,966\text{KN/m}^2$, comprobando dicho valor en los datos proporcionados por el fabricante (figura 30) para una luz de 5,25m se selecciona una Placa Alveolar 20*120 (Tipo 1) 20+5.



PLACA ALVEOLAR 20+5							
SOBRECARGA (kn/m2)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
2,00	8,75	9,60	10,65	10,30	11,90	12,75	13,20
4,00	7,65	8,40	9,30	9,90	10,45	11,15	11,55
5,00	7,25	7,90	8,80	9,35	9,85	10,55	10,95
6,00	6,90	7,55	8,40	8,90	9,40	10,05	10,40
8,00	6,35	6,90	7,70	8,15	8,60	9,20	9,55
10,00	5,85	6,405	7,15	7,55	8,00	8,55	8,85
15,00	5,05	5,55	5,85	6,20	6,55	6,95	7,25
20,00	4,30	4,70	5,20	5,50	5,80	6,20	6,45
25,00	3,95	4,30	4,45	5,30	5,60	6,00	6,20
30,00	3,80	4,15	4,60	4,90	5,15	5,55	5,75

Figura 30

7.2. CÁLCULO DE LOS PERFILES DE LA ENTREPLANTA

Las vigas serán del perfil IPE 300 y se dispondrán a lo largo del ancho de la nave sustentadas como se ha mencionado anteriormente mediante los propios pilares de los pórticos y los pilarillos intermedios, perfil HEB 180 B, dispuestos para dicha función.

7.2.1. VIGAS

La longitud de las vigas coincide con la distancia entre pilarillos, es decir, los 21m de luz de la nave divididos en cuatro vanos, dando 5,25m. Cada viga soportará los esfuerzos debidos a los pesos propios tanto de la placa alveolar como el suyo y la tabiquería, además de la sobrecarga de uso correspondiente a una zona administrativa. La viga sobre la cual se sustenta la escalera además de las cargas mencionadas tendrá la de la propia escalera.

Perfil: IPE 300 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)
N72	N73	5.250	53.80	8356.00	604.00	20.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		0.000	5.250	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _i : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.49 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 53.80 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 6283.46 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} :** 6283.46 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 : <u>8356.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>604.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>20.10</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>126000.00</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>5.250</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
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>12.91</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>12.46</u> cm
	i_z : <u>3.35</u> cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$39.24 \leq 254.33 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>278.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.10</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>19.78</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>16.05</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.085} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{119.99} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{56.71} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

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

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{vd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{1308.71} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{vd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi_v} : \underline{0.93}$$

Siendo:

$$\mathbf{\phi_v} : \underline{0.65}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha_v} : \underline{0.21}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\bar{\lambda}_v} : \underline{0.49}$$

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

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{6283.46} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{6283.46} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.740} \checkmark$$

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 5.160 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{121.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,v} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.058} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.090 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.090 m del nudo N72, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : 1.67$ kN·m
El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 32.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : 125.00 \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_v : 275.00 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.376 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.160 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$$V_{Ed} : 145.84 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : 388.15 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 25.67 \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 300.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 7.10 \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_v : 275.00 \text{ MPa}$$

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:

$$35.01 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{35.01}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.52} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{514.41} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{278.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_v : 275.00$ MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

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

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

$$123.94 \text{ kN} \leq 194.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q3$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 123.94$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 388.15$ kN

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

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

$$0.52 \text{ kN} \leq 257.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.52$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 514.41$ kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.768 \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.719} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.160 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed} : \underline{37.93} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{121.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)	
$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$M_{ef,Ed} : \underline{-118.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed} : \underline{188.12} \text{ MPa}$
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$
A : Área de la sección bruta.	A : <u>53.80</u> cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$123.94 \text{ kN} \leq 194.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{123.94} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{388.15} \text{ kN}$

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

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

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

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

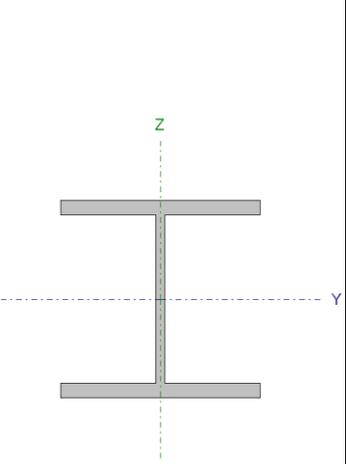
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Por lo tanto el perfil IPE 300 es válido para las vigas de la entreplanta.

7.2.2. PILARILLOS INTERMEDIOS

Encargados de sustentar la entreplanta, su longitud es de 4,5m.

Perfil: HE 180 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N111	N118	4.500	65.30	3831.00	1363.00	42.16	
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	0.50	0.50	0.00	0.00		
	L _K	2.250	2.250	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.57} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\text{A} : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

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

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{5580.20} \text{ kN}$$

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

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

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{15684.34} \text{ kN}$$

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

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{5580.20} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{3831.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{93750.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\text{L}_{ky} : \underline{2.250} \text{ m}$$

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

$$\text{L}_{kz} : \underline{2.250} \text{ m}$$

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

$$\text{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$\text{i}_0 : \underline{8.92} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección

$$\text{i}_y : \underline{7.66} \text{ cm}$$

bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

Y_0, Z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$i_z : \underline{4.57} \text{ cm}$$

$$Y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$Z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$17.88 \leq 164.04 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{12.92} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{25.20} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.083} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.103} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N111, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{141.27} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1376.06} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.95}$$

$$\chi_z : \underline{0.80}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{0.58}$$

$$\phi_z : \underline{0.75}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_v : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.57}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5580.20} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,v} : \underline{15684.34} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5580.20} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.349} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.365 m del nudo N111, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{43.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} : \underline{126.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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)

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.306} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.365 m del nudo N111, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{16.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.365 m del nudo N111, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{18.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{60.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{17.23} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{20.29} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 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:

$$14.35 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 14.35

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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} : 235.00 MPa

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 8.36 kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 52.38 cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A**: 65.30 cm²
d: Altura del alma. **d**: 152.00 mm
t_w: Espesor del alma. **t_w**: 8.50 mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}**: 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y**: 275.00 MPa
γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}**: 1.05

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

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

$$17.23 \text{ kN} \leq 153.40 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}**: 17.23 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}**: 306.81 kN

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

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

$$8.36 \text{ kN} \leq 396.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}**: 8.36 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}**: 792.04 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.608} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.526} \quad \checkmark$$

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.365 m del nudo N111, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$\underline{N_{c,Ed} : 82.40 \text{ kN}}$$

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

$$\underline{M_{y,Ed}^+ : 41.78 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{z,Ed}^+ : 13.82 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

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

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

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

$$\underline{N_{pl,Rd} : 1710.24 \text{ kN}}$$

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.

$$\underline{M_{pl,Rd,y} : 126.08 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{pl,Rd,z} : 60.50 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

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

$$\underline{A : 65.30 \text{ cm}^2}$$

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

$$\underline{W_{pl,y} : 481.40 \text{ cm}^3}$$

$$\underline{W_{pl,z} : 231.00 \text{ cm}^3}$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$\underline{f_v : 275.00 \text{ MPa}}$$

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

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

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacción.

$$\underline{k_y : 1.01}$$

$$\underline{k_z : 1.03}$$

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

$$\underline{C_{m,y} : 1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

$$\chi_z : \underline{0.80}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.57}$$

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$17.23 \text{ kN} \leq 153.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{17.23} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{306.57} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q3$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{4.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{14.06} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{306.57} \text{ kN}$$

Donde:

$$V_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{pl,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \tau_{T,Ed} : \underline{0.29} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$W_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

$$f_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.65} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.01}$ kN·m
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{791.44} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.29} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

Por lo tanto el perfil HEB 180 B cumple.

8. CÁLCULO DE LA ESCALERA

Se ha dispuesto de una escalera constituida con perfiles de acero laminado S 275 JR pudiéndose clasificar como una escalera con meseta intermedia a 90° tal y como se puede observar en la figura X.

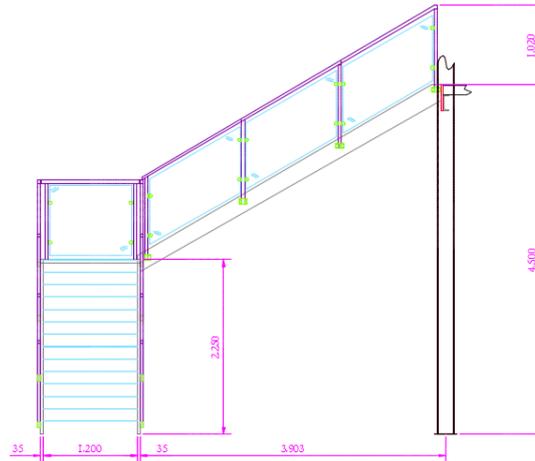


Figura 31

La escalera será usada para el acceso a la entreplanta, cuyo fin será el de albergar oficinas, así como para la evacuación de la misma. De acuerdo al apartado 4.2 del Documento Básico Seguridad de Utilización y Accesibilidad se realizará una escalera de tramos rectos con una huella de 28cm y una contrahuella de 16cm cumpliendo la relación impuesta de $54\text{cm} \leq 2C+H = 2 \cdot 16 + 28 = 60\text{cm} \leq 70\text{cm}$. Se compone de dos tramos de escaleras salvando cada uno una altura de 2,25m y conectados mediante una meseta de 1,2m de largo. El ancho de la escalera será de 1,2m cumpliendo lo indicado en la tabla 4.1 del mencionado DB SUA.

Los perfiles serán de tres tipos: Platabanda FL 200x35 para las vigas, HEB 180 y redondo macizo para los pilares y angulares simétricos en L 40x40x4 para los escalones. Sobre los perfiles de los escalones se dispondrán placas de vidrio laminado de 28cm de largo y chapas metálicas para tapar el hueco entre escalones. Las cargas actuantes sobre la escalera serán, por

tanto, los propios pesos de los perfiles así como de las barandillas y las placas de vidrio, como se pueden ver en la tabla 5.

Tabla 5

Tipo	Carga
Viga: FL 200x35	46,708kg/m
Pilar: HEB 180 B	51,2kg/m
Redondo macizo	8,903kg/m
Barandilla	1,02kg/m
Viga escalón: L 40x40x4	2 x 2,42kg/m
Vidrio escalón	9,55kg
Vidrio meseta	36kg

La sobrecarga de uso utilizada es la correspondiente a la de zonas administrativas (2kN/m^2) pero al tratarse de una zona de acceso y evacuación, según el Documento Básico SE-AE en el apartado 3.1.1.3 se le debe incrementar hasta los 3kN/m^2 , además se tenido en cuenta la tabla 3.3 del apartado 3.3. Acciones sobre barandillas y elementos divisorios. La escalera no ejercerá ninguna carga extra a la estructura de la nave ya que sus esfuerzos los absorberán sus propios pilares. Después de haber mayorado los valores necesarios se ha usado para la resolución de los cálculos el módulo Nuevo Metal 3D del programa Cypecad.

8.1. CÁLCULO DE LAS VIGAS

Perfil: FL 200 x 35 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)	
N129	N118	4.502	70.00	2333.33	71.46	254.19	
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	4.502	0.000	0.000		
C_m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1		-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.88 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 70.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 2385.55 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}** : 2385.55 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 2333.33 \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 71.46 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 254.19 \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 9527.78 \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : 81000 \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : 4.502 \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 0.000 \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 5.86 \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 5.77 \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z : 1.01 \text{ cm}$
	$y_0 : 0.00 \text{ mm}$
	$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.006 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$N_{t,Ed} : 10.16 \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : 1766.67 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	$A : 70.00 \text{ cm}^2$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N129, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{12.69} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1766.67} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

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

$$A : \underline{70.00} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1079.51} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{70.00} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.61}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{1.06}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_v : \underline{0.88}$$

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

$$N_{cr} : \underline{2385.55} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{2385.55} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.050} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.407 m del nudo N129, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.407 m del nudo N129, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{58.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

Clase : 3

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

$W_{el,y}$: 233.33 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 252.38 MPa

Siendo:

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

f_y : 265.00 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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.047 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

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

M_{Ed}^+ : 0.73 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

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

M_{Ed}^- : 0.70 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 15.46 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 : 2

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

$W_{pl,z}$: 61.25 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 252.38 MPa

Siendo:

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

f_y : 265.00 MPa

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.94} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1019.99} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{70.00} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

t : Espesor de la chapa.

$$t : \underline{35.00} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.31} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1019.99} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{70.00} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

t : Espesor de la chapa.

$$t : \underline{35.00} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$1.67 \text{ kN} \leq 509.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.67} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1019.99} \text{ kN}$$

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

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

$$0.31 \text{ kN} \leq 509.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.31} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1019.99} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.097} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N129, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{8.91} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{2.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1766.67} \text{ kN}$$

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

$$M_{el,Rd,y} : \underline{58.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{10.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{1.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{8.18} \text{ MPa}$$

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

$$W_{y,com} : \underline{233.33} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{70.00} \text{ cm}^2$$

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

$$M_{b,Rd,y} : \underline{58.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$$1.67 \text{ kN} \leq 508.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_{\text{Ed,z}}: & \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} & \mathbf{V}_{\text{Ed,z}}: & \underline{1.67} \text{ kN} \\ \mathbf{V}_{\text{c,Rd,z}}: & \text{Esfuerzo cortante resistente de c\acute{a}lculo.} & \mathbf{V}_{\text{c,Rd,z}}: & \underline{1016.52} \text{ kN} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo p\acute{e}simo se produce para la combinaci3n de acciones $1.35 \cdot \text{PP} + 1.5 \cdot \text{V}(180^\circ)\text{H4} + 0.75 \cdot \text{N}(\text{R})1$.

$$\mathbf{M}_{\text{T,Ed}}: \text{Momento torsor solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{M}_{\text{T,Ed}} : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de c\acute{a}lculo $\mathbf{M}_{\text{T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M}_{\text{T,Rd}} : \underline{10.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_{\text{T}}: & \text{M3dulo de resistencia a torsi3n.} & \mathbf{W}_{\text{T}}: & \underline{72.63} \text{ cm}^3 \\ \mathbf{f}_{\text{yd}}: & \text{Resistencia de c\acute{a}lculo del acero.} & \mathbf{f}_{\text{yd}}: & \underline{252.38} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_{\text{y}}: & \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & \mathbf{f}_{\text{y}}: & \underline{265.00} \text{ MPa} \\ \gamma_{\text{M0}}: & \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{\text{M0}}: & \underline{1.05} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de c\acute{a}lculo p\acute{e}simos se producen en el nudo N118, para la combinaci3n de acciones $1.35 \cdot \text{PP} + 1.5 \cdot \text{Q3}$.

$$\mathbf{V}_{\text{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{V}_{\text{Ed}} : \underline{1.47} \text{ kN}$$

$$\mathbf{M}_{\text{T,Ed}}: \text{Momento torsor solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad \mathbf{M}_{\text{T,Ed}} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de c\acute{a}lculo reducido $\mathbf{V}_{\text{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1016.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1019.99} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.49} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{72.63} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N118, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.47} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1016.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1019.99} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.49} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{72.63} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

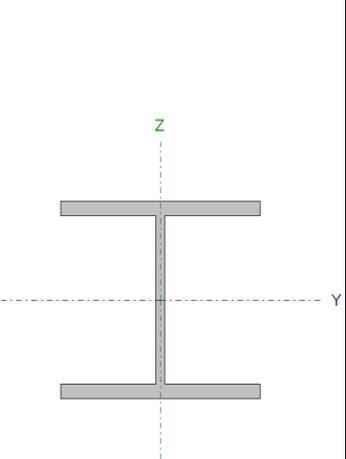
γ_{M0} : 1.05

Por lo tanto se comprueba que el perfil FL 200x35 es válido para las vigas de la escalera.

