



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1404 M2 SITUADO EN POLÍGONO INDUSTRIAL "LA CREU" DE L'ALCÚDIA

AUTOR: BERNARDO BELLO CHENOLL

TUTOR: HÉCTOR SAURA ARNAU

COTUTOR: ANTONIO HOSPITALER PÉREZ

Curso Académico: 2013-14

MEMORIA

Índice

1) OBJETO DEL TRABAJO	3
2) INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Motivación	3
2.3 Justificación.....	3
3) NORMATIVA APLICADA.....	4
4) SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	6
5) REQUERIMIENTOS ESPACIALES	8
6) DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
6.1 Actuaciones previas	9
6.2 Cimentación y solera.....	9
6.3 Cerramientos.....	10
6.4 Estructura.....	11
6.5 Instalaciones	12
6.6 Materiales.....	12
7 RESUMEN PRESUPUESTO	13
8 ÍNDICE DE PLANOS	14

1. OBJETO DEL TRABAJO

El principal objetivo del trabajo es realizar un estudio con sus respectivos cálculos y los distintos procedimientos llevados a cabo para la estructura de un edificio industrial como Trabajo Final de grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

2. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

El presente proyecto se basa en la ejecución de un edificio industrial. Este edificio será de una sola planta sin uso específico. En el futuro podría aprovecharse como almacén y distribución de maquinaria agrícola.

El terreno sobre el que se pretende edificar esta clasificado de Suelo Urbano, corresponde al polígono industrial “la creu” de L’Alcúdia. Dicho solar esta ubicado entre las calles, Avd. Conde del Serrallo, calle Minat, calle Olof Palme y calle Siscars.

La nave objeto de la presente memoria tiene forma rectangular, cuyas dimensiones son 26 m. de anchura por 54 m. de longitud. Dado que el solar es de gran superficie (9848.39 m²), solo se aprovechará parte de la superficie.

El terreno en cuestión es suelo urbano de tipología “Industrial”.

2.2 Motivación

El motivo más importante es el de presentar el Trabajo Final de Grado para así poder finalizar mis estudios de grado y con ello empezar el Máster en Ingeniería Industrial. Además la motivación de poder utilizar de forma práctica y real todos los conocimientos y las técnicas aprendidas a lo largo de mi carrera en la UPV y más específicamente en lo aprendido durante este año en la asignatura de Tecnología de la Construcción.

2.3 Justificación

Realizar el presente proyecto para finalizar el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

La base de dicho trabajo es el desarrollo de la estructura metálica de un edificio industrial sin uso específico con pórticos a dos aguas empotrados en la base. La cimentación se realizará a base de zapatas rígidas, todo ello calculado mediante el programa “CYPE”.

3. NORMATIVA APLICADA

Se aplican al presente proyecto las Normas de la Presidencia del Gobierno, las del Ministerio de Fomento y las particulares de la población de L'Alcúdia contenidas en el Plan General de L'Alcúdia (Industrial) para el Sector 8, última revisión data de 2001, y sus posteriores modificaciones.

a) FICHA DE ZONA INM:

ZONA DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA: INDUSTRIAL		CODIGO: INM
MUNICIPIO: L'ALCÚDIA		PLAN: REVISIÓN P.G.O.U 2001
SISTEMA DE ORDENACIÓN	TIPOLOGÍA EDIFICATORIA	USO GLOBAL
ALINECIÓN DE CALLE	MANZANA COMPACTA	INDUSTRIAL

b) USOS PORMENORIZADOS:

USO DOMINANTE	USOS COMPLEMENTARIOS	USOS INCOMPATIBLES
Industrial	Terciario	Residencial
	Aparcamiento	
	Dotacional	

c) PARÁMETROS URBANÍSTICOS:

PARCELA		VOLUMEN Y FORMA	
Parcela mínima	300m ²	Número máximo de plantas	
Frente mínimo de parcela	10m.	Altura máxima de cornisa	9m.
Círculo inscrito mínimo	10m.	Altura máxima total	12,5m.
INTENSIDAD		Semisótanos	SI
Índice de edificabilidad neta	1,10m ² /m ²	Sótanos	SI
coeficiente de ocupación	100%	Atillos	SI*

*Se permiten atillos dentro del volumen edificado que no ocupen más de 10% de la superficie contruida de la planta

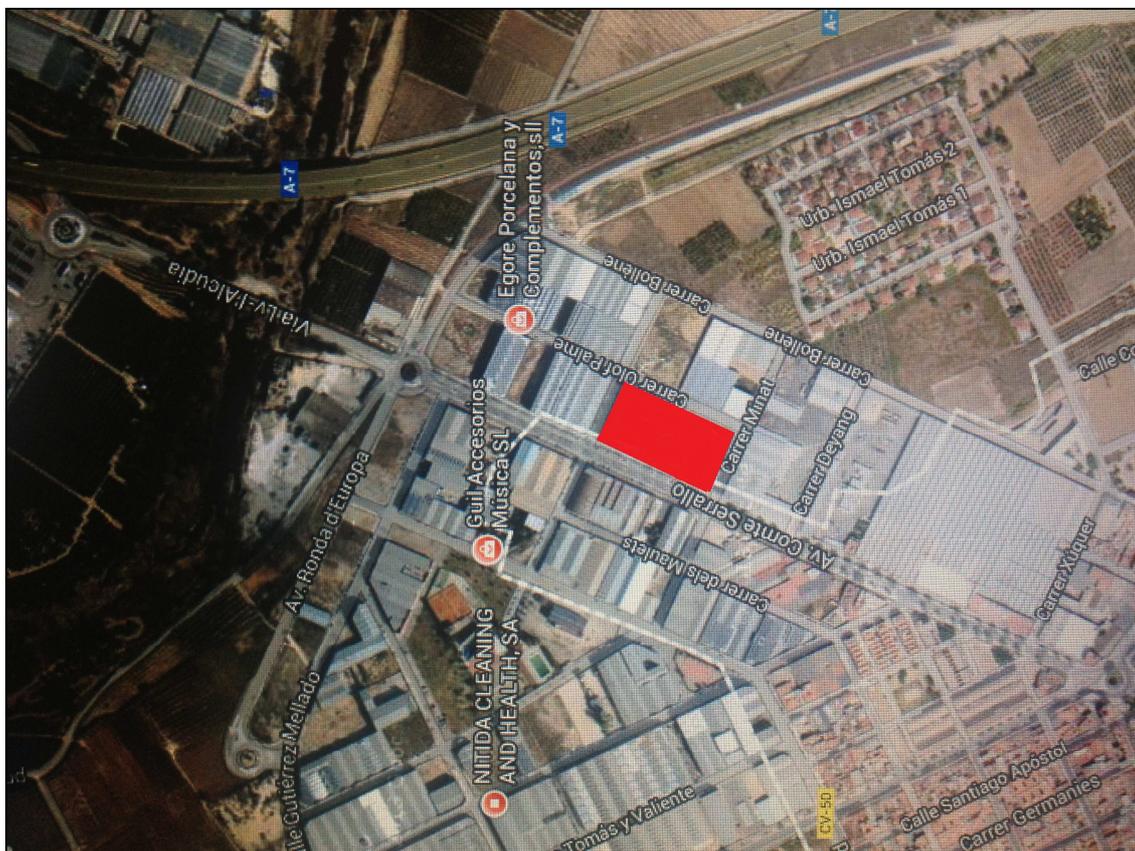
Normas adoptadas:

Para la realización del Proyecto, se han adoptado las siguientes Normas y Reglamentos para los cálculos del edificio industrial:

- Plan General SECTOR 8 L`Alcúdia
- CTE DB SE de "Seguridad Estructural"
- CTE DB SE-AE de "Acciones en la edificación"
- CTE DB SE-C "Cimentación"
- CTE DB SE-A del "Acero"
- Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08)
- Eurocódigo 2 Proyecto de Estructuras de Hormigón
- Eurocódigo 3 Proyecto de Estructuras de Acero

4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

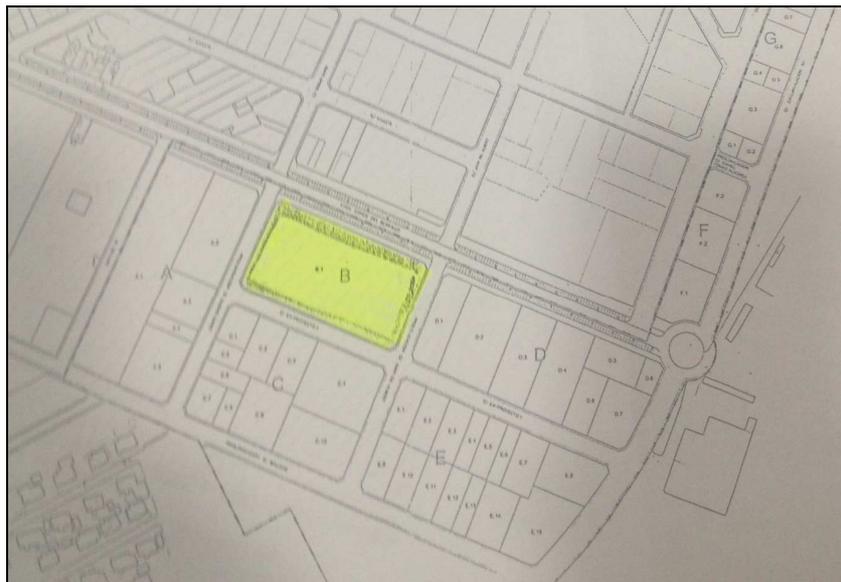
El terreno donde se pretende edificar se encuentra ubicado en el Polígono Industrial “la creu” de L`Alcúdia, perteneciente al sector 8 del mismo.



4.1 Mapa de situación del solar

La avenida principal (Conde del Serrallo) del polígono tiene acceso directo a la autovía A-7 en dirección hacia Valencia.

Además el solar cuenta con una gran accesibilidad desde cualquiera de las calles que lo rodean. El terreno a edificar se accede mediante la Avda. Conde del Serrallo de 30.97 m., y el resto de las calles de 15m. de ancho.



4.2 Imagen Plano polígono "la creu" L'Alcudia

La nave se construirá en la Avda. Conde del Serrallo esquina con calle Siscars y la parte posterior de la nave dará a la calle Olof Palme.

La orientación de la nave se realizará de la manera determinada por si en un futuro se pueden instalar placas solares (orientación idónea hacia el sur).

Se pretende ubicar varios accesos a la nave. En la Avda. Conde Serrallo (oeste) se situará un acceso principal para las personas, mientras que en la calle Siscars (norte) se construirá una entrada para vehículos, maquinaria o cualquier otro objeto que deba ser transportado debido a su peso y tamaño.

El polígono dispone de todos los servicios urbanísticos, alcantarillado, pavimento de calzada, distribución agua potable, y energía eléctrica.

Características del terreno:

Dado que las obras se situarán en el polígono de L'Alcúdia, y cerca de donde existen edificaciones, en las cuales se ha considerado y visto el tipo de terreno arcilloso-arenoso coherente de tipo homogéneo y con la presión admisible de 0.15-0.2 MPa, se considera suficiente dicha presión para la ejecución de la obra.

El terreno en cuestión es suelo urbano de tipología "industrial".

La cimentación a base de zapatas rígidas arriostradas.

5. REQUERIMIENTOS ESPACIALES

El proyecto se ha estudiado para una nave de superficie rectangular sin uso específico y una sola planta.

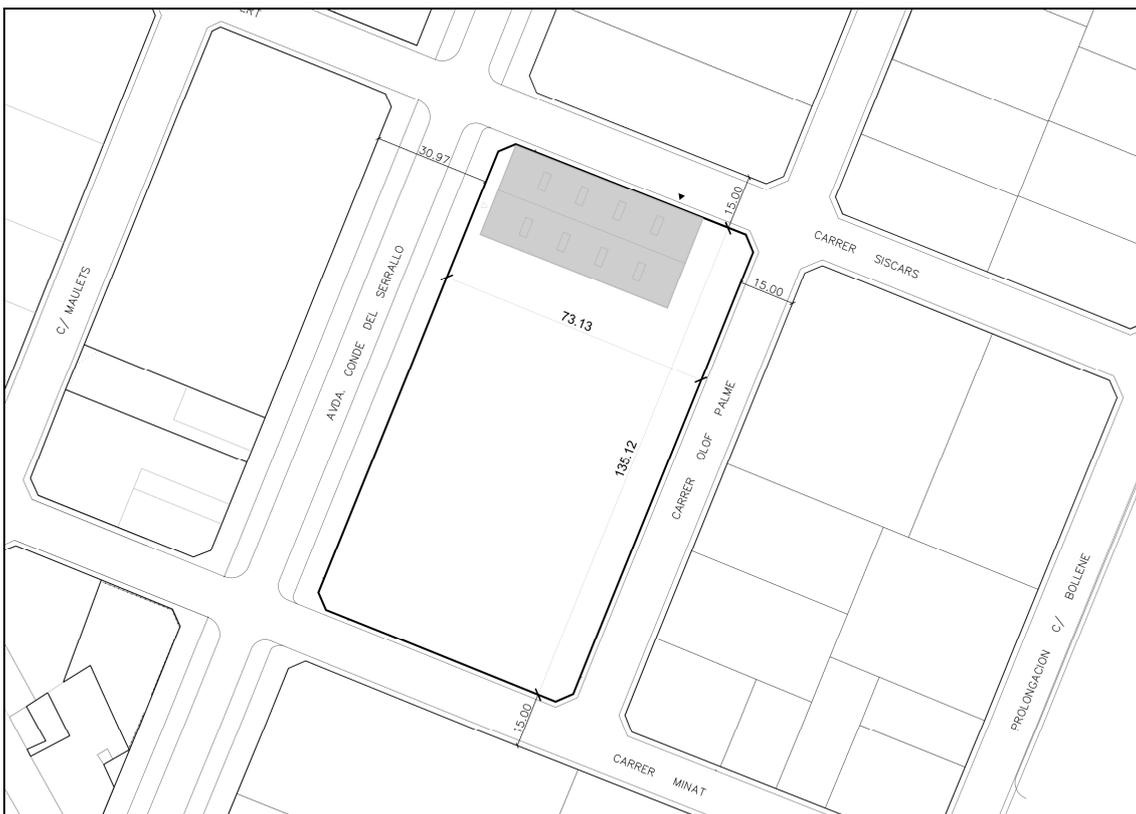
La nave industrial tendrá dos accesos:

1º Acceso principal por la fachada oeste.