8.2. CÁLCULO DE LOS PILARES

El pilar que sustenta la escalera está compuesto de un perfil HEB 180 B y cuatro redondos macizos unidos cada uno a al propio perfil HEB y a los extremos de la meseta. A continuación se muestran las comprobaciones de los mencionados perfiles:

8.2.1. HEB

Perfil: HE 180 B Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
Inicial	Final						
N120	N121	1.500	65.30	3831.00	1363.00	42.16	
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	1.050	1.050	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.26 ✓

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>65.30</u> cm ²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : <u>25623.37</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>72019.91</u> kN
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : <u>25623.37</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>3831.00</u> cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>1363.00</u> cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>42.16</u> cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>93750.00</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>1.050</u> m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>1.050</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>8.92</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>7.66</u> cm
	i_z : <u>4.57</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

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

Se debe satisfacer:

$$17.88 \leq 164.04 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>152.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>12.92</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>25.20</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.473 m del nudo N120, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$: <u>0.27</u> kN
--	-----------------------------

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>65.30</u> cm ²
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : <u>275.00</u> MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N120, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{16.96} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1653.96} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{1.00}$$

Siendo:

$\chi_z : \underline{0.97}$

$\phi_v : \underline{0.51}$

$\phi_z : \underline{0.55}$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_v : \underline{0.34}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

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

$\bar{\lambda}_v : \underline{0.16}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.26}$

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

$N_{cr} : \underline{25623.37} \text{ kN}$

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

$N_{cr,y} : \underline{72019.91} \text{ kN}$

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

$N_{cr,z} : \underline{25623.37} \text{ kN}$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.028} \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N120, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

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

$M_{Ed}^+ : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N120, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$M_{Ed}^- : \underline{0.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$M_{c,Rd} : \underline{126.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$

 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.204} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N120, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{9.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N120, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{12.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{60.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{2.58}$ kN

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

$V_{c,Rd} : \underline{306.81}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{20.29}$ cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{180.00}$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{8.50}$ mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{261.90}$ MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_v : \underline{275.00}$ 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:

14.35 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{14.35}$

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.00}$ MPa

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_v : \underline{275.00}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.012}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{9.24} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{52.38} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

$$f_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$2.58 \text{ kN} \leq 153.40 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{2.58} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN}$$

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

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

$$9.24 \text{ kN} \leq 396.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{9.24} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.215} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.133} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.215} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N120, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{16.96} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: \text{Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{y,Ed} : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{12.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.} \quad \text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd}: \text{Resistencia a compresión de la sección bruta.} \quad N_{pl,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: \text{Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{pl,Rd,y} : \underline{126.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{60.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y}, W_{pl,z}: \text{Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

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

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 k_v, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_v : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

 $C_{m,y}, C_{m,z}$: 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.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.97}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.16}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.26}$$

 α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$9.24 \text{ kN} \leq 395.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$V_{Ed,y}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed,y} : \underline{9.24} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,y}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd,y} : \underline{791.47} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$.

$$\mathbf{M}_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M}_{T,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{M}_{T,Rd} : \underline{4.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & \quad \mathbf{W}_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3 \\ \mathbf{f}_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & \quad \mathbf{f}_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & \quad \mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{\gamma}_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \quad \mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q3$.

$$\mathbf{V}_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{Ed} : \underline{1.09} \text{ kN}$$

$$\mathbf{M}_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V}_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{306.58} \text{ kN}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_{pl,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & \quad \mathbf{V}_{pl,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN} \\ \mathbf{\tau}_{T,Ed}: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \quad \mathbf{\tau}_{T,Ed} : \underline{0.27} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_T: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & \quad \mathbf{W}_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3 \\ \mathbf{f}_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & \quad \mathbf{f}_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & \quad \mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{\gamma}_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \quad \mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.88} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{791.47} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.27} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

Por lo tanto el perfil HEB 180 B es válido.

8.2.2. REDONDO MACIZO

Perfil: R 38 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)
N190	N132	1.166	11.34	10.24	10.24	20.47
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	1.166	1.166	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

$\bar{\lambda} : 1.39$ ✓

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 11.34 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 155.99 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} : 155.99 kN

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

N_{cr,z} : 155.99 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 10.24 \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 10.24 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 20.47 \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 0.00 \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : 81000 \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : 1.166 \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 1.166 \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 1.34 \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 0.95 \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z : 0.95 \text{ cm}$
	$y_0 : 0.00 \text{ mm}$
	$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.004 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$N_{t,Ed} : 1.04 \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : 286.23 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	$A : 11.34 \text{ cm}^2$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.093} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.262} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{26.52} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{286.23} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{11.34} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{101.23} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{11.34} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

$$f_v: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.35}$$

$$\chi_z : \underline{0.35}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{1.75}$$

$$\phi_z : \underline{1.75}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v : \underline{0.49}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_v : \underline{1.39}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.39}$$

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

$$N_{cr} : \underline{155.99} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{155.99} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{155.99} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.509} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{2.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$W_{pl,y}$: 9.15 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 252.38 MPa

Siendo:

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

f_v : 265.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

η : 0.093 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

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

M_{Ed}^+ : 0.04 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N132, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

M_{Ed}^- : 0.21 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 2.31 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.

$W_{pl,z}$: 9.15 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 252.38 MPa

Siendo:

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

f_v : 265.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{2.03} \text{ kN}$$

Resistencia a cortante de la sección:

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{165.25} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A_v}: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v} : \underline{11.34} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$\mathbf{A}: \text{Área de la sección bruta.} \quad \mathbf{A} : \underline{11.34} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{f_{vd}}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{vd}} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\mathbf{f_v}: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad \mathbf{f_v} : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{\gamma_{M0}}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.33} \text{ kN}$$

Resistencia a cortante de la sección:

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{165.25} \text{ kN}$$

Donde:

$$\mathbf{A_v}: \text{Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v} : \underline{11.34} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.**A:** 11.34 cm²**f_{vd}:** Resistencia de cálculo del acero.**f_{vd}:** 252.38 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y:** 265.00 MPa**γ_{Mo}:** Coeficiente parcial de seguridad del material.**γ_{Mo}:** 1.05**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$2.03 \text{ kN} \leq 82.63 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}:** 2.03 kN**V_{c,Rd}:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V_{c,Rd}:** 165.25 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$0.33 \text{ kN} \leq 82.63 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}:** 0.33 kN**V_{c,Rd}:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V_{c,Rd}:** 165.25 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.658} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.924} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.708} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{26.52} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^- : \underline{1.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$
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.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{286.23} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{2.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{2.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>11.34</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.	$W_{pl,y} : \underline{9.15} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{9.15} \text{ cm}^3$
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{vd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

 k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.21}$$

$$k_z : \underline{1.37}$$

 $C_{m,y}, C_{m,z}$: 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.

$$\chi_y : \underline{0.35}$$

$$\chi_z : \underline{0.35}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.39}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.39}$$

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$$2.03 \text{ kN} \leq 79.83 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{2.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{159.67} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{10.77} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.013} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$V_{Ed} : \underline{2.03} \text{ kN}$

 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{159.67} \text{ kN}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{165.25} \text{ kN}$

 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : \underline{4.93} \text{ MPa}$

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{10.77} \text{ cm}^3$

 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.013} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.117 m del nudo N190, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

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

$V_{Ed} : \underline{2.03} \text{ kN}$

 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{159.67} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{165.25} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.93} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{10.77} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

Se comprueba que ambos perfiles son válidos para ser usados en el pilar de la escalera. Por lo tanto, el pilar dispondrá de un perfil HEB 180 B y cuatro redondos macizos R38.

8.3. CÁLCULO VIGA ESCALÓN

Se disponen de dos perfiles L para de ese modo por una parte poder sujetar el vidrio laminado el cual actuará de escalón y por la otra colocar una placa metálica para hacer la función de tabica cumpliendo de esta forma el apartado 4.2.1.2 del DB SUA.

Perfil: L 40 x 40 x 4 Material: Acero (S275)											
Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicia I	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N170	N155	1.200	3.08	4.47	4.47	2.63	0.16	8.80	-8.80	-45.0	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo				Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.					
β		0.00	1.00		0.00	0.00					
L _k		0.000	1.200		0.000	0.000					
C _m		1.000	1.000		1.000	1.000					
C ₁		-				1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$\bar{\lambda}$: 1.79 ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : 3.08 cm²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 26.48 kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 26.48 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. **N_{cr,FT}** : 102.19 kN

Donde:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N_{cr,y}** : 102.19 kN

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

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>7.10</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>1.84</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>0.16</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>0.20</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>1.200</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>1.200</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
β : Constante adimensional obtenida mediante la siguiente expresión:	β : <u>0.63</u>

Donde:

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : 2.14 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 : 1.52 cm
 i_z : 0.77 cm

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. y_0 : 13.01 mm
 z_0 : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 0.00 kN

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

$N_{t,Rd}$: 80.67 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : 3.08 cm²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : 261.90 MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : 275.00 MPa
γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}** : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.274} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q3.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁺** : 0.21 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻** : 0.15 kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}^+} : \underline{0.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{c,Rd}^-} : \underline{0.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **Clase⁻** : 2
W_{pl,v}⁺ : 2.91 cm³

W_{pl,y}⁻: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,v}⁻** : 2.91 cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : 261.90 MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : 275.00 MPa
γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.316} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N170, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N170, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{0.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{0.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase}^+ : \underline{2}$$

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

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

$$W_{pl,z}^+ : \underline{2.91} \text{ cm}^3$$

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

$$W_{pl,z}^- : \underline{2.91} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q3$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.04} \text{ kN}$

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

$V_{c,Rd} : \underline{24.19} \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{1.60} \text{ cm}^2$

Siendo:

$h_{vert.}$: Longitud del ala vertical. $h_{vert.} : \underline{40.00} \text{ mm}$

t : Espesor de la chapa. $t : \underline{4.00} \text{ mm}$

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

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.017} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.40} \text{ kN}$

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

$V_{c,Rd} : \underline{24.19} \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{1.60} \text{ cm}^2$

Siendo:

$h_{horz.}$: Longitud del ala horizontal. $h_{horz.} : \underline{40.00} \text{ mm}$

t : Espesor de la chapa. $t : \underline{4.00} \text{ mm}$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_v : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$0.73 \text{ kN} \leq 12.10 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q3.

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

V_{Ed} : 0.73 kN

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

$V_{c,Rd}$: 24.19 kN

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

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

$$0.40 \text{ kN} \leq 12.10 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

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

V_{Ed} : 0.40 kN

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

$V_{c,Rd}$: 24.19 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.544} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.417} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.453} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en el nudo N170, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p ^s imo.	N_{c,Ed} : <u>0.00</u> kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de c3lculo p ^s imos, seg ^u n los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>0.17</u> kN·m M_{z,Ed} : <u>0.24</u> kN·m
Clase : Clase de la secci3n, seg ^u n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.	Clase : <u>2</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.	N_{pl,Rd} : <u>80.67</u> 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} : <u>0.76</u> kN·m M_{pl,Rd,z} : <u>0.76</u> kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)	
A : 3rea de la secci3n bruta.	A : <u>3.08</u> cm ²
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} : <u>2.91</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>2.91</u> cm ³
f_{vd} : Resistencia de c3lculo del acero.	f_{vd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_v : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

k_y, k_z: Coeficientes de interacci3n.

$$\mathbf{k}_y : \underline{1.00}$$

$$\mathbf{k}_z : \underline{1.00}$$

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 reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.65}$$

$$\chi_z : \underline{0.25}$$

λ_y, λ_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relaci3n a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.91}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.79}$$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la secci3n.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot Q3$.

$$0.73 \text{ kN} \leq 12.10 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.73}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{24.19}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Por lo tanto los perfiles L 40x40x4 son válidos para sustentar los escalones de vidrio laminado de la escalera.

En la figura 32 se muestra una imagen de la escalera en tres dimensiones.

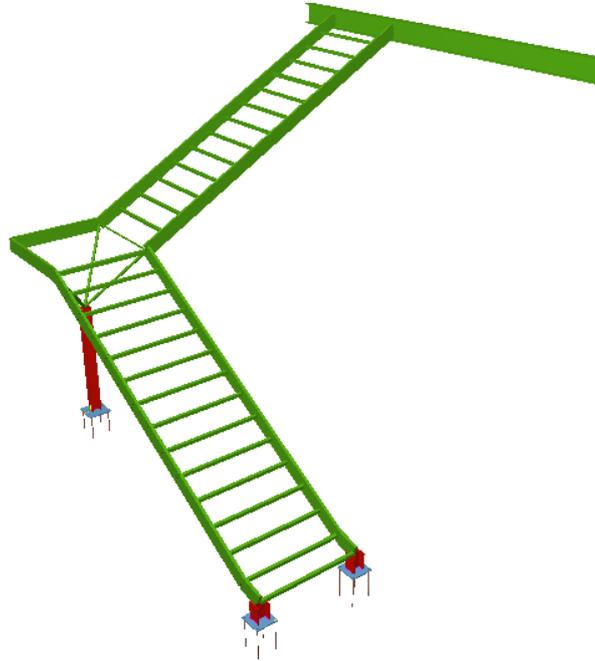


Figura 32

9. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Las dimensiones de la nave son de 45,9x21m. Se ha resuelto con pórticos a dos aguas compuestos por perfiles laminados. Consta de 10 pórticos que distan entre ellos 5,1m, en los pórticos hastiales se colocan 3 pilarillos. Las uniones son rígidas y en los pórticos centrales se disponen cartelas resueltas mediante soldadura.

Los pilares tienen una altura de 7,5m y hasta la cumbrera restan 2m más, por lo tanto, la longitud de las vigas de los faldones es de 10,68m con una inclinación de $10,78^\circ$.

Las cabezas de los pilares están unidas mediante vigas de atado disponiendo de un entramado lateral y en cubierta conformando la viga a contra viento, construida con tirantes redondos formando cruces de San Andrés. Así mismo se dispone de un pórtico de frenado también resuelto mediante tirantes en cruz de San Andrés.

En las figuras 33 y 34 se muestra la geometría de la nave con la entreplanta, la escalera y las ménsulas para la grúa puente.