2º Acceso secundario para vehículos en la fachada norte.

La parcela donde se sitúa la nave tiene una superficie de 9841.38 m² y la nave 1404 m² con lo cual solo se ocupará el 15% de la parcela aprox.

Superficie Parcela	9841.38 m ²
Superficie Nave	1404 m ²



5.1 Imagen Plano emplazamiento

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOTADA

6.1 Actuaciones previas

La parcela tiene un terreno arenoso y compacto, además no existe ningún tipo de vegetación ni elementos que impidan la construcción de la nave.

Por lo tanto solo se realizará el movimiento de tierras para las zapatas y cimentación de la nave.

Además el polígono dispone de todos los servicios urbanísticos, alcantarillado, pavimento de calzada, distribución de agua potable y energía eléctrica.

6.2 Cimentación y solera

En primer lugar, para la cimentación se necesitan zapatas aisladas rígidas arriostradas a base de hormigón armado HA-25 de resistencia característica 25 N/mm².

Las vigas de atado serán de 40 cm ancho por 40 cm de canto arriostrando horizontal y verticalmente las zapatas.

Las zapatas serán de dimensiones varias:

- 1º Para los pilares de las esquinas de la nave serán cuadradas de 190x190 y 55 cm de canto (N48 y N1) y 200x200 y 55 cm de canto (N46 y N3).
- 2º Para los pilares de los pórticos fachada serán cuadradas de 240x240 y 55 cm de canto.
- 3º Para los pilares de las fachadas laterales serán rectangulares de 180x360 y 70 cm de canto.



6.1 Imagen zapata aislada

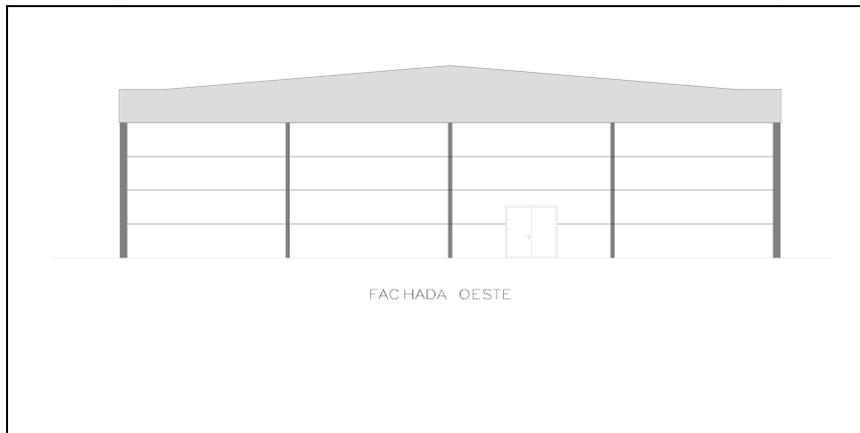
No se deberá verter el hormigón desde alturas superiores a los 2 m con el fin de evitar la disgregación.

La solera será del tipo semipesada con una sub-base de 15 cm de espesor con una compactación del 98%. Se utilizará hormigón HA-25\ II a de 15 cm de espesor. Esta solera estará apoyada sobre zahorras compactadas de espesor de 15 cm.

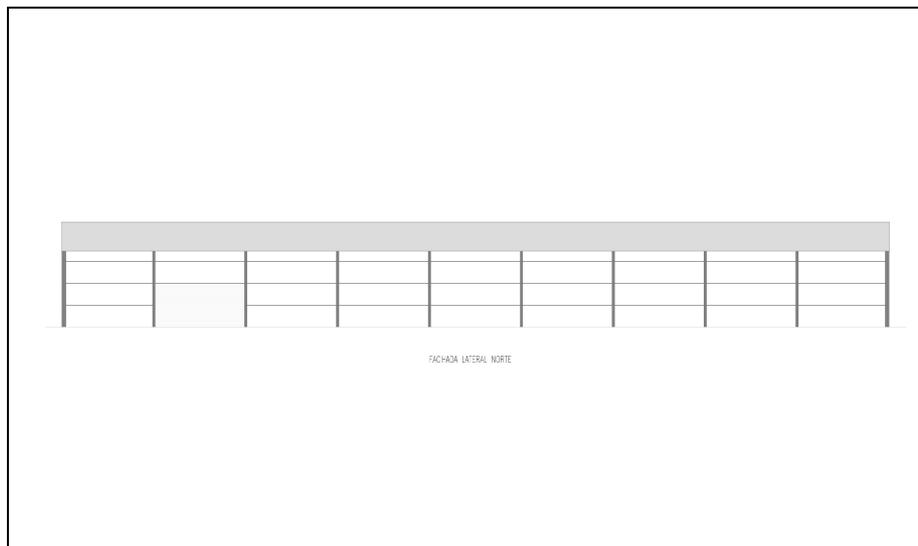
6.3 Cerramientos

La nave presentará cerramientos exteriores iguales de 5.99m x 1.63m y todos los paneles tendrán 16 cm de espesor. Estos paneles se colocarán de forma horizontal y serán blancos para toda la nave.

En cuanto a la cubierta, como la estructura es metálica y a dos aguas la cubierta más adecuada será una de panel metálico tipo sándwich.



6.2 Imagen fachada frontal

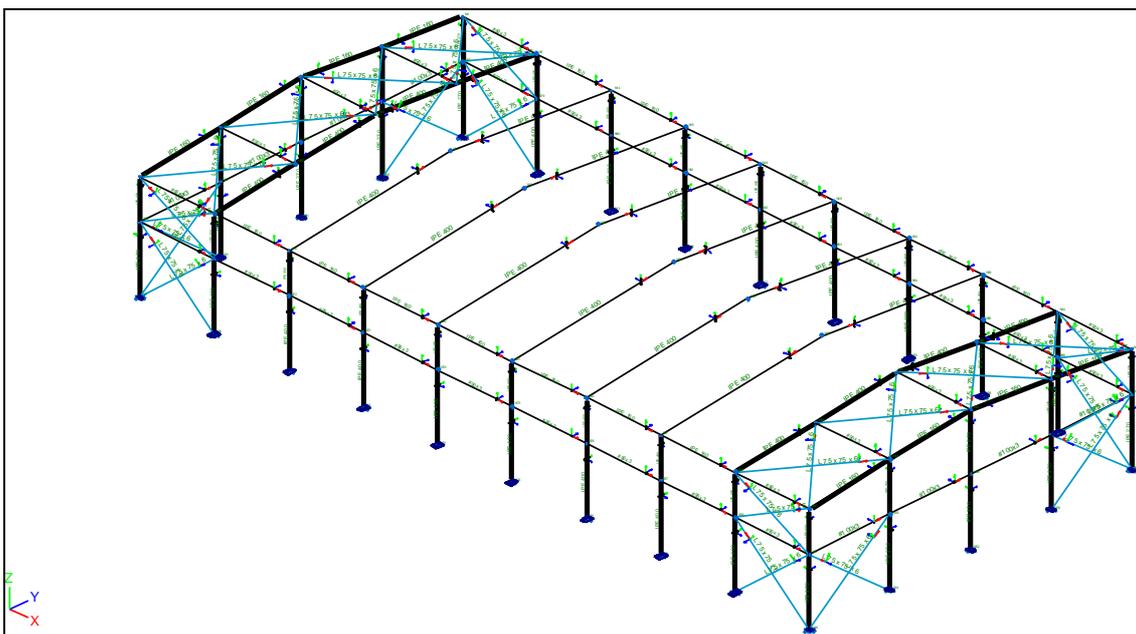


6.3 Imagen fachada lateral

6.4 Estructura

El proyecto se ha estudiado para naves sin uso específico con pórticos separados entre sí 6m, con dinteles a dos aguas.