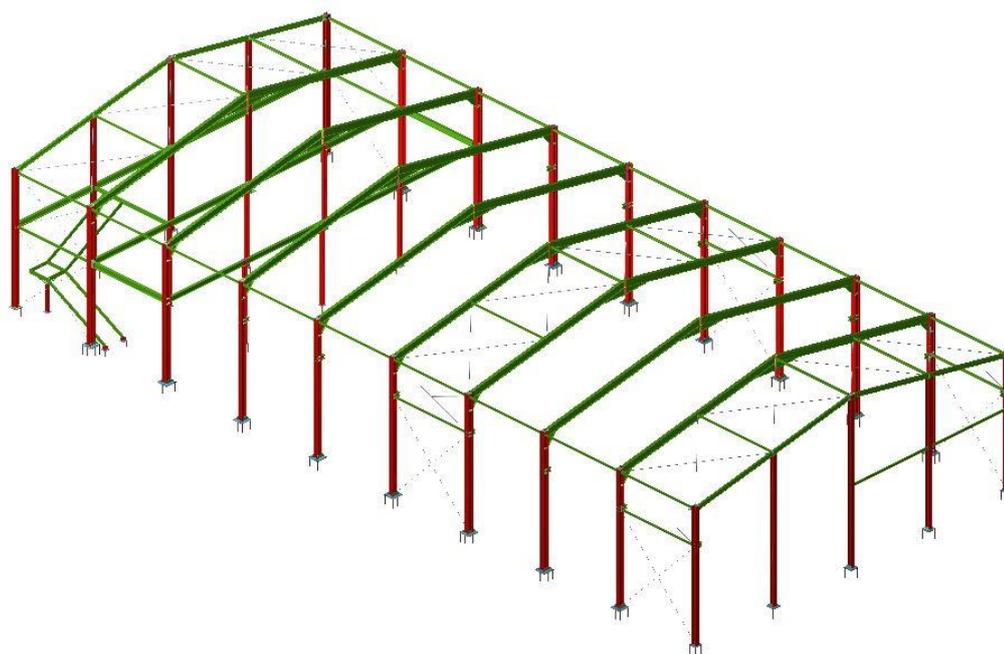


Figura 33

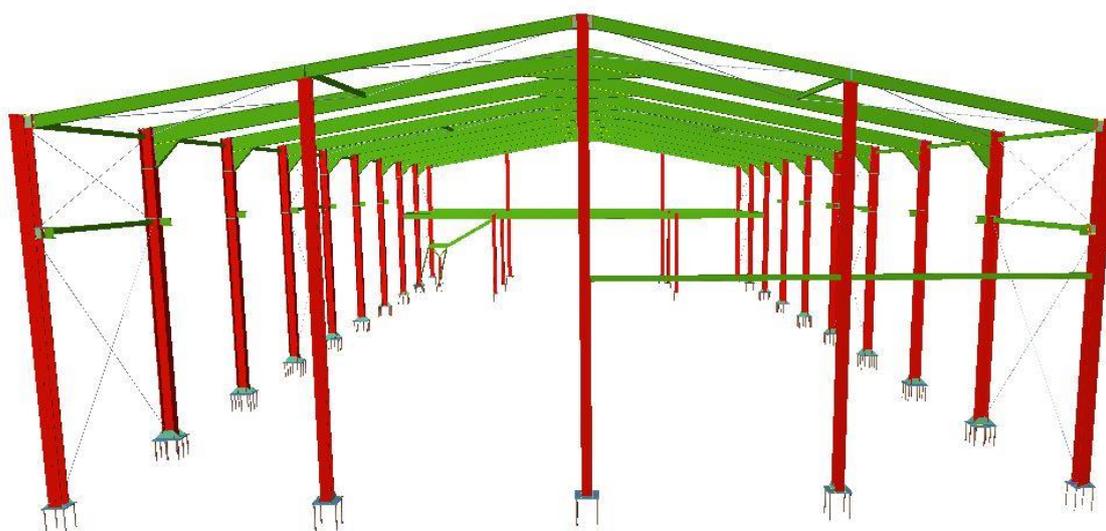


Figura 34

El cálculo se ha realizado con el programa informático Cype, Arquitectura, ingeniería y construcción mediante los módulos de Generador de pórticos y Cype3D.

Todos los perfiles que componen la estructura son de acero S 275 JR como se observa en la figura 35. Lo mostrado en el presente documento son las comprobaciones efectuadas y la definición del perfil utilizado para cada componente de la estructura.

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_v (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Notación: <i>E</i> : Módulo de elasticidad <i>ν</i> : Módulo de Poisson <i>G</i> : Módulo de cortadura <i>f_v</i> : Límite elástico <i>α_t</i> : Coeficiente de dilatación <i>γ</i> : Peso específico							

Figura 35

- Resultados:

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										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N46/N112	36.53	0.000	-43.310	22.909	-9.077	0.00	-14.20	46.65	GV	Cumple
N112/N47	40.10	0.100	-6.786	-21.791	-0.144	0.01	-0.25	-60.49	G	Cumple
N48/N102	35.88	0.000	-249.556	15.526	0.022	-0.01	0.23	41.74	G	Cumple
N102/N113	46.46	0.850	-229.846	36.158	0.022	-0.01	0.11	-58.86	G	Cumple
N113/N49	16.25	1.952	-16.831	11.218	0.192	-0.02	0.07	-23.74	GV	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N47/N57	25.42	0.133	-13.702	0.043	-13.892	0.00	-22.67	0.03	GV	Cumple
N57/N50	17.47	5.232	18.247	-0.201	-13.102	0.00	12.81	0.46	GV	Cumple
N49/N58	26.04	0.133	-13.817	0.160	-12.401	0.00	-23.21	-0.04	GV	Cumple
N58/N50	18.71	0.000	-9.581	-0.072	-15.555	0.00	-16.82	0.01	GV	Cumple
N54/N57	37.69	0.000	-26.314	0.764	-35.466	0.00	-65.60	6.50	GV	Cumple
N55/N104	47.89	0.000	-36.200	-3.748	-34.913	0.00	-71.32	-13.86	GV	Cumple
N104/N50	21.88	1.700	-36.483	0.665	1.611	0.00	36.05	-3.82	GV	Cumple
N56/N103	45.47	0.000	-28.560	-4.114	-35.461	0.00	-65.55	-14.45	GV	Cumple
N103/N58	19.00	0.582	-32.139	0.959	-1.814	0.00	31.36	3.28	GV	Cumple
N112/N125	56.77	0.130	21.300	0.000	-213.325	0.00	-57.54	0.00	G	Cumple
N126/N113	56.77	0.270	-21.300	0.000	213.325	0.00	-57.54	0.00	G	Cumple

FLECHAS

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	
N46/N47	3.344	9.32	2.675	0.99	3.009	11.90	2.675	1.87	
	3.344	L/763.0	2.675	L/(>1000)	3.344	L/766.1	2.675	L/(>1000)	
N48/N49	4.219	6.30	2.813	0.97	3.375	10.43	2.813	1.93	
	2.250	L/931.0	2.813	L/(>1000)	2.250	L/940.0	2.531	L/(>1000)	
N47/N50	2.606	3.46	2.085	4.57	2.606	5.26	2.085	5.73	
	2.606	L/(>1000)	2.085	L/(>1000)	2.606	L/(>1000)	2.085	L/(>1000)	
N49/N50	2.606	3.46	2.085	3.84	2.606	5.26	2.085	7.38	
	8.612	L/(>1000)	2.085	L/(>1000)	8.612	L/(>1000)	2.085	L/(>1000)	
N54/N57	3.351	8.89	4.607	7.74	3.351	12.54	5.026	11.47	
	3.351	L/942.6	4.607	L/(>1000)	3.351	L/944.2	4.607	L/(>1000)	
N55/N50	4.986	7.43	5.228	11.92	5.228	9.87	5.471	18.19	
	1.406	L/(>1000)	5.228	L/784.8	1.406	L/(>1000)	5.228	L/790.2	
N56/N58	4.888	6.77	4.888	7.75	5.082	8.48	4.888	11.42	
	1.688	L/999.7	4.888	L/(>1000)	1.406	L/(>1000)	4.888	L/(>1000)	
N112/N125	0.135	0.00	0.135	0.01	0.135	0.00	0.135	0.01	

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	-	L/(>1000)	0.135	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.135	L/(>1000)
N126/N113	0.269	0.00	0.135	0.01	0.269	0.00	0.135	0.01
	-	L/(>1000)	0.135	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.135	L/(>1000)

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _v V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _v M _z V _y V _z	M _t	M _v V _z	M _v V _y	
N46/N112	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.35 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 31.0$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 36.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.5$
N112/N47	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.952 m $\eta = 0.6$	x: 0.1 m $\eta = 0.9$	x: 0.656 m $\eta = 1.3$	x: 0.1 m $\eta = 39.8$	x: 1.952 m $\eta = 1.1$	$\eta = 1.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.1 m $\eta = 40.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.1$
N48/N102	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 4.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 27.8$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 35.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 35.9$
N102/N113	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 0.85 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 7.8$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 0.85 m $\eta = 38.7$	x: 0.85 m $\eta = 1.1$	$\eta = 2.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.85 m $\eta = 46.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 46.5$
N113/N49	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.952 m $\eta = 0.6$	x: 0.1 m $\eta = 0.9$	x: 0.656 m $\eta = 1.3$	x: 1.952 m $\eta = 15.6$	x: 1.952 m $\eta = 1.1$	x: 1.952 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.952 m $\eta = 16.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 16.3$
N47/N57	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.344 m $\eta = 1.7$	x: 0.133 m $\eta = 2.6$	x: 0.133 m $\eta = 23.6$	x: 5.344 m $\eta = 5.2$	x: 5.344 m $\eta = 5.3$	x: 0.133 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.133 m $\eta = 25.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 5.344 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 25.4$
N57/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.23 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 14.3$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.232 m $\eta = 17.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.5$
N49/N58	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.344 m $\eta = 1.4$	x: 0.133 m $\eta = 2.0$	x: 0.133 m $\eta = 24.2$	x: 5.344 m $\eta = 5.2$	x: 5.344 m $\eta = 6.4$	x: 0.133 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.133 m $\eta = 26.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 5.344 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.0$
N58/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.23 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 17.5$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 18.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 18.7$
N54/N57	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 8.377 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 31.6$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0 m $\eta = 8.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 37.7$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 37.7$
N55/N104	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 4.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 35.2$	x: 0 m $\eta = 24.6$	x: 0 m $\eta = 8.4$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 47.9$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 47.9$
N104/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 4.854 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 1.457 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 11.3$	x: 4.856 m $\eta = 4.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.7 m $\eta = 21.9$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 21.9$
N56/N103	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 4.5 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 31.6$	x: 0 m $\eta = 25.2$	x: 0 m $\eta = 8.5$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 45.5$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 45.5$
N103/N58	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 3.877 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 0.775 m $\eta = 14.7$	x: 0 m $\eta = 11.8$	x: 3.877 m $\eta = 4.4$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.582 m $\eta = 19.0$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 19.0$
N112/N125	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	x: 0.13 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	$\eta = 1.0$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁶⁾	x: 0.13 m $\eta = 34.2$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.13 m $\eta = 56.8$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.13 m $\eta = 34.4$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.13 m $\eta = 35.2$	x: 0.13 m $\eta = 35.4$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 56.8$
N126/N113	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.135 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	$\eta = 1.0$	x: 0.27 m $\eta = 34.2$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.27 m $\eta = 56.8$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.27 m $\eta = 34.4$	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.27 m $\eta = 35.2$	x: 0.27 m $\eta = 35.4$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 56.8$

Como se puede comprobar se cumplen las comprobaciones realizadas por lo tanto los perfiles seleccionados son válidos para el pórtico hastial delantero.

Análogamente a lo realizado hasta ahora se realiza para el pórtico hastial trasero, en el cual en vez de encontrarse las ménsulas se encuentran las vigas correspondientes a la entreplanta.

9.1.1.2. Pórtico hastial trasero

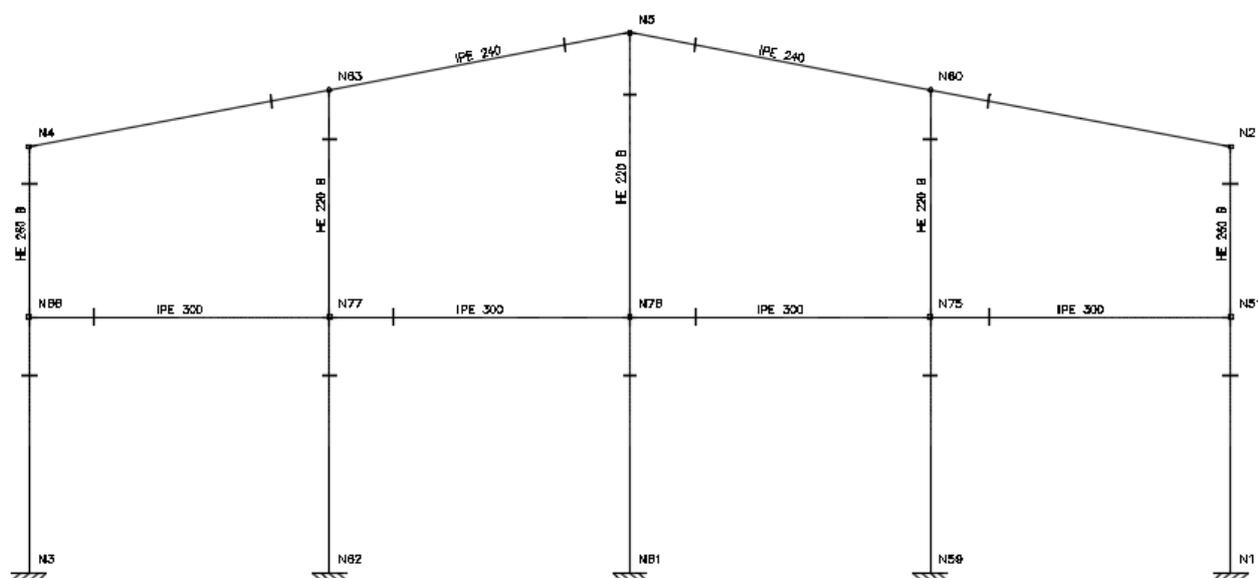


Figura 37

A continuación se comprueba que los perfiles elegidos son válidos:

- Resultados:

RESISTENCIA

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

V_y: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

V_z: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

M_t: Momento torsor (kN·m)

M_y: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

M_z: 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										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N51	17.74	0.000	-33.083	10.692	14.484	0.07	19.60	16.07	GV	Cumple
N51/N2	11.99	2.902	-17.476	-12.718	0.959	0.02	0.04	17.31	GV	Cumple
N3/N66	20.72	0.000	-60.872	12.511	-14.617	0.05	-34.10	12.39	GV	Cumple
N66/N4	14.75	0.150	-17.912	12.536	3.285	-0.02	-0.68	21.20	GV	Cumple
N2/N60	19.46	0.133	-15.455	-0.047	-13.524	0.00	-16.79	0.02	GV	Cumple
N60/N5	15.25	0.000	20.952	1.106	-8.205	0.00	-8.04	0.94	GV	Cumple
N4/N63	17.04	5.344	-8.434	0.204	17.052	0.00	-15.12	-0.09	GV	Cumple
N63/N5	17.49	0.000	-12.120	-0.006	-15.062	0.00	-15.12	-0.09	GV	Cumple
N59/N75	41.35	0.000	-79.218	-7.892	28.672	0.05	49.00	-15.89	GV	Cumple
N75/N60	21.01	0.150	-17.026	-3.328	7.143	0.00	-17.07	-12.81	GV	Cumple
N61/N76	48.33	0.000	-150.849	-4.318	34.883	0.00	69.01	-10.46	GV	Cumple
N76/N5	21.45	0.385	-38.024	-2.498	6.034	0.00	-32.93	-4.79	GV	Cumple
N62/N77	47.45	0.000	-149.031	-6.115	34.872	-0.02	61.40	-13.26	GV	Cumple
N77/N63	22.84	0.151	-30.330	-2.070	5.612	0.00	-29.99	-7.97	GV	Cumple
N51/N75	17.95	5.250	-5.550	0.338	7.551	0.00	-20.16	-1.74	GV	Cumple
N75/N76	36.66	5.140	0.758	-0.216	73.125	0.00	-58.81	0.28	G	Cumple
N76/N77	37.83	0.110	1.146	0.066	-69.308	0.00	-60.65	0.29	G	Cumple
N77/N66	39.55	0.110	0.432	-0.010	-75.624	0.00	-64.75	-0.05	G	Cumple

FLECHAS

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N1/N2	2.447	1.54	2.175	0.82	2.175	1.43	2.447	1.59
	2.447	L/(>1000)	2.175	L/(>1000)	2.175	L/(>1000)	2.175	L/(>1000)
N3/N4	2.991	2.21	2.447	0.86	2.447	1.63	2.447	1.67
	2.991	L/(>1000)	2.447	L/(>1000)	2.447	L/(>1000)	2.447	L/(>1000)
N2/N5	2.345	3.14	2.345	2.18	2.345	5.34	2.345	3.31
	2.345	L/(>1000)	2.345	L/(>1000)	2.345	L/(>1000)	2.345	L/(>1000)
N4/N5	2.606	3.24	2.345	2.94	2.606	5.58	2.345	3.34
	2.606	L/(>1000)	2.345	L/(>1000)	2.345	L/(>1000)	2.345	L/(>1000)
N59/N60	5.949	2.26	4.707	5.74	3.534	1.60	4.914	9.13
	5.949	L/(>1000)	4.707	L/(>1000)	5.949	L/(>1000)	4.707	L/(>1000)
N61/N5	3.806	1.30	5.441	10.07	3.806	1.91	5.441	18.27
	1.087	L/(>1000)	5.441	L/914.6	1.087	L/(>1000)	5.441	L/976.9
N62/N63	5.949	1.47	4.914	6.58	3.806	1.67	4.914	11.52
	5.949	L/(>1000)	4.914	L/(>1000)	5.949	L/(>1000)	4.914	L/(>1000)
N51/N75	2.880	2.18	2.240	1.57	2.880	3.70	1.600	1.30
	2.880	L/(>1000)	2.240	L/(>1000)	2.880	L/(>1000)	1.600	L/(>1000)
N75/N76	2.249	1.92	2.570	3.47	2.249	2.67	2.891	1.14
	2.249	L/(>1000)	2.570	L/(>1000)	2.249	L/(>1000)	2.891	L/(>1000)
N76/N77	2.201	1.36	2.515	1.91	2.201	2.34	2.201	0.74
	2.201	L/(>1000)	2.515	L/(>1000)	2.201	L/(>1000)	2.201	L/(>1000)
N77/N66	2.192	0.50	2.818	3.72	2.192	0.67	3.131	1.91
	2.192	L/(>1000)	2.818	L/(>1000)	2.192	L/(>1000)	3.131	L/(>1000)

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w,r}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_2V_z	M_2V_y	NM_1M_z	$NM_1M_2V_yV_z$	M_t		M_1V_z	M_1V_y
N1/N51	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 4.35 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 13.6$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 17.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 17.7$
N51/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 2.902 m $\eta = 0.3$	x: 0.15 m $\eta = 1.1$	x: 1.329 m $\eta = 1.9$	x: 2.902 m $\eta = 11.4$	x: 2.902 m $\eta = 1.3$	x: 2.902 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.902 m $\eta = 12.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 12.0$
N3/N66	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 10.6$	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 20.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 20.7$
N66/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 2.902 m $\eta = 0.3$	x: 0.15 m $\eta = 1.0$	x: 1.329 m $\eta = 1.8$	x: 0.15 m $\eta = 13.9$	x: 2.902 m $\eta = 1.3$	x: 0.15 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.15 m $\eta = 14.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 14.8$
N2/N60	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 5.344 m $\eta = 0.7$	x: 0.133 m $\eta = 2.8$	x: 0.133 m $\eta = 17.5$	x: 5.344 m $\eta = 5.2$	x: 5.344 m $\eta = 4.9$	x: 0.133 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.133 m $\eta = 19.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5.344 m $\eta = 1.2$	x: 0.133 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 19.5$
N60/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 5.23 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 15.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5.232 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 15.3$
N4/N63	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 5.344 m $\eta = 0.6$	x: 0.133 m $\eta = 3.3$	x: 5.344 m $\eta = 15.7$	x: 1.957 m $\eta = 5.1$	x: 5.344 m $\eta = 5.9$	x: 0.133 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.344 m $\eta = 17.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5.344 m $\eta = 1.5$	x: 0.133 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 17.0$
N63/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 5.23 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 15.7$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 17.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 17.5$
N59/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 29.4$	x: 0 m $\eta = 17.9$	x: 0 m $\eta = 8.1$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 41.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 41.3$
N75/N60	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 3.877 m $\eta = 0.6$	x: 0.15 m $\eta = 1.8$	x: 1.392 m $\eta = 10.7$	x: 0.15 m $\eta = 12.4$	x: 3.877 m $\eta = 3.7$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.15 m $\eta = 21.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE $\eta = 21.0$
N61/N76	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 39.2$	x: 0 m $\eta = 10.4$	x: 0 m $\eta = 9.4$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 48.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 48.3$
N76/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 4.854 m $\eta = 0.9$	x: 0.15 m $\eta = 1.9$	x: 1.562 m $\eta = 17.1$	x: 4.856 m $\eta = 6.2$	x: 4.856 m $\eta = 4.5$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.385 m $\eta = 21.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 21.4$
N62/N77	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 33.3$	x: 4.35 m $\eta = 12.9$	x: 0 m $\eta = 8.6$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 47.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 47.5$
N77/N63	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	x: 3.877 m $\eta = 0.6$	x: 0.15 m $\eta = 2.0$	x: 0.771 m $\eta = 14.6$	x: 0.15 m $\eta = 7.9$	x: 3.877 m $\eta = 4.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.151 m $\eta = 22.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE $\eta = 22.8$
N51/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w,r} \leq \lambda_{w,r,max}$ Cumple	$\eta = 1.3$	$\eta = 4.2$	x: 0.13 m $\eta = 12.3$	x: 5.25 m $\eta = 6.6$	x: 5.25 m $\eta = 1.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.25 m $\eta = 18.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 5.25 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 18.0$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{w1}	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_y V_z$		$M_z V_y$
N75/N76	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$\eta = 1.0$	$\eta = 3.9$	x: 5.14 m $\eta = 35.8$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 5.14 m $\eta = 18.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.14 m $\eta = 36.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 5.14 m $\eta = 13.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.7$
N76/N77	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$\eta = 1.0$	$\eta = 4.5$	x: 0.11 m $\eta = 36.9$	x: 0.11 m $\eta = 3.7$	x: 0.11 m $\eta = 17.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.11 m $\eta = 37.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0.11 m $\eta = 12.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 37.8$
N77/N66	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,max}$ Cumple	$\eta = 1.0$	$\eta = 5.4$	x: 0.11 m $\eta = 39.4$	x: 0.11 m $\eta = 1.7$	x: 0.11 m $\eta = 19.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.11 m $\eta = 39.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0.11 m $\eta = 13.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 39.5$

Las comprobaciones se cumplen por lo tanto los perfiles elegidos son válidos para el pórtico hastial trasero, quedando de este modo definidos los perfiles para ambos pórticos hastiales.

9.1.2. PÓRTICOS INTERMEDIOS

Se han adoptado los mismos perfiles para cada uno de los pórticos intermedios de la estructura para simplificar la ejecución de la nave. Se han agrupado todos conforme a los valores tomados del más solicitado, quedando aseguradas las exigencias de la norma. Los valores de las solicitaciones que se mostraran corresponderán al pórtico intermedio más desfavorable, siendo este el segundo respecto a la parte frontal de la nave.

Capa pórtico intermedio dispone de pilares HEB 300B y vigas IPE 400 simple con cartelas como se muestran en la imagen de la figura 38 que hace referencia al pórtico tipo.

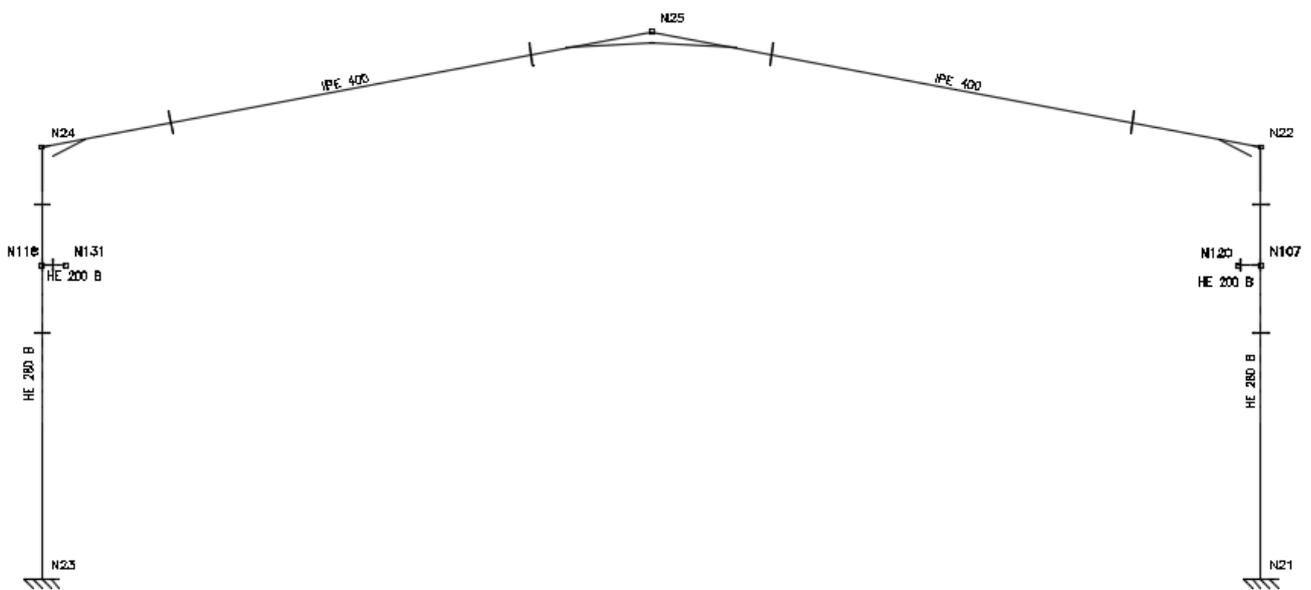


Figura 38

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

Características mecánicas									
Material	Ref.	Descripción	A	Avy	Avz	Iyy	Izz	It	
Tipo	Designación		(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	
Acero laminado	S275	1	HE 280 B, (HEB)	131.40	75.60	23.06	19270.00	6595.00	143.70
		2	IPE 400, Simple con cartelas, (IPE) Cartela inicial inferior: 0.60 m. Cartela final inferior: 1.50 m.	84.50	36.45	28.87	23130.00	1318.00	51.10
		3	HE 200 B, (HEB)	78.10	45.00	13.77	5696.00	2003.00	59.28
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

- Resultados:

RESISTENCIA:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N21/N107	58.11	0.000	-130.665	-0.039	-57.446	0.00	-205.54	-0.29	GV	Cumple
N107/N22	66.92	1.281	-108.589	-0.025	-72.155	0.00	246.36	-0.02	GV	Cumple
N23/N118	54.48	0.000	-115.716	-0.002	56.241	0.00	194.15	-0.01	GV	Cumple
N118/N24	62.16	1.281	-99.620	0.014	65.025	0.00	-228.98	0.01	GV	Cumple
N22/N25	79.07	0.744	-95.379	0.000	-78.726	0.00	-243.01	0.00	GV	Cumple
N24/N25	70.95	0.742	-95.076	0.000	-56.947	0.00	-216.25	0.00	GV	Cumple
N107/N120	56.77	0.140	21.300	0.000	-213.325	0.00	-55.41	0.00	G	Cumple
N131/N118	56.77	0.260	-21.300	0.000	213.325	0.00	-55.41	0.00	G	Cumple

FLECHA:

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N21/N22	3.009	1.12	3.678	6.57	3.009	2.19	2.006	7.58
	3.009	L/(>1000)	5.016	L/769.7	3.009	L/(>1000)	5.016	L/777.9
N23/N24	3.009	1.13	4.681	6.19	3.009	2.25	3.678	7.00
	3.009	L/(>1000)	1.338	L/814.9	3.009	L/(>1000)	1.338	L/815.2
N22/N25	0.601	0.24	6.406	21.30	0.601	0.47	6.406	24.15
	0.601	L/(>1000)	0.601	L/185.8	0.601	L/(>1000)	0.601	L/186.4
N24/N25	0.601	0.25	6.406	22.63	0.601	0.49	6.406	29.19
	0.601	L/(>1000)	0.599	L/179.2	0.601	L/(>1000)	0.599	L/179.2
N107/N120	0.002	0.00	0.130	0.01	0.130	0.00	0.130	0.01
	-	L/(>1000)	0.130	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.130	L/(>1000)
N131/N118	0.258	0.00	0.130	0.01	0.258	0.00	0.130	0.01
	-	L/(>1000)	0.130	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.130	L/(>1000)

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_r	$M_y V_z$	$M_z V_r$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_z V_r$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_r$
N21/N107	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.35 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 0 m $\eta = 53.1$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 5.35 m $\eta = 12.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 58.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 58.1$
N107/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.281 m $\eta = 1.6$	x: 0.1 m $\eta = 3.6$	x: 1.281 m $\eta = 63.6$	x: 0.1 m $\eta = 1.0$	x: 1.281 m $\eta = 13.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.281 m $\eta = 66.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 66.9$
N23/N118	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.35 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 50.1$	x: 0 m $\eta = 4.0$	x: 5.35 m $\eta = 10.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 54.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 8.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 54.5$
N118/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.281 m $\eta = 1.6$	x: 0.1 m $\eta = 3.8$	x: 1.281 m $\eta = 59.1$	x: 0.1 m $\eta = 1.0$	x: 1.281 m $\eta = 12.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.281 m $\eta = 62.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 62.2$
N22/N25	x: 0.742 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.292 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.742 m $\eta = 3.0$	x: 0.742 m $\eta = 6.4$	x: 0.744 m $\eta = 71.0$	x: 0.742 m $\eta < 0.1$	x: 0.744 m $\eta = 12.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 0.744 m $\eta = 79.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE $\eta = 79.1$
N24/N25	x: 0.742 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.292 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.742 m $\eta = 3.0$	x: 0.742 m $\eta = 6.3$	x: 0.744 m $\eta = 64.2$	x: 0.742 m $\eta < 0.1$	x: 0.744 m $\eta = 13.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 0.742 m $\eta = 70.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE $\eta = 70.9$
N107/N120	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	x: 0.14 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 1.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.14 m $\eta = 32.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	x: 0.14 m $\eta = 56.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.14 m $\eta = 33.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 0.14 m $\eta = 34.0$	x: 0.14 m $\eta = 34.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE $\eta = 56.8$
N131/N118	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.13 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁷⁾	$\eta = 1.0$	x: 0.26 m $\eta = 32.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	x: 0.26 m $\eta = 56.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.26 m $\eta = 33.1$	N.P. ⁽²⁾	x: 0.26 m $\eta = 34.0$	x: 0.26 m $\eta = 34.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE $\eta = 56.8$

9.2. CÁLCULO DE LAS VIGAS RIOSTRAS

Se trata de perfiles laminados IPE que atan las cabezas de los pilares proporcionando estabilidad a la estructura y junto con los tirantes en forma de cruz de San Andrés conformaran las vigas a contraviento, aunque también se usaran en algunos de los pórticos en los que se encuentran las ménsulas de la viga carril. En este último caso se dispondrán a la altura de la viga carril y será denominado pórtico de frenado ya que su función será esa.

Los tirantes en forma de cruz de San Andrés ayudaran a transmitir los esfuerzos longitudinales a lo largo de la nave.

En total se disponen de 2 pórticos de frenado en cada lateral de la nave en la parte destinada a la fabricación con sus respectivas vigas a contraviento y 1 viga a contra viento en cada lateral y cubierta de la zona destinada a las oficinas.

En la figura 39 se puede ver un pórtico de frenado y la viga a contraviento de la cubierta así como las vigas riostras que unen la cabeza de los pilares.

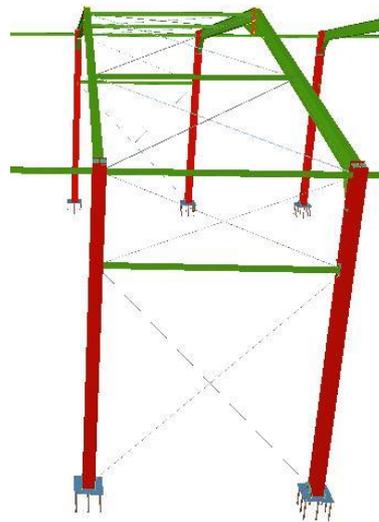


Figura 39

Todas las vigas riostras han sido dimensionadas con el mismo perfil para disminuir las dificultades del montaje y a su vez de acuerdo a los valores más desfavorables de los obtenidos mediante el programa Cype.