La altura se ha ido a 8m. en los pilares y para la cumbrera una altura de 9.3 m. Los pilares de los pórticos de fachada tienen una separación de 6.5 m. En general, las dimensiones de la nave son 54 m. de profundidad, 26 m. de luz y 9.3 m. de altura de cumbrera.



6.4 Imagen estructura 3D

Los pilares de los pórticos de fachada tendrán un perfil IPE 270 y la jácena de los mismos IPE 160. En cuanto a pilares y jácena de pórticos interiores serán de perfil IPE 400. La viga perimetral tendrá un perfil IPE 160.

El perfil para las correas de la cubierta será en CF 180x3.0 y de fijación rígida, para los arriostramientos de fachada lateral y frontal perfiles en L 75x75x6 y finalmente los montantes tendrán un perfil cuadrado (#), # 90x3 en fachada lateral y cubierta, #100x3 la viga intermedia de los pórticos fachada.

Los pórticos serán empotrados en base. Finalmente para la cimentación se tendrá zapatas rígidas aisladas de hormigón que van unidas por las vigas de atado o riostras y la solera también de hormigón HA-25.

1.5 Instalaciones

La red de saneamiento horizontal para recogida de aguas pluviales se hará mediante canalones conectados a la red de saneamiento vertical que se hace mediante bajantes de PVC cogida a cada pilar con abrazaderas metálicas, con arquetas de conexión a la red general de alcantarillado

1.6 Materiales

A continuación se describe los materiales utilizados para la construcción de la estructura de la nave industrial, tanto para la estructura metálica como para la cimentación:

a) Estructura metálica:

- Para todos los pilares de la estructura y la estructura metálica en general se utiliza acero laminado **S 275**, $Y_s = 1.05$.
- Para las correas el tipo de acero a utilizar será conformado **S235**, $Y_s = 1.05$.

b) Cimentación:

- Para las zapatas y vigas se utiliza acero corrugado **B-500 S**, $Y_s = 1.15$.
- Se rellenará con hormigón **HA-25**, $Y_s = 1.5$.

El acero de la estructura metálica seguirá las normas impuestas por el CTE. Los materiales de la cimentación la normativa EHE-08.

Los datos de la siguiente tabla se han extraído de catálogos sobre aceros y sus características mecánicas:

Acero	Características Mecánicas	
	Límite elástico (N/mm ²)	Tensión de rotura (N/mm ²)
Conformado S235	235	360
Laminado S275	275	410
Corrugado B-500 S	500	550

6.5 Tabla características mecánicas acero

El hormigón que se utiliza para la cimentación será **HA-25/IIa**, hormigón armado de resistencia característica a la compresión a 28 días de **25 N/mm²**, de consistencia plástica, con tamaño máximo del árido 20 mm y exposición tipo de ambiente **IIa**.

7. RESUMEN DE PRESUPUESTO

<u>Nº</u>		<u>Precio (€)</u>	<u>%</u>
1.	Presupuesto parcial Movimiento de tierras	14.252,16	3,83
2.	Presupuesto parcial Cimentación	89.251,97	23,96
3.	Presupuesto parcial Estructura	90.656,93	24,34
4.	Presupuesto parcial Cerramiento exterior	147.173,77	39,51
5.	Presupuesto parcial Cubierta	28.985,50	7,78
6.	Presupuesto parcial Cerrajería exterior	2.160,07	0,58

Presupuesto de ejecución material **372.480,40**

15 % Gastos Generales	55.872,06
6 % Beneficio Industrial	22.348,82
Suma gastos generales y beneficio industrial	78.220,88
21 % I.V.A.	94.647,27

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL **545.348,55**

Los valores mas importantes a destacar:

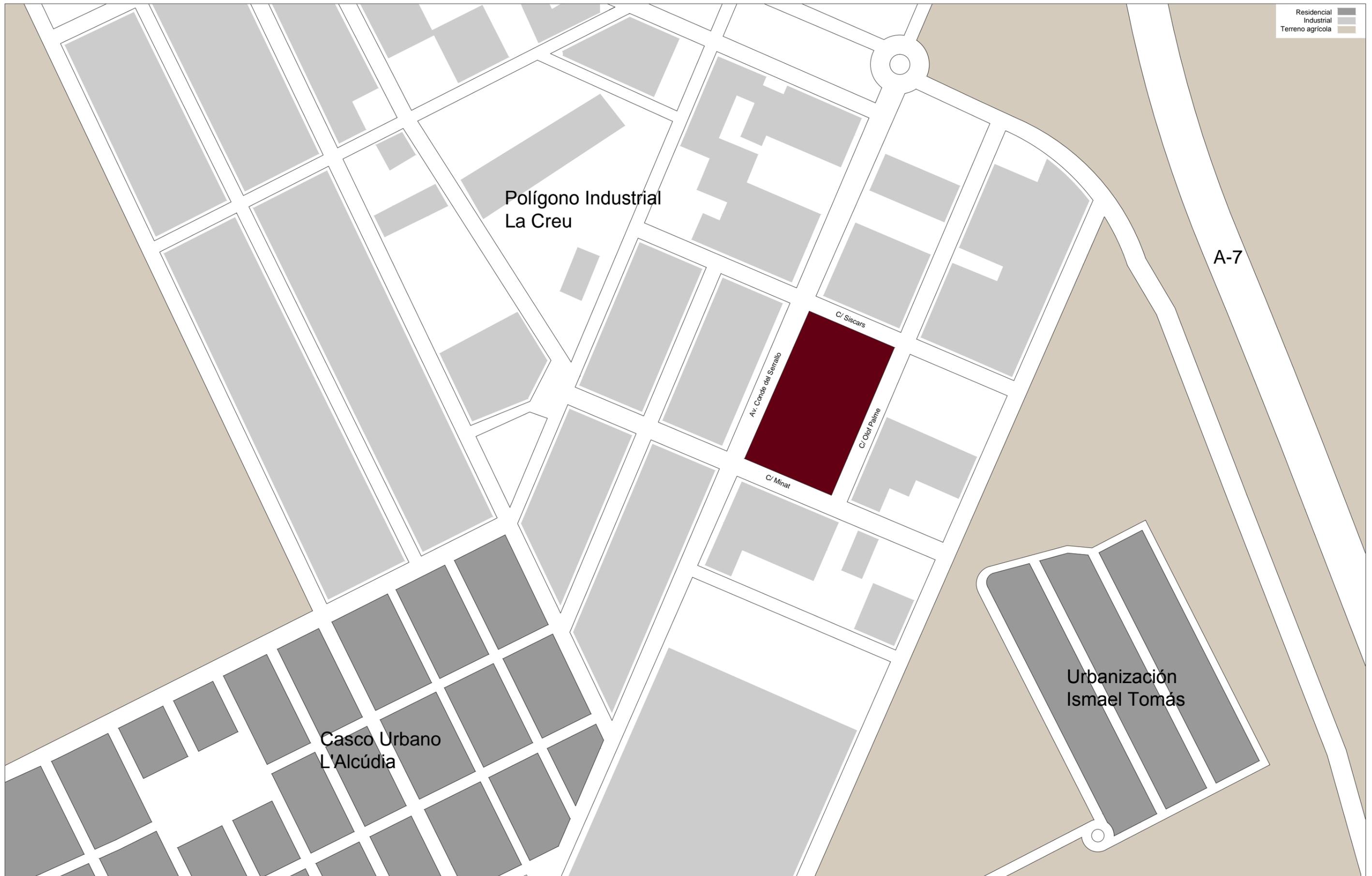
	Precio (€)	Precio x m2 (€/m2)
1º Estructura	90.656,93	64,57
2º Cimentación	89.251,97	63,57
Suma E+C	179908,90	128,14
Total Presupuesto	545.348,55	388,42

En la siguiente tabla se indica el precio de cada tipo de acero:

Tipo	KG	€/KG	Precio (€)
B500S	3.209,02	1,17	3.754,55
S275	31.587,30	2,36	74.546,03
S235	7.160,40	2,25	16.110,90
COSTE TOTAL			94.411,48

8. ÍNDICE PLANOS

1. SITUACIÓN
2. SITUACIÓN II
3. REPLANTEO PILARES
- 4.1 CIMENTACIÓN
- 4.2 DETALLES CIMENTACIÓN
- 4.3 DETALLES CIMENTACIÓN II
5. FACHADAS ESTE Y OESTE
6. FACHADAS LATERALES NORTE Y SUR
7. PLANTA CUBIERTA
8. ESTRUCTURA PÓRTICOS FACHADA ESTE Y OESTE
9. ESTRUCTURA PÓRTICOS TIPO 1 Y 2
10. ESTRUCTURA FACHADAS LATERALES NORTE Y SUR
11. ESTRUCTURA CUBIERTA
12. ESTRUCTURA NAVE 3D
13. DETALLES ESTRUCTURA
14. DETALLES SOLDADURAS





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR
INGENIEROS
INDUSTRIALES
VALENCIA

Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL DE 1404 m² SITUADO EN L' ALCUDIA