Debido a la elevada cantidad de ellas, el cálculo mostrado será el resultante a la más solicitada, siendo todas de perfil IPE 120.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 120, (IPE)	13.20	6.05	4.25	318.00	27.70	1.74
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

- o Resultados:

RESISTENCIA:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N4/N9	22.11	2.615	-35.022	0.000	0.000	0.00	0.42	0.00	GV	Cumple

FLECHA:

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)							
N4/N9	4.038	0.00	2.485	1.22	4.659	0.00	0.000	0.00	
	-	L/(>1000)	2.485	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.:

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N4/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.441 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 2.3$	$\eta = 19.0$	$x: 2.615 \text{ m}$ $\eta = 2.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0.13 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.441 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 2.615 \text{ m}$ $\eta = 22.1$	$x: 0.441 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 22.1$

9.3. CÁLCULO DE LOS TIRANTES

Los tirantes de la nave son redondos macizos y se colocan formando cruces de San Andrés tanto en las vigas a contraviento como en los pórticos de frenado. Las vigas a contraviento se deben colocar en donde la nave sufre más debido al viento, siendo este en los extremos de la misma.

Como los tirantes conforman distintas partes de la estructura no se puede hacer lo realizado en los apartados anteriores de poner el más desfavorable a todos los perfiles. En este caso se van a diferenciar los tirantes de las vigas a contraviento de la cubierta y de los pórticos de frenado de los laterales.

- Viga a contraviento:

En la figura 40 se puede observar la viga a contraviento correspondiente a la situada entre el hastial frontal y el segundo pórtico

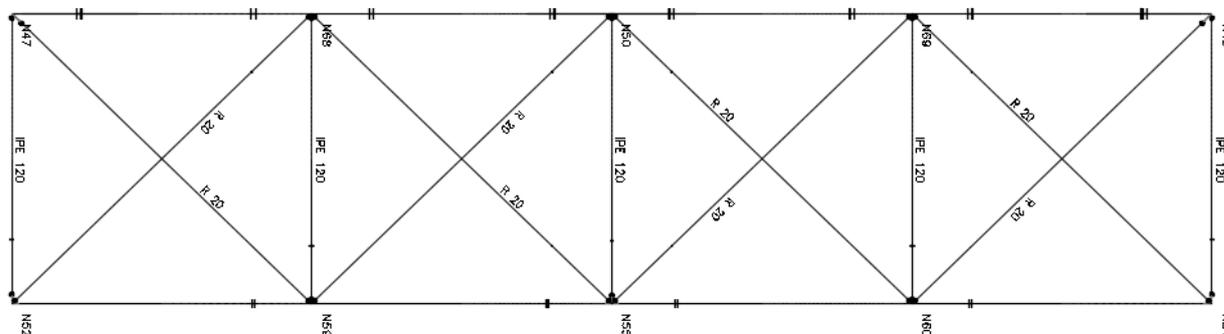


Figura 40

Para la demostración de los valores correspondientes si se han seleccionado los datos del más desfavorable.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	R 20, (R)	3.14	2.83	2.83	0.79	0.79	1.57
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal A _{vy} : Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' A _{vz} : Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' I _{yy} : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' I _{zz} : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' I _t : Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

- Resultados:

RESISTENCIA:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p _s imos						Origen	Estado
			N (kN)	V _y (kN)	V _z (kN)	M _t (kN·m)	M _y (kN·m)	M _z (kN·m)		
N4/N65	54.19	0.000	42.964	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.:

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N4/N65	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 54.2$	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 $\eta = 54.2$

- Entramado lateral de la viga a contraviento:

Corresponde al entramado de la zona de oficinas en el cual se ha situado una viga riostra a la altura de la entreplanta y al igual que en el resto de los entramados se ha dispuesto en cruz de San Andrés como se puede ver en la imagen de la figura 41.

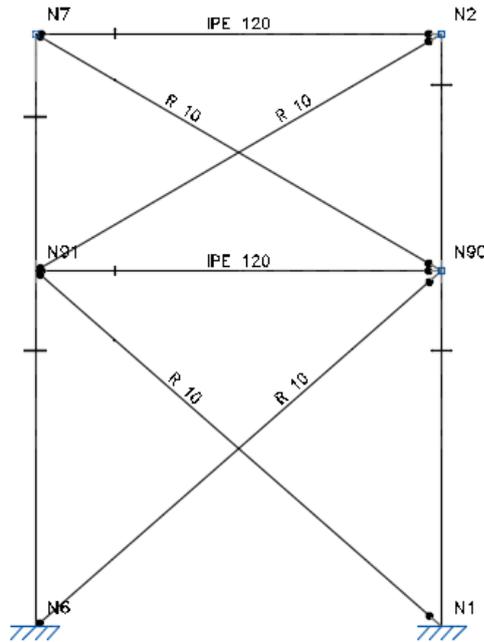


Figura 41

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	R 10, (R)	0.79	0.71	0.71	0.05	0.05	0.10
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

○ Resultados:

RESISTENCIA:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N67/N4	56.28	0.000	11.577	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.:

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N67/N4	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 56.3	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 56.3

- Pórtico de frenado :

Los redondos seleccionados son para cada uno de los 4 pórticos de frenado por igual, tal y como se muestra en la figura 42.

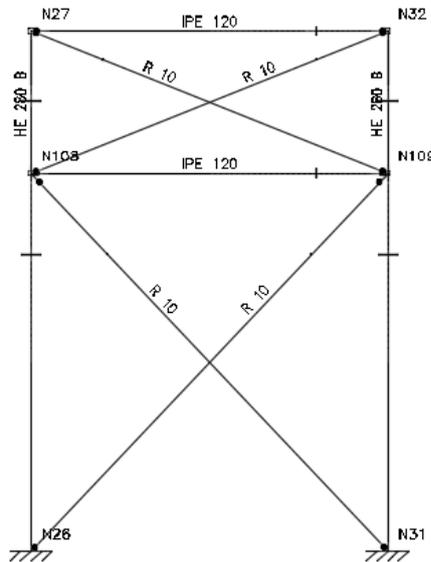


Figura 42

Al igual que en los casos anteriores los valores mostrados corresponde al tirante del pórtico de frenado más solicitado.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	R 10, (R)	0.79	0.71	0.71	0.05	0.05	0.10
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

- Resultados:

RESISTENCIA:

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	V _y (kN)	V _z (kN)	M _t (kN·m)	M _y (kN·m)	M _z (kN·m)		
N46/N111	55.39	0.191	11.393	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	GV	Cumple

RESUMEN DE LAS COMPROBACIONES E.L.U.:

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N46/N111	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 55.4$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE $\eta = 55.4$

10. CÁLCULO DE LAS UNIONES

10.1. UNIONES EN CORREAS

- Unión Correa-Correa

Para realizar la unión entre correas se emplean conectores, dando continuidad a las mismas. Los conectores permiten el solape de las correas mediante unos tornillos que únicamente cumplen funciones de unión.

La unión del cerramiento a las correas se realiza mediante tornillos roscachapa.

- Unión Correa-Pórtico

Para unir las correas a los pórticos, tanto las correspondientes a las vigas en cubierta como a las correspondientes de los pilares en fachada, se emplea un angular en forma de L como ejión. La unión se realiza mediante unos tornillos, que no hay que calcular debido a los pequeños esfuerzos de tracción que sufren.

10.2. UNIÓN VIGA-VIGA

Mediante el programa informático Cype, al igual que en apartados anteriores, se calcula la unión entre vigas, habiéndose diseñado acarteladas. Para realizar la unión viga-viga se utilizarán unas placas de acero tipo S-275 denominadas placas de testa. Cada placa va soldada por ambas caras a las vigas y a las cartelas conformando una unión rígida, tal y como se muestra en la imagen 43.

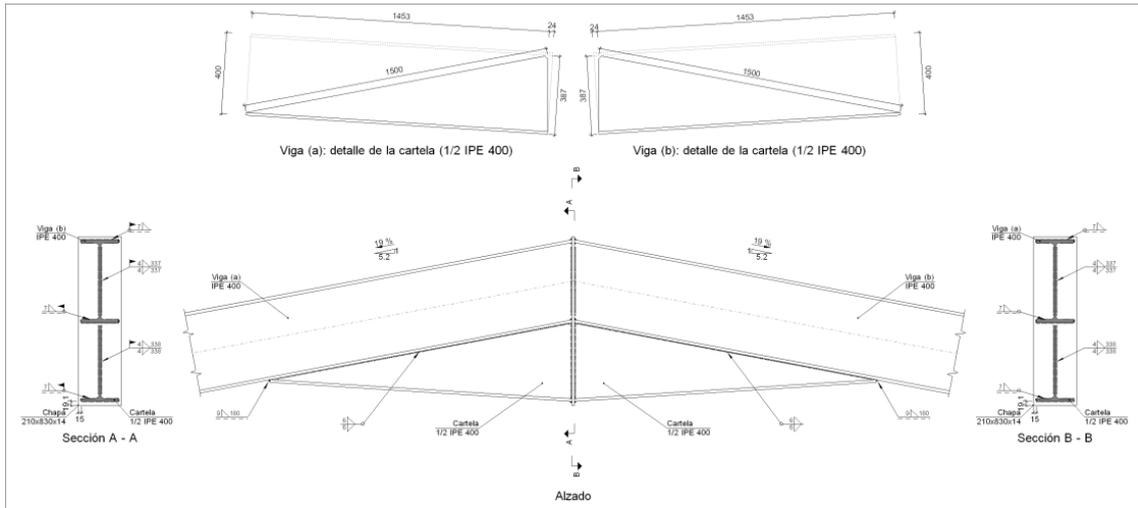


Figura 43

A continuación se muestran las comprobaciones:

- Viga IPE 400 a

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	40.95	358.41	11.43

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	180	13.5	79.22	
Soldadura del alma	En ángulo	4	337	8.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	180	13.5	79.22	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	353	8.6	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	7	180	13.5	86.39	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1500	8.6	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	180	13.5	75.60	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	46.2	55.8	0.5	107.2	27.77	53.3	16.24	410.0	0.85
Soldadura del alma	46.6	46.6	1.2	93.3	24.18	46.6	14.22	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	8.4	10.1	0.5	19.5	5.05	8.9	2.73	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma de la cartela	37.4	37.4	1.2	74.8	19.39	37.4	11.40	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	40.5	43.1	0.1	84.9	22.00	40.7	12.39	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.3	4.0	1.05	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

- Viga IPE 400 b

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	40.93	358.41	11.42

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	180	13.5	79.22	
Soldadura del alma	En ángulo	4	337	8.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	180	13.5	79.22	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	353	8.6	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	7	180	13.5	86.39	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1500	8.6	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	180	13.5	75.60	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	46.2	55.8	0.5	107.1	27.75	53.2	16.23	410.0	0.85
Soldadura del alma	46.6	46.6	1.0	93.2	24.14	46.6	14.20	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	8.4	10.1	0.5	19.5	5.05	9.0	2.73	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	37.3	37.3	1.0	74.7	19.35	37.3	11.38	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	40.4	43.0	0.1	84.8	21.97	40.6	12.37	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	2.6	4.5	1.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

- Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1349
			6	5940
			7	983
			9	360
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1349
			7	983

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	210x830x14	19.16
				Total

10.3. UNIÓN VIGA-PILAR

Las uniones de las vigas con los pilares son acarteladas. Para realizar la unión viga-pilar se suelda el perfil de la viga con el ala del pilar conformando una unión rígida. De igual modo se dispondrán de rigidizadores en la unión de las cartelas con el pilar. Las vigas riostras, perfiles IPE 120, confluyen en las cabezas de los pilares realizándose la unión mediante soldadura conformando una unión articulada como se observa en la imagen 44.

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	106	14.0	79.22	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	200	10.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	106	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	106	14.0	79.22	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	200	10.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	106	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	52.5	63.4	0.0	121.8	31.56	52.5	16.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	46.1	79.9	20.70	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	77.2	77.2	0.0	154.4	40.02	77.2	23.54	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	61.4	106.4	27.57	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	52.5	63.4	0.0	121.8	31.56	52.5	16.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	46.1	79.9	20.70	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	77.2	77.2	0.0	154.4	40.02	77.2	23.54	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	61.4	106.4	27.57	0.0	0.00	410.0	0.85

- Viga (a) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	277.75	358.41	77.50

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	180	13.5	79.22	
Soldadura del alma	En ángulo	4	337	8.6	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	180	13.5	79.22				
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	539	8.6	90.00				
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	7	180	13.5	79.22				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	600	8.6	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	180	13.5	81.56				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	49.4	59.7	0.5	114.5	29.68	62.5	19.05	410.0	0.85
Soldadura del alma	52.5	52.5	14.9	108.2	28.04	52.6	16.02	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	4.5	7.8	2.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	61.1	61.1	14.4	124.8	32.33	61.1	18.63	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	33.6	90.3	0.0	160.0	41.46	85.7	26.14	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	8.4	14.5	3.76	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

- Viga (c) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	148.05	261.90	56.53

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	60	4.4	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	76.8	76.8	1.0	153.5	39.79	76.8	23.40	410.0	0.85

- Viga (b) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	148.05	261.90	56.53

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	60	4.4	90.00	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	76.8	76.8	1.0	153.5	39.79	76.8	23.40	410.0	0.85

- Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	1586
			6	1200
			7	1696
			9	180
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	240
			4	1752
7			983	

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	248x130x14	7.10
		2	244x130x14	6.97
	Total			

10.4. UNIÓN PILAR-MÉNSULA

La ménsula será la encargada de soportar a la viga carril y a la grúa puente y para ello ira soldada al pilar y además se dispondrán de rigidizadores para el buen funcionamiento de su función tal y como se puede ver en la figura 45.