Autor: Bernardo Bello Chenoll

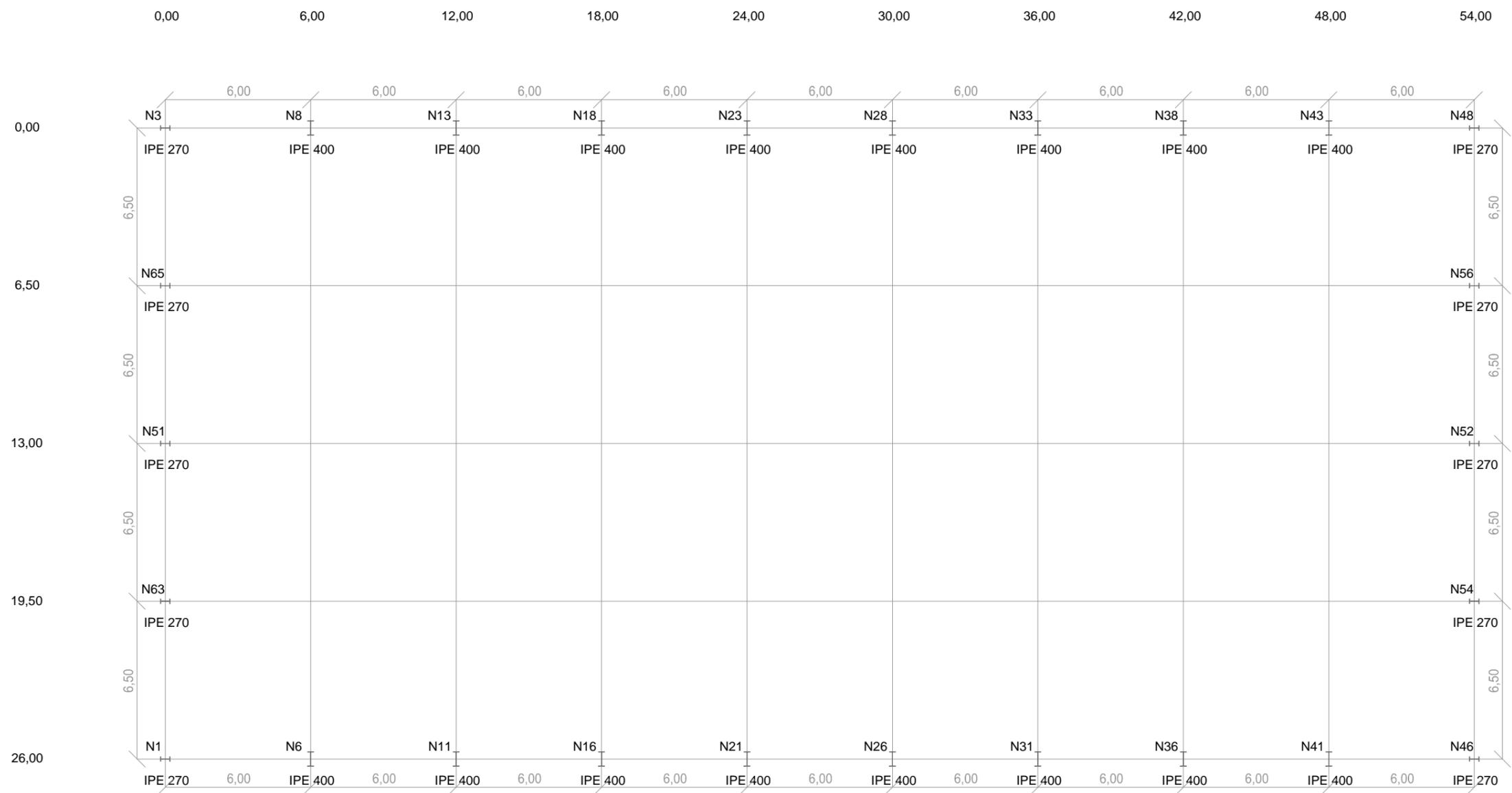
Plano: SITUACIÓN

Fecha: Sept. 2014

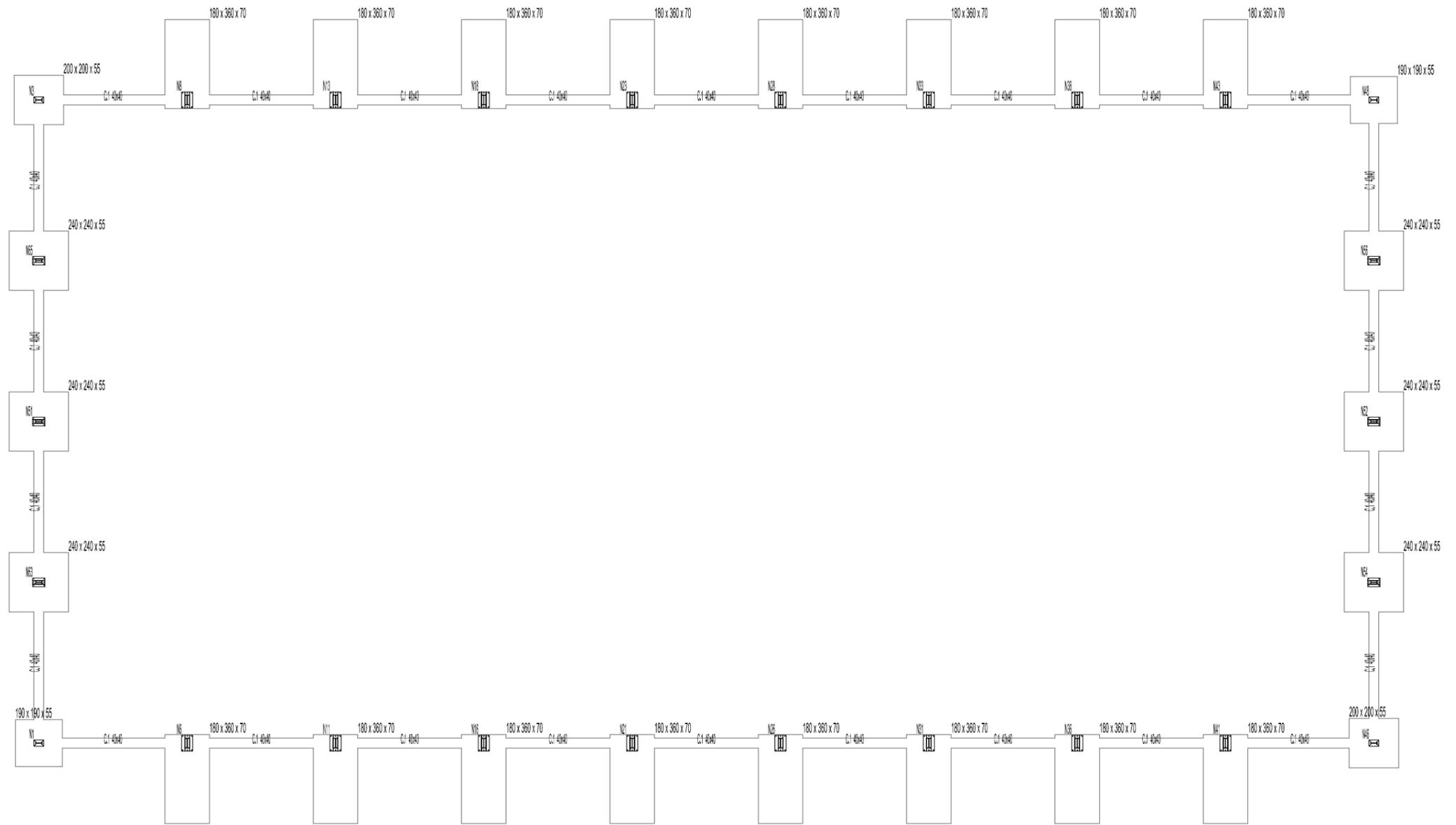
Escala: 1:1000

Nº Plano:

2

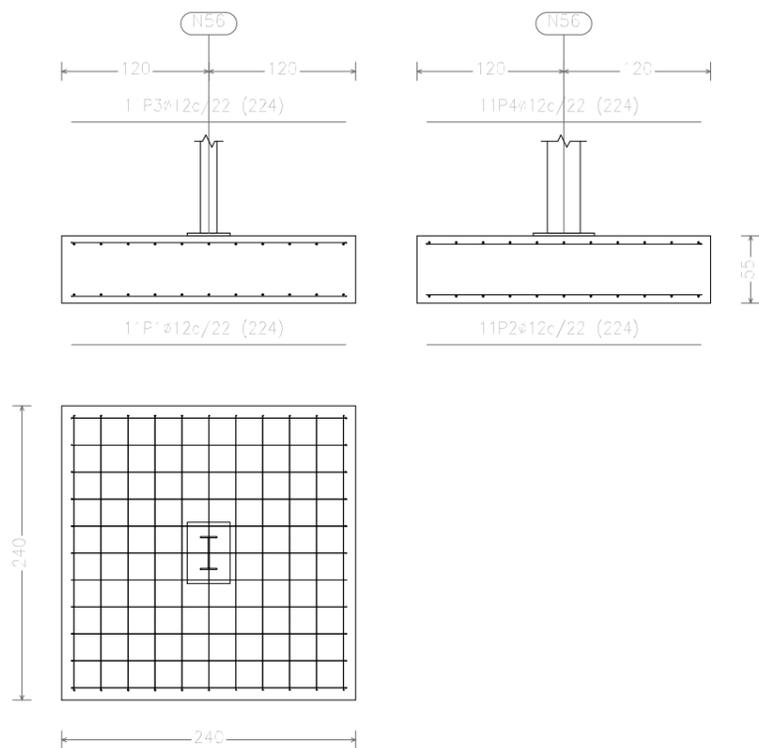


CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES – ZAPATAS DE CIMENTACION Y MUROS									
MATERIALES	HORMIGON					ACERO			
	CONTROL			CARACTERÍSTICAS		CONTROL		CARACT.	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Pond.	Tipo	Consistencia	Tamaño Max. Arido	Exposicion Ambiente	Nivel Control	Coef. Pond.	Tipo
ZAPATAS Y RIOSTRA	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25	Plástico o blando (9-15 cm.)	30/40 mm.	Ila	Normal	$\gamma_s = 1.15$	B-500S
MUROS	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25	Plástico o blando (9-15 cm.)	30/40 mm.	Ila	Normal	$\gamma_s = 1.15$	B-500S
ACERO ESTR.	Estadístico	$\gamma_c = 1.50$	HA-25	Plástico o blando (9-15 cm.)	30/40 mm.		Normal	$\gamma_s = 1.15$	S275
Ejecucion(Acciones)	Normal	$\gamma_c = 1.50$ $\gamma_o = 1.60$	ADAPTADO A LA INSTRUCCION EHE						
Exposicion/Ambiente	Terreno		Terreno protegido u hormigon de limpieza	I	Ila	Ilb	Illa		
Recubrimientos nominales(mm.)	80		50	30	35	40	45		
NOTAS									
-Control Estadístico en EHE, equivale a control normal									
-Solapes segun EHE									
-El acero utilizado debere estar garantizado con un distintivo reconocido, sello CIETSID, CC-EHE, ...									
RECUBRIMIENTOS NOMINALES									
			1a -Recubrimiento inferior contacto terreno ≥ 7 cm. 1b -Recubrimiento con hormigon de limpieza 5cm. 2 -Recubrimiento superior libre 4/5cm. 3 -Recubrimiento lateral contacto terreno ≥ 7 cm. 4 -Recubrimiento lateral libre 4/5cm.						
DATOS GEOTECNICOS									
-TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO CONSIDERADA $\sigma_{adm} = 2.25 \text{ Kg/cm}^2$									



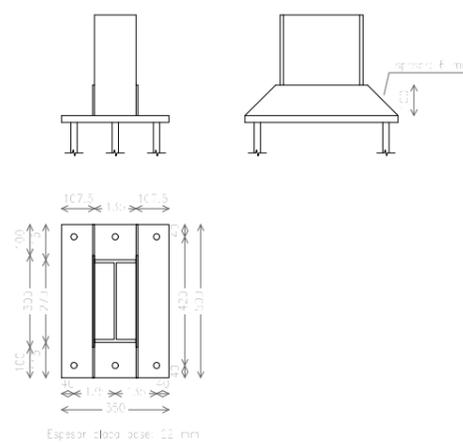
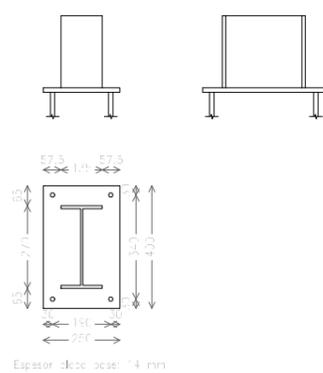
Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
Elemento, viga y Placa de anclaje			
B 500 S, $\gamma_s=1.15$	$\varnothing 8$	529.3	230
	$\varnothing 12$	3956.6	3864
			4094

Cuadro de anclajes		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41, N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38 y N43	6Ø25 mm L=50 cm	450x650x22 (mm)
N48, N46, N1 y N3	4Ø14 mm L=45 cm	250x400x14 (mm)
N56, N54, N63 y N65	6Ø20 mm L=35 cm	350x500x22 (mm)
N52 y N51	6Ø20 mm L=40 cm	350x500x22 (mm)



Dimensiones: Base = 200x200 mm (S20)
 Perros = Ø8 mm E 400 S₁₅ = 1,5
 Ref. placas: N5-N52
 Escala: 1 : 20

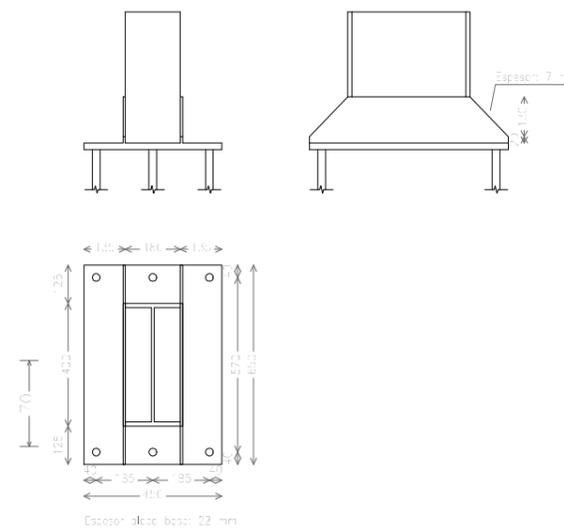
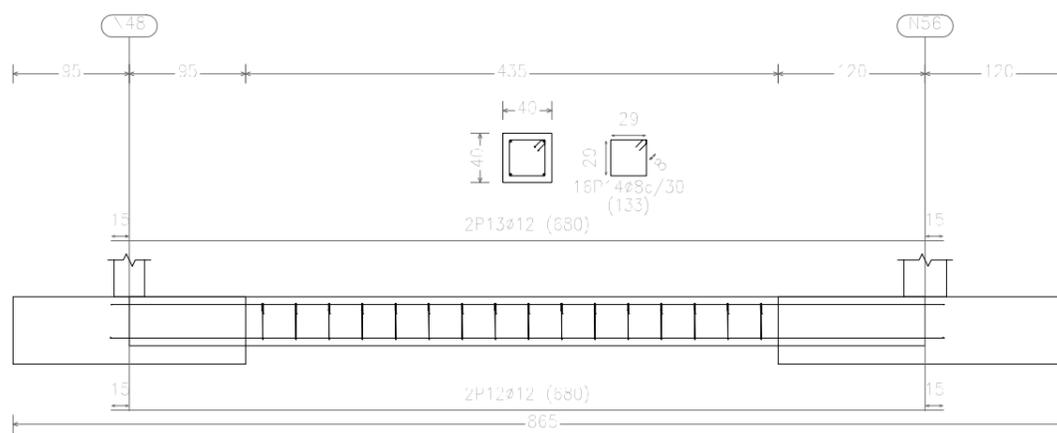
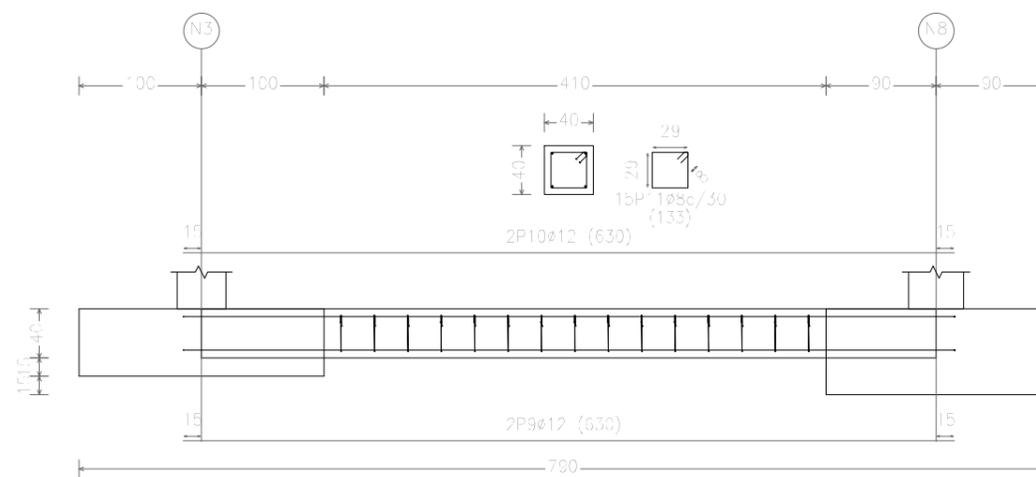
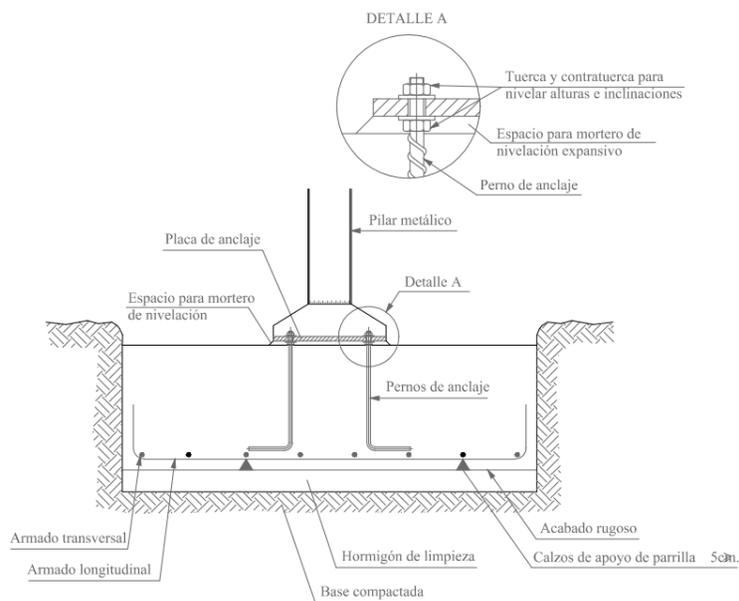
Dimensiones: Base = 200x200 mm (S20)
 Perros = Ø8 mm E 400 S₁₅ = 1,5
 Ref. placas: N5-N52
 Escala: 1 : 20