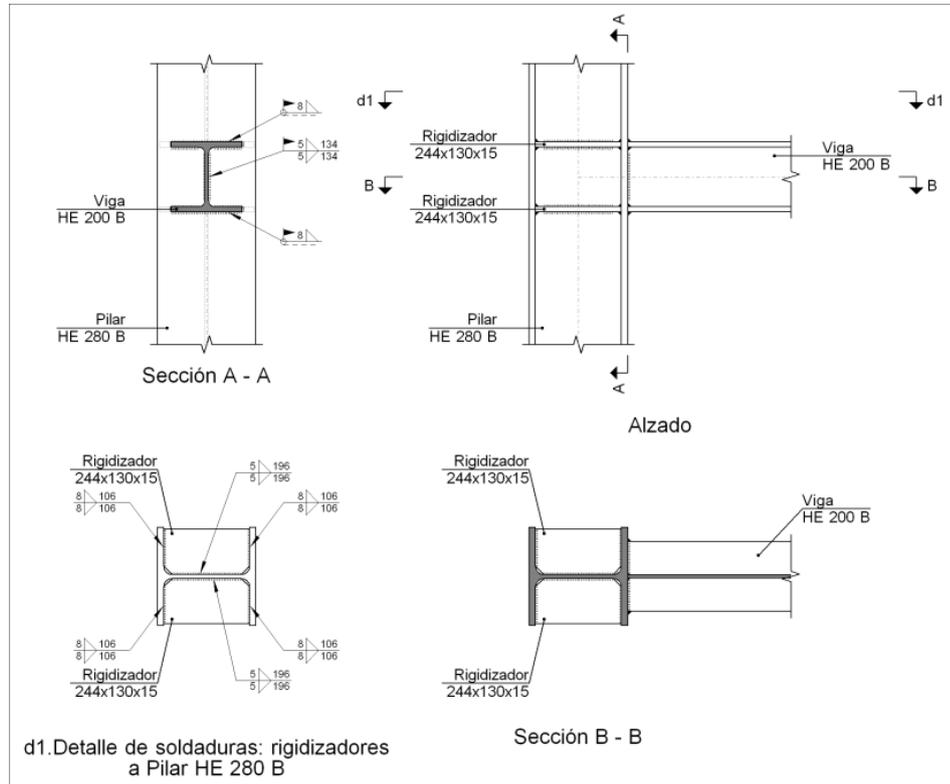


Figura 45

A continuación se muestran las comprobaciones:

- Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	35.91
	Cortante	kN	309.50	400.10	77.35
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	90.59	261.90	34.59
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	90.59	261.90	34.59
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	90.59	261.90	34.59
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	90.59	261.90	34.59
Ala	Cortante	N/mm ²	119.98	261.90	45.81

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	106	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	106	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	106	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	106	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	60.1	60.1	0.0	120.1	31.13	60.1	18.31	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	61.5	106.6	27.63	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	60.1	60.1	0.0	120.1	31.13	60.1	18.31	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	61.5	106.6	27.63	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	60.1	60.1	0.0	120.1	31.13	60.1	18.31	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	61.5	106.6	27.63	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	60.1	60.1	0.0	120.1	31.13	60.1	18.31	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	61.5	106.6	27.63	0.0	0.00	410.0	0.85

- Viga HE 200 B

-

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	200	15.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	5	134	9.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	200	15.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	79.1	79.1	0.0	158.3	41.02	79.1	24.13	410.0	0.85
Soldadura del alma	51.8	51.8	159.2	294.5	76.32	51.8	15.78	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	79.1	79.1	0.1	158.3	41.02	79.1	24.13	410.0	0.85

- Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	1568
			8	1696
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	268
			8	770

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x15	14.94
				Total

10.5. UNIÓN DE LOS TIRANTES

Debido a la gran cantidad de tirantes que hay se va a exponer el tipo de unión empleando uno a modo de ejemplo, este es el mostrado en la imagen 46.

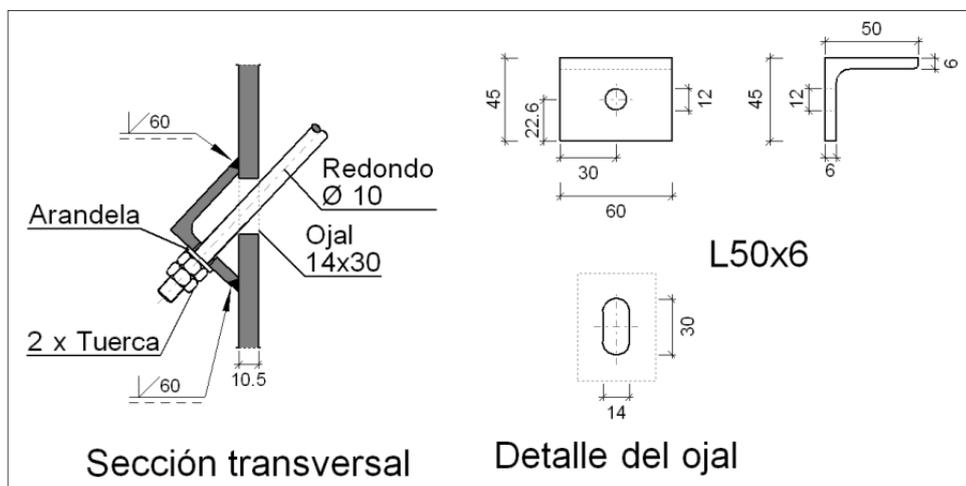


Figura 46

A continuación se muestran las comprobaciones:

- L50x6 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	7.56	43.55	17.37
Flector	--	--	--	54.25

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo		Preparación de bordes (mm)	l (mm)				
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple		6	60				
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

- Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	6	120

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L50x6	60	0.27
	Total			0.27

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T10
Arandelas	1	A10

11. CÁLCULO DE LAS PLACAS DE ANCLAJE

Para que los pilares metálicos se asienten sobre el hormigón de la cimentación y de ese modo resistan las tensiones transmitidas hace falta disponer de placas metálicas para anclarlos sobre la misma, distribuyendo de ese modo todos los esfuerzos sobre las zapatas.

Los pernos de anclaje embebidos en el hormigón unirán la placa base con la zapata immobilizando el pilar ante las fuerzas de arrancamiento que pueda haber.

La nave consta de 4 tipos de placas de anclaje, las cuales quedan resumidas a continuación. En las figuras 47, 48, 49 y 50 se muestra el esquema de cada tipo.

11.1. ANCLAJE TIPO 1

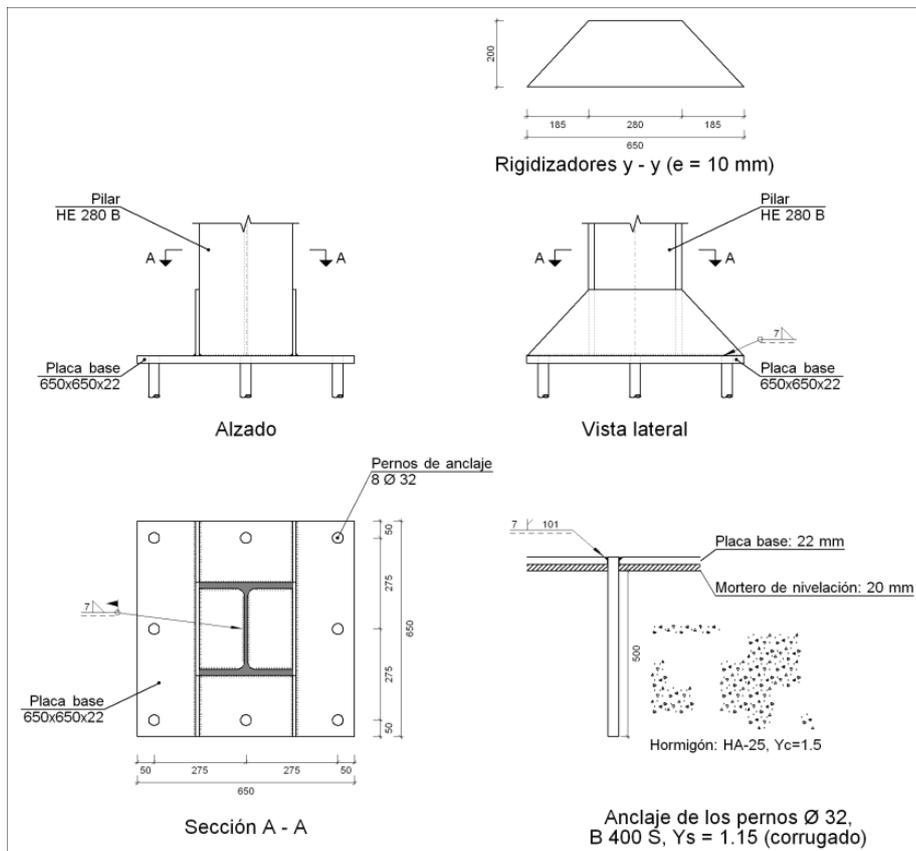


Figura 47

- Comprobación:

Referencia: Tipo 1		
-Placa base: Ancho X: 650 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm		
-Pernos: 8Ø32 mm L=50 cm Prolongación recta		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x10.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 47.2	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 37 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 136.76 kN Calculado: 116.18 kN Máximo: 95.73 kN Calculado: 8.55 kN Máximo: 136.76 kN Calculado: 128.39 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 257.28 kN Calculado: 106.12 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 133.185 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 368.76 kN Calculado: 7.74 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 217.273 MPa Calculado: 186.688 MPa Calculado: 191.056 MPa Calculado: 192.543 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 294.264 Calculado: 342.789 Calculado: 4870.21 Calculado: 4841.33	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 232.236 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.133		
- Punto de tensión local máxima: (-0.14, -0.325)		

11.2. ANCLAJE TIPO 2

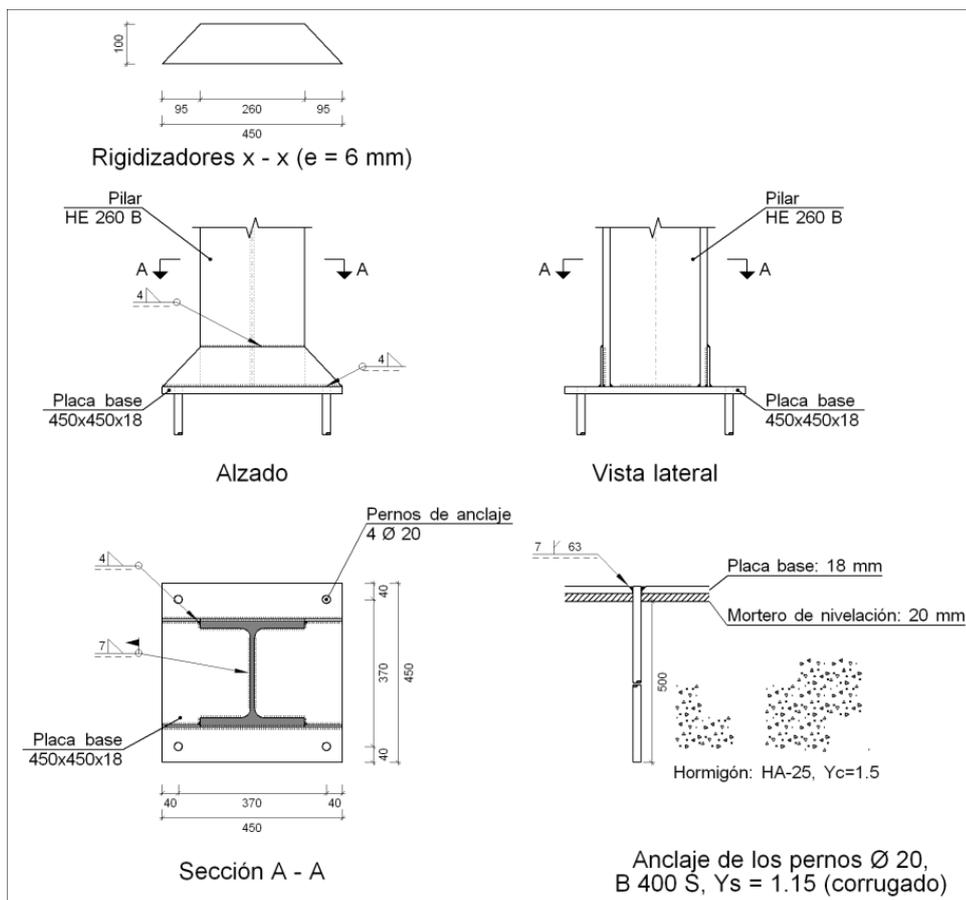


Figura 48

- Comprobación:

Referencia: Tipo 2 -Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø20 mm L=50 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x0x6.0) Paralelos Y: -		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 370 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: 39.8	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 50 cm	Cumple

Referencia: Tipo 2		
-Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm		
-Pernos: 4Ø20 mm L=50 cm Prolongación recta		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x0x6.0) Paralelos Y: -		
Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 71.91 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 59.83 kN Calculado: 7.17 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 82.15 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 68.34 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 220.545 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 6.71 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 250.09 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 172.565 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 242.789 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 236.982 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 4050.61	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 5700.42	Cumple
- Arriba:	Calculado: 485.144	Cumple
- Abajo:	Calculado: 455.336	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.179		

11.3. ANCLAJE TIPO 3

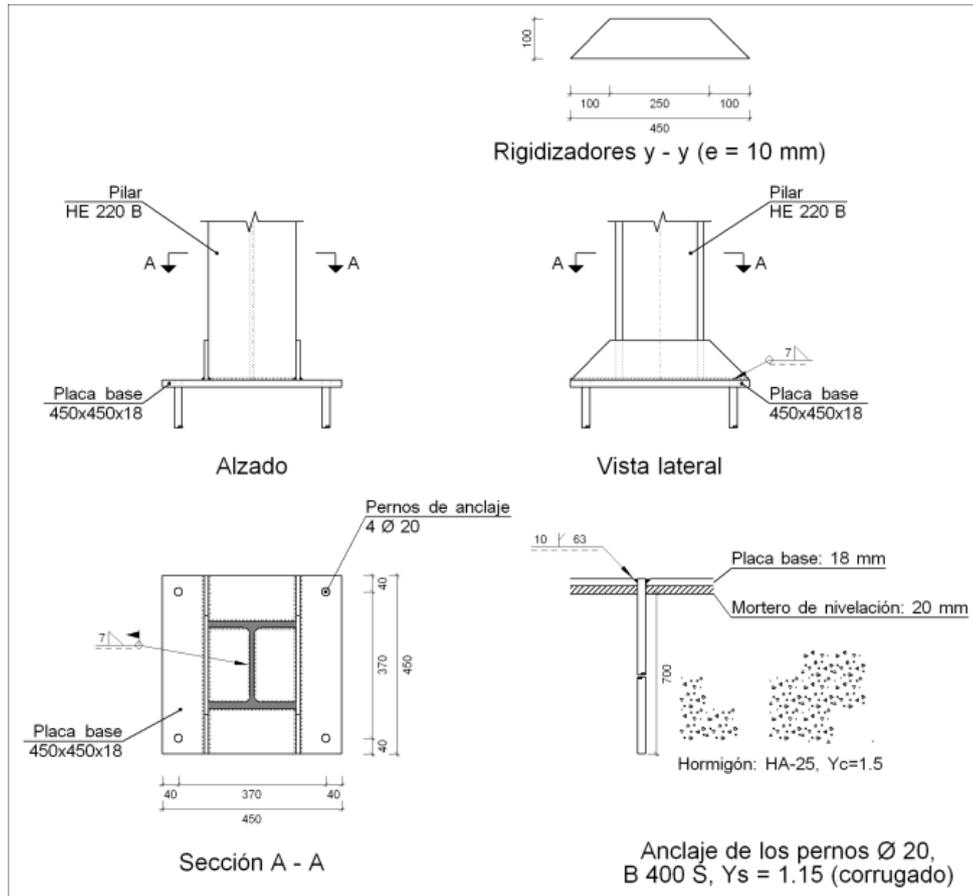


Figura 49

- Comprobación:

Referencia: Tipo 3 -Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x10.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 370 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltéz de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 26.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 70 cm	Cumple

Referencia: Tipo 3		
-Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm		
-Pernos: 4Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x10.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 119.67 kN Calculado: 104.5 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 83.77 kN Calculado: 10.57 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 119.67 kN Calculado: 119.61 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 100.48 kN Calculado: 99.54 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 321.627 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 9.91 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 223.106 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 223.248 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 261.49 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 240.965 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 623.911	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 489.354	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2927.24	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3226.72	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.204		