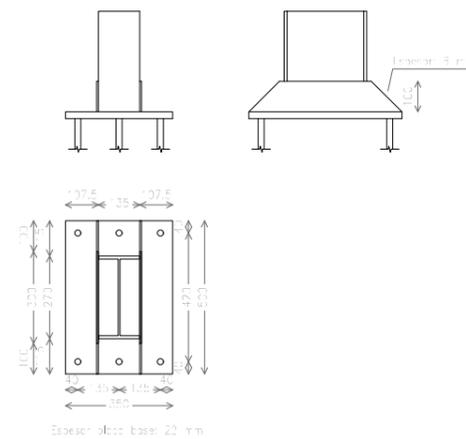
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Pat. (cm)	Recta (cm)	Pat. (cm)	Lona. (cm)	Total (cm)	B 500 S ₁₅ (kg)	
N56-N52-N54-N53-N51-N52	1	Ø12	12		224		224	2524	21,8	
	2	Ø12	12		224		224	2524	21,8	
	3	Ø12	12		224		224	2524	21,8	
	4	Ø12	12		224		224	2524	21,8	
Total (%):									86,4	
N46-N43	5	Ø12	9		184		184	1356	14,7	
	6	Ø12	9		184		184	1356	14,7	
	7	Ø12	9		184		184	1356	14,7	
	8	Ø12	9		184		184	1356	14,7	
Total (%):									57,4	
Total (%):									143,8	
C [N3-N3]-C [N8-N3] C [N3-N3]-C [N8-N3] C [N3-N3]-C [N28-N3] C [N3-N3]-C [N28-N3]	9	Ø12	2		630		630	1250	11,2	
	10	Ø12	2		630		630	1250	11,2	
	11	Ø8	15		132		132	1995	7,8	
	Total (%):									30,2
	Total (%):									174,0
C [N8-N3]-C [N8-N3] C [N8-N3]-C [N8-N3] C [N8-N3]-C [N8-N3]	12	Ø12	2		680		680	1350	12,1	
	13	Ø12	2		680		680	1350	12,1	
	14	Ø8	15		132		132	2178	8,4	
Total (%):									32,6	
Total (%):									206,6	
Ø8:									231,0	
Ø12:									1303,4	
Total:									1534,4	

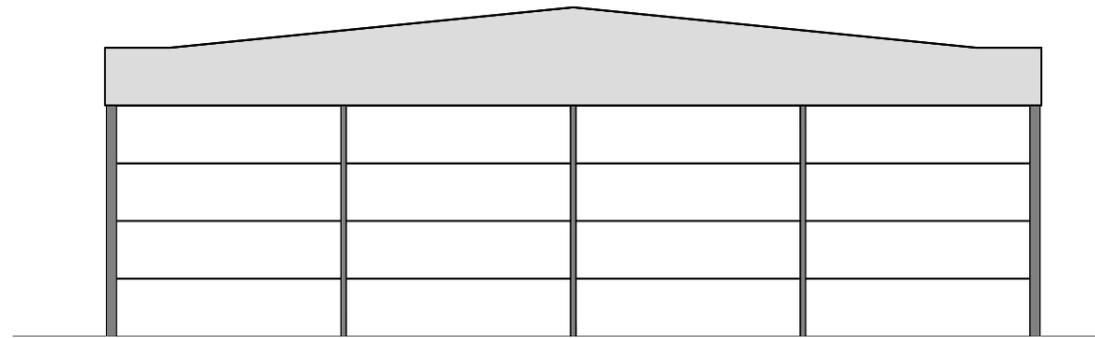
Dimensiones: Base = 200x200 mm (S20)
 Perros = Ø8 mm E 400 S₁₅ = 1,5
 Ref. placas: N5-N52-N54-N53-N51-N52-N54-N53-N51-N52-N54-N53-N51-N52
 Escala: 1 : 20

DETALLE CONSTRUCTIVO ZAPATA Y PLACA DE ANCLAJE

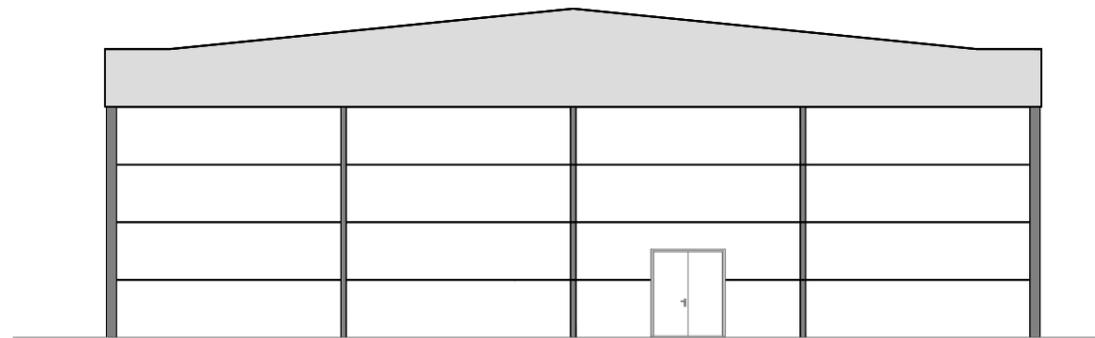


Dimensiones: Base = 200x200 mm (S20)
 Perros = Ø8 mm E 400 S₁₅ = 1,5
 Ref. placas: N5-N52-N54-N53-N51-N52-N54-N53-N51-N52-N54-N53-N51-N52
 Escala: 1 : 20

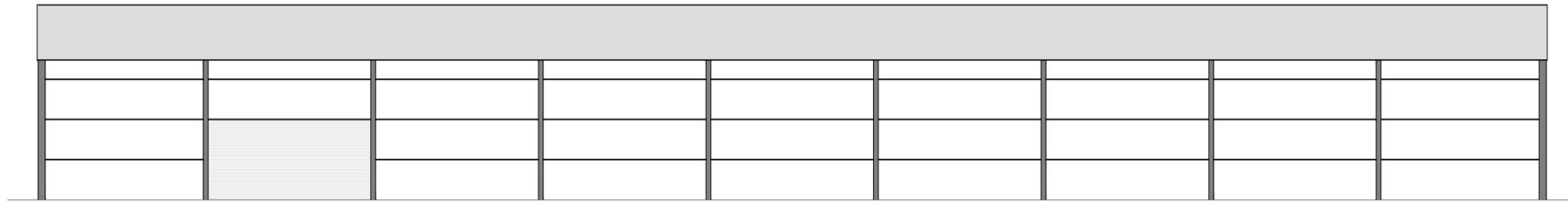