11.4. ANCLAJE TIPO 4

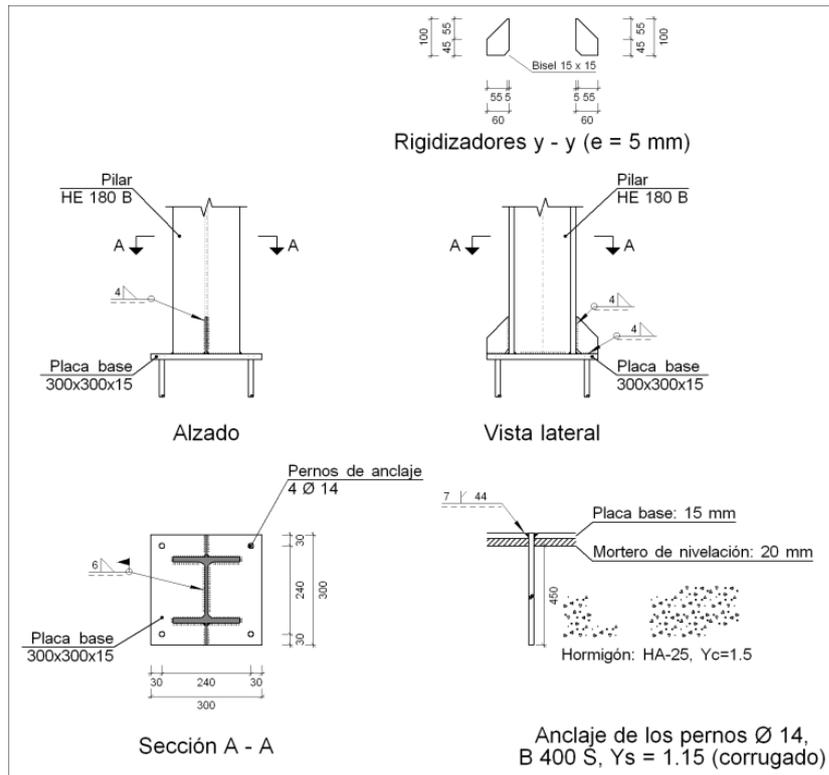


Figura 50

- Comprobación:

Referencia: Tipo 4 -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø14 mm L=45 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 1(100x45x5.0)		
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 Y:	Máximo: 50 Calculado: 40.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 53.85 kN Calculado: 46.28 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 37.7 kN Calculado: 4.4 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 53.85 kN Calculado: 52.56 kN	Cumple

Referencia: Tipo 4 -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø14 mm L=45 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 1(100x45x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 49.28 kN Calculado: 42.46 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 279.606 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 110 kN Calculado: 3.88 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 172.386 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 155.037 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 233.271 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 133.497 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 852.876	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 875.23	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6923.72	Cumple
- Abajo:	Calculado: 12167.8	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.304		

12. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

El cálculo y la comprobación ha sido realizado al igual que en los apartados anteriores mediante el módulo Cype3D, perteneciente al programa CYPE, Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

Los datos de los que se parte son:

- Tensión admisible de terreno en situaciones persistentes: 0,2MPa
- Tensión admisible de terreno en situaciones transitorias: 0,3MPa
- Tipo hormigón: HA-25 (Control Estadístico)
- Tamaño máximo de árido 30 mm.
- Acero en armado de zapatas y vigas de atado: B 400 S (Control Normal)
- Clase general de exposición: IIa.

Las cimentaciones se han agrupado en 4 tipos, al igual que las placas de anclaje, agrupando las zapatas similares para facilitar su puesta en obra. Los tipos de agrupación se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Tipo	Referencias	Geometría	Armado
1	N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y (N6 - N122 - N123)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 177.5 cm Ancho final X: 100.0 cm Ancho final Y: 177.5 cm Ancho zapata X: 205.0 cm Ancho zapata Y: 355.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 23Ø12c/15 Sup Y: 13Ø14c/15 Inf X: 23Ø12c/15 Inf Y: 13Ø12c/15
2	N1-N120, N3, N48 y N46	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 167.5 cm Ancho inicial Y: 22.5 cm Ancho final X: 167.5 cm Ancho final Y: 157.5 cm Ancho zapata X: 335.0 cm Ancho zapata Y: 180.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 7Ø16c/25 Sup Y: 13Ø16c/25 Inf X: 7Ø16c/25 Inf Y: 13Ø16c/25

Tipo	Referencias	Geometría	Armado
3	N59, N61, N62, N56, N55 y N54	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 167.5 cm Ancho inicial Y: 157.5 cm Ancho final X: 167.5 cm Ancho final Y: 22.5 cm Ancho zapata X: 335.0 cm Ancho zapata Y: 180.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 7Ø16c/25 Sup Y: 13Ø16c/25 Inf X: 7Ø16c/25 Inf Y: 13Ø16c/25
4	N116, N117, N115, N114, N112 y N113	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 70.0 cm Ancho inicial Y: 70.0 cm Ancho final X: 70.0 cm Ancho final Y: 70.0 cm Ancho zapata X: 140.0 cm Ancho zapata Y: 140.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 7Ø12c/20 Sup Y: 7Ø12c/20 Inf X: 7Ø12c/20 Inf Y: 7Ø12c/20

Comprobaciones de los diferentes tipos de cimentación:

12.1. ZAPATA TIPO 1

Referencia: N8		
Dimensiones: 205 x 355 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø14c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0469899 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0465975 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0669042 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: 422.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 312.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 42.09 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 133.13 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 16.19 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 97.81 kN	Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 205 x 355 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø14c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 173.5 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N8:	Mínimo: 50 cm Calculado: 68 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0014	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0006 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0014	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 205 x 355 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø14c/15		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 88 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 88 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 153 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 153 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 14 cm Calculado: 65 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 14 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Disposición sobre plano de la zapata Tipo 1 en la Figura 51:

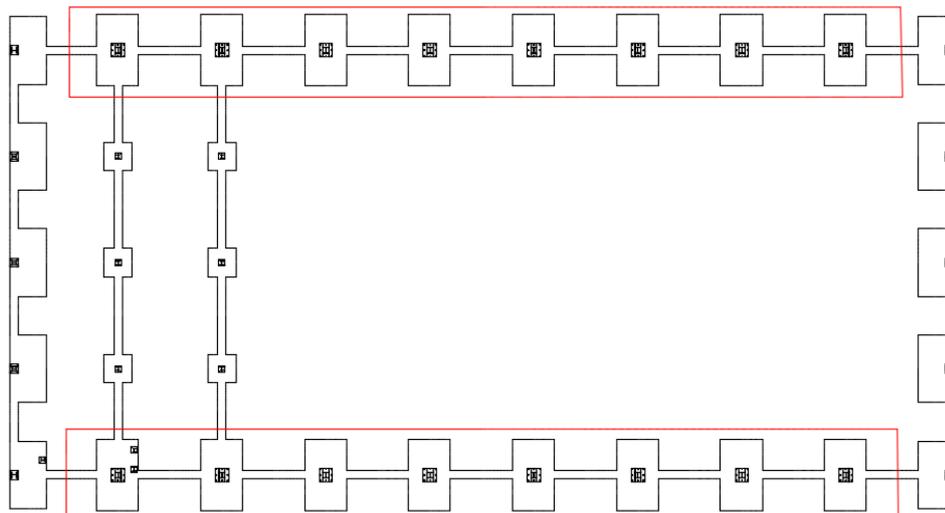


Figura 51

12.2. ZAPATA TIPO 2

Referencia: N48		
Dimensiones: 335 x 180 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: 0.0533664 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0680814 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0763218 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X: <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 Y ⁽¹⁾ (1) Sin momento de vuelco	Reserva seguridad: 230.7 %	Cumple No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 137.75 kN·m Momento: 48.97 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N48		
Dimensiones: 335 x 180 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Cortante: 96.33 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 71.81 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 370.9 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N48:	Mínimo: 49 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- 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

Referencia: N48		
Dimensiones: 335 x 180 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Longitud de anclaje:</p> <p><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p>	<p>Mínimo: 16 cm Calculado: 150 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm Calculado: 150 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm Calculado: 86 cm</p> <p>Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm Calculado: 150 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm Calculado: 150 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm Calculado: 86 cm</p> <p>Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Longitud mínima de las patillas:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p>	<p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 70 cm</p> <p>Calculado: 70 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 70 cm</p> <p>Calculado: 70 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

Disposición sobre plano de la zapata Tipo 2 en la Figura 52:

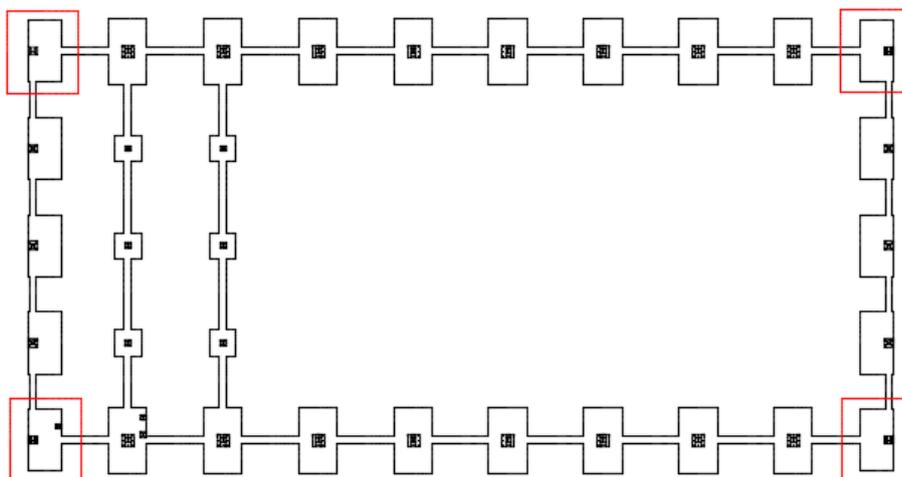


Figura 52

12.3. ZAPATA TIPO 3

Referencia: N59		
Dimensiones: 335 x 180 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:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0620973 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0670023 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.124587 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: 1287.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 21.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 47.51 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 83.68 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 33.06 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 70.83 kN	Cumple

Referencia: N59		
Dimensiones: 335 x 180 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 184.9 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N59:	Mínimo: 70 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- 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>		

Referencia: N59		
Dimensiones: 335 x 180 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø16c/25 Ys:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 151 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 151 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 87 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 151 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 151 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 87 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Disposición sobre plano de la zapata Tipo 2 en la Figura 53:

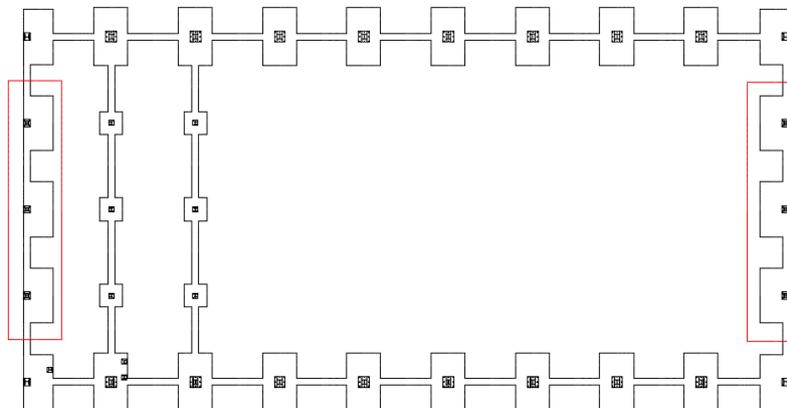


Figura 53

12.4. ZAPATA TIPO 4

Referencia: N116		
Dimensiones: 140 x 140 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0663156 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.109087 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.139989 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: 384.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 86.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 20.26 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 30.25 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 12.07 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 18.34 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 312.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N116:	Mínimo: 44 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple

Referencia: N116		
Dimensiones: 140 x 140 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INEMAC, 1991</i>	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple

Referencia: N116		
Dimensiones: 140 x 140 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		

Disposición sobre plano de la zapata Tipo 2 en la Figura 54:

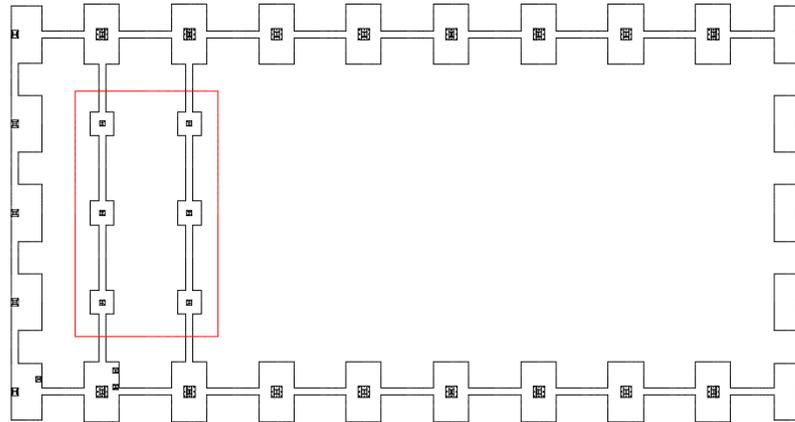


Figura 54

12.5. VIGA DE ATADO Y CENTRADORA

Son elementos estructurales de hormigón armado o de cualquier elemento que pueda resistir tracciones que unen dos o más cimientos zapatas. Su finalidad es absorber las acciones horizontales que pueda haber, evitando por tanto el desplazamiento horizontal.

Comprobación de la viga centradora:

Referencia: VC.S-2.1 [N3-N8] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm		
-Armadura superior: 4Ø20		
-Armadura de piel: 1x2Ø12		
-Armadura inferior: 4Ø20		
-Estribos: 1xØ8c/20		
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: 19.2 cm	Cumple

Referencia: VC.S-2.1 [N3-N8] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 21.6 cm	 Cumple Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	 Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Máximo: 30 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 21.6 cm	 Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.93 cm ² /m Calculado: 5.02 cm ² /m	 Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.0033 Calculado: 0.0052 Calculado: 0.0052	 Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 12.56 cm ² Mínimo: 2.01 cm ² Mínimo: 4.6 cm ²	 Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 25.90 kN·m Axil: ± 0.00 kN Momento flector: -89.34 kN·m Axil: ± 0.00 kN	 Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 21 cm	 Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 21 cm	 Cumple

Referencia: VC.S-2.1 [N3-N8] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 27 cm Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 25.53 kN	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Comprobación de la viga de atado:

Referencia: C.1 [N13-N18] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 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:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: C.1 [N13-N18] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

13. SOLERA

Según la norma NTE-RSS en lo referente a soleras, para un uso como el que se le va a dar en una nave industrial como la que se está diseñando se utilizan soleras pesadas (RSS-6), sobrecarga estática superior a 5 t/m².

La solera se ejecuta de la siguiente manera:

- 1ª Capa: arena de río con tamaño máximo de árido de 0,5 cm formando una capa de 15 cm de espesor, extendida sobre firme estabilizado, consolidado y compactado.
- 2ª Capa: lámina aislante de polietileno.
- 3ª Capa: Hormigón formando una capa de 20cm de espesor, extendido sobre la lámina aislante, terminando la superficie mediante reglado. El curado se realizará mediante riego que no produzca deslavado.

También se dispondrá de juntas de retracción así como juntas de aislamiento.

14. RED DE SANEAMIENTO

Para el proyecto en estudio se prevé una instalación separativa de fecales y pluviales para la red de saneamiento.

14.1. INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES

El material a utilizar para los tubos es el P.V.C. para evitar la acumulación de agua en los casos de las tuberías de fibrocemento.

Se utilizará la norma NTE-ISS referente a saneamiento para proyectar las dimensiones de los elementos que constituyen la red de saneamiento tales como: canalones, bajantes, colectores y arquetas. Además, se cumplirá lo que establece el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Salubridad.

- Sumideros

De acuerdo al documento DB-SE-HS del CTE se regula la disposición de los sumideros para facilitar la evacuación de las aguas pluviales recogidas en la cubierta de la nave.

El número de sumideros depende de la superficie de la cubierta, correspondiéndole la mitad de la proyección horizontal de la cubierta a cada sumidero. Para saber el número de sumideros se hace uso de la tabla 4.6 extraída del CTE (DB-SE-HS apartado 4.2.1) como se ve en la figura 55.

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

Figura 55

La cubierta tiene una superficie de 490m² en cada faldón, por lo tanto, le corresponden 4 sumideros.

- Canales

Las dimensiones de los canales también dependen del volumen de agua a evacuar y por lo tanto de la superficie de cubierta en proyección horizontal.

Se debe conocer la intensidad pluviométrica de la zona donde se sitúa la nave, mostrada en la figura 56 Proporcionado por el Anexo B.1 del mencionado DB-SE-HS.

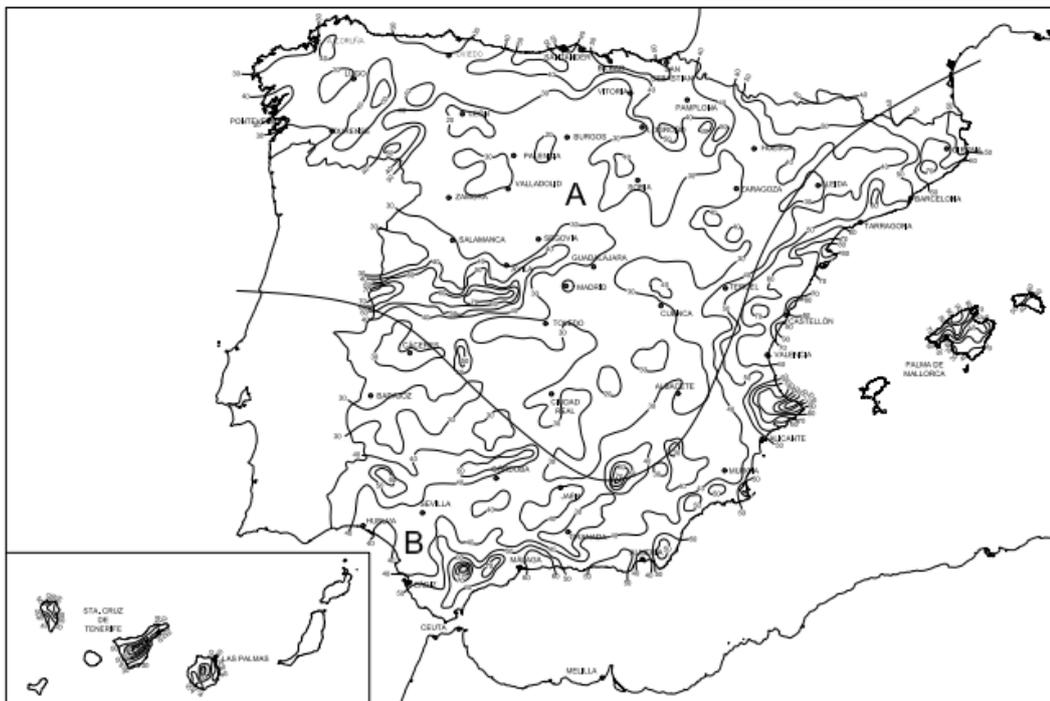


Figura 56

Mediante el Mapa de la Figura XS se determina que la nave esta situada en la isoyeta A-40 y por lo tanto gracias a la tabla B.1 del propio anexo se haya una intensidad pluviométrica de 125mm/h.

Con la proyección de 490m², pero de 163m² por cada canalón, y con una inclinación de los canales del 2% y la intensidad pluviométrica de 125mm/h el CTE establece que para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h, debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que: $f = i/100$.

Por tanto, con la intensidad pluviométrica calculada anteriormente se obtiene dicho factor de corrección:

$$f = i/100 = 125/100 = 1,25 \rightarrow$$

$$\text{Superficie por canalón} = 163 \cdot 1,25 = 204 \text{ m}^2.$$

Entrando con este dato en la tabla 4.7 del DB-SE-HS que se observa en la figura 57 se obtiene el diámetro mínimo que deberán tener los canalones.

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Figura 57

Se adopta el valor del diámetro que corresponde al valor de la superficie mayor, para ir del lado de la seguridad, más cercana a la necesaria, por lo tanto, el diámetro de los canalones será de 150mm.

- Bajantes

Se sigue con el cálculo de los canalones establecido en 163m² para obtener a través de la tabla 4.8 del DB-SE-HS (figura 58) el diámetro de las bajantes.

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

Figura 58

Se adopta el valor del diámetro que corresponde al valor de la superficie mayor, para ir del lado de la seguridad, más cercana a la necesaria, por lo tanto, el diámetro de las bajantes será de 75mm como mínimo.

- Colectores

Son tuberías que se encuentran bajo tierra para transportar el agua de recogida en las arquetas hasta los pozos de registro, estas tuberías tiene una pendiente de entorno al 2%.

Como el caudal de recogida en algunas arquetas puede ser mayor que en otras, se dimensionará primero para la mitad de la superficie de la cubierta (un faldón) y después para la cubierta entera.

La superficie de un faldón con la intensidad pluviométrica es de 612,5m² y de acuerdo a la tabla 4.9 del DB-SE-HS (figura 59) el diámetro de mínimo de los colectores individuales es de 160mm.

Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Figura 59

Y del colector final, con una superficie total (cubierta completa con la intensidad pluviométrica) de 1225,5 m² es de 200mm de diámetro como mínimo.

- Arquetas:

En este apartado se determinará el número de arquetas que es necesario.

Se situarán debajo de cada bajante, separadas de la fachada, y donde exista algún cambio de dirección. Con una tubería de 160mm de diámetro como mínimo que le llegará se obtiene de acuerdo a la tabla 4.13, figura 60, del CTE (DB-SE-HS apartado 4.5) el tamaño mínimo de arqueta.

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

Figura 60

Se establece que las dimensiones mínimas de las arquetas para los tramos con tubería de diámetro mínimo 160mm será de 60x60 cm, al igual que para la salida final con tubería de diámetro mínimo de 200mm.

14.2. INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUAS RESIDUALES

Para la ejecución de la red de fecales se hará uso de un sistema similar de bajantes de PVC y colectores enterrados hasta arquetas registrables.

La instalación de saneamiento se ajustará a un sistema unitario que evacue todo tipo de aguas por una sola red de conductos. Los aparatos sanitarios se situarán buscando la agrupación alrededor de la bajante y quedando los inodoros a una distancia de esta no mayor de 1m.

Se destaca el requisito impuesto por el Código Técnico de la Edificación, por el cual se establece el dimensionamiento de la red de aguas residuales de forma independiente de la red referente a pluviales.

Por lo tanto se procede a analizar la cantidad de elementos que aparecen en los diferentes espacios, separándose por un lado los baños, los vestuarios y los comedores con lavabo.

En la planta baja se disponen los vestuarios para caballeros y para señoras con sus respectivos baños, duchas y taquillas y un comedor con dos lavabos. Y en la entreplanta se encontrarán dos servicios individuales y un comedor con dos lavabos.

Para el dimensionamiento se debe determinar el número de unidades de desagüe (UD) en función de su uso (Tabla 6), debido a que el edificio es de uso privado también lo serán estos.

Tabla 6

SANITARIOS	CANTIDAD TOTAL
DUCHAS	7
INODOROS	7
LAVABOS	11

Una vez establecido el número y tipo de sanitarios a instalar, se procede a la consideración del número de unidades de desagüe UD correspondientes a cada aparato, el diámetro mínimo de sifón de estas y su derivación según la Tabla 4.1 “UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios” (Figura 61) del CTE-DB-HS.

Tabla 4.1 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-
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

Figura 61

Con lo cual, se extraen de la tabla 7 los siguientes diámetros y número de unidades de desagüe UD:

Tabla 7

SANITARIOS	UD	Ø SIFÓN Y DERIVACIÓN INDIVIDUAL	TOTAL SANITARIOS	TOTAL UD
DUCHAS	2	40mm	7	14
INODOROS	4	100mm	7	28
LAVABOS	1	32mm	11	11

Teniendo en cuenta todos los sanitarios se obtiene la siguiente cantidad total de unidades de desagüe: $14 + 28 + 11 = 53$ UD

- Ramales Colectores

De acuerdo a la Tabla 4.3 “Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante” del CTE-DB-HS (Figura 62).

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

Figura 62

Para una pendiente del 2% y una cantidad total de UD de 53 se adopta un diámetro mínimo de 90mm.

- 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 del CTE-DB-HS (Figura 63) como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo

número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Figura 63

Se obtiene con los valores anteriores de 53 UD y pendiente del 2% un diámetro mínimo de 90mm.

- Colectores horizontales de aguas residuales

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 del CTE-DB-HS (Figura 64) en función del máximo número de UD y de la pendiente.

Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Figura 64

Se obtiene con los valores anteriores de 53 UD y pendiente del 2% un diámetro mínimo de 90mm.

- Arquetas de fecales

La Tabla 4.13 “Dimensiones de las arquetas” del CTE-DB-HS determina la longitud L y anchura A mínimas necesarias de una arqueta según el diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A [cm]	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

Figura 65

Las dimensiones necesarias son de 40x40cm.

15. SUMINISTRO DE AGUAS

El ayuntamiento es el encargado del abastecimiento del agua a la instalación, con las medidas sanitarias pertinentes.

De acuerdo al Documento Básico CTE-DB-HS4, Suministro de aguas, del Código Técnico de la Edificación que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben ajustarse a los siguientes requisitos:

- a) Para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por la el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero
- b) No deben modificar la potabilidad, el olor, el color ni el sabor del agua.
- c) Deben ser resistentes a la corrosión interior.
- d) Deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas.
- e) No deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí.
- f) Deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40°C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato.
- g) Deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano.
- h) Su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.

Para cumplir con el CTE se diseñará una red de abastecimiento de agua fría y caliente para los aseos, vestuarios y comedores de la nave industrial.

La instalación constará de acometida, para unir la instalación interior con la tubería de la red de distribución, llave de toma, que irá sobre la tubería de la red general de distribución, llave de registro, que irá sobre la acometida, llave de paso, situada en la unión de la acometida con la tubería de alimentación, y de la tubería de alimentación y red interior, enlazando la llave de paso con el interior de la nave.

16. URBANIZACIÓN

Los datos iniciales con los que debe cumplir la parcela en la cual se va a disponer la estructura son:

- Dimensiones de 45,9m x 21m.
- Superficie total de 1178,1m².
- Superficie en planta baja de 963,9m² de los cuales 749,7m² servirán para la producción y almacenaje y 214,2m² para instalaciones del personal.
- Superficie en entreplanta de 214,2m².
- Alturas: 7,5m hasta el alero y 9,5m hasta la cumbrera.

Tras localizar la parcela idónea que cumpla con los requisitos y de acuerdo al Plan Parcial del municipio se propondrá la implantación de la nave y la urbanización de la parcela.

La nave se dispondrá en la parcela I-3D del polígono de La Rondina en el municipio vizcaíno de Orduña.

En el documento “Planos” Se incluye el plano de la situación del polígono así como de la parcela.

Como se ha mencionado anteriormente la parcela seleccionada es la I-3D. Al seleccionar dicha parcela para la edificación de la nave industrial se deben cumplir una serie de requisitos como se puede observar en la figura 66.

SUPERFICIE PARCELA;	2.717,94 m2	
OCUPACION MAXIMA	1.891,00 m2	
EDIFICABILIDAD:	2.170,00 m2	
EDIFICABILIDAD PLANTA BAJA		1.891,00 m2
EDIFICABILIDAD PLANTAS ALTAS		279,00 m2
ADJUDICATARIO:	BIZKAILUR S.A.	
USO:	INDUSTRIAL	ALTURA MAXIMA: 10 m. SOBRE RASANTE
PLAN PARCIAL DEL SECTOR INDUSTRIAL LA RONDINA (APROB. DEF, 25 DE MAYO DE 2006)		
PLAN GENERAL DE ORDENACION URBANA DE ORDUÑA (PUBLICACION B.O.B 109, 9 DE JUNIO DE 2005)		

Figura 66

Como se ve se cumplen los requisitos.

La parcela contara con dos accesos rodados, uno de ellos para los camiones necesarios para la actividad industrial a desarrollar y el otro para el acceso de los vehículos de los trabajadores y visitas. Tambien se dispondrá de una zona ajardinada y zona de aparcamiento.

En la siguiente figura 67 se muestra la distribución seleccionada dentro de los límites de la parcela I-3D.

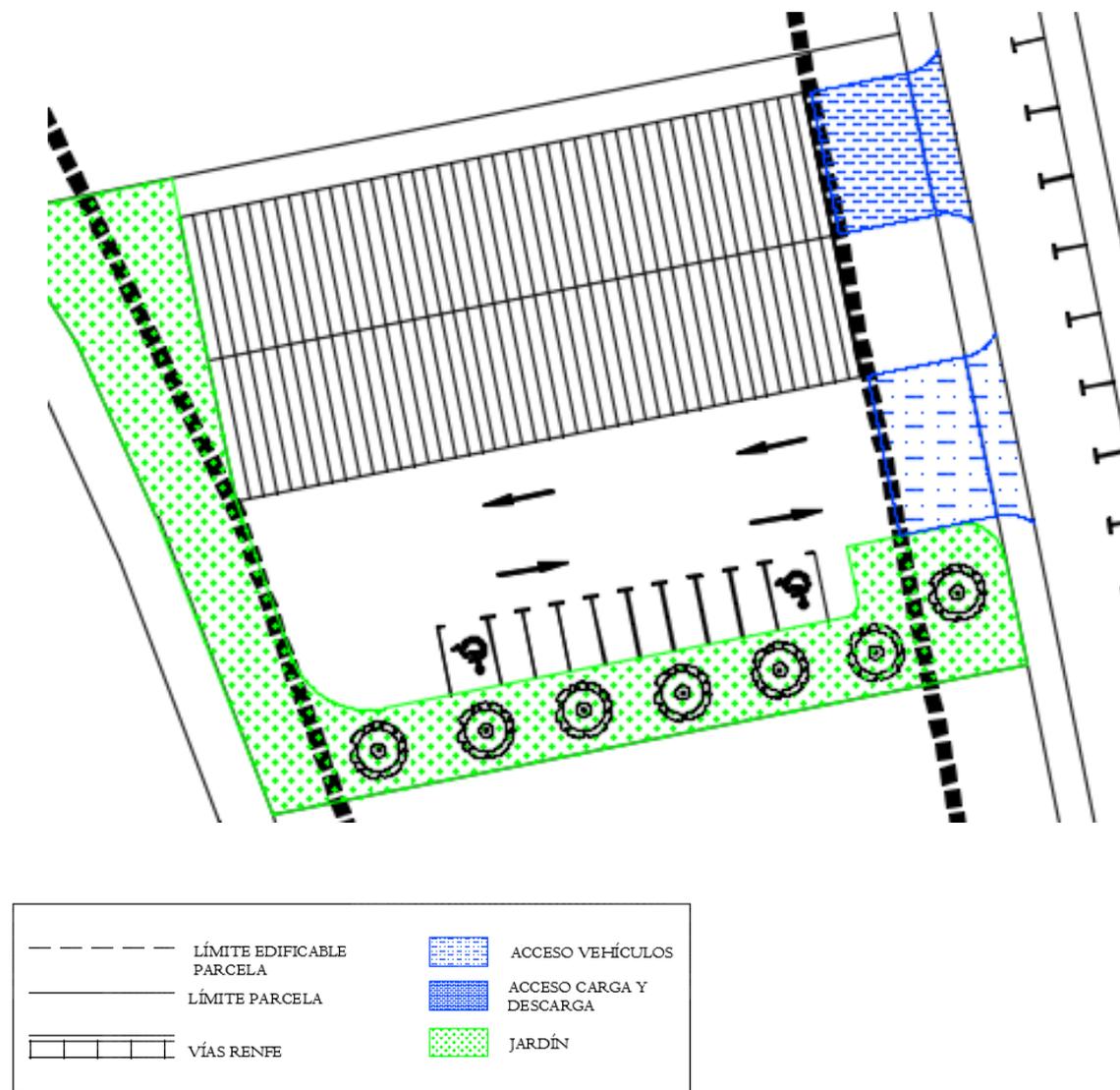


Figura 67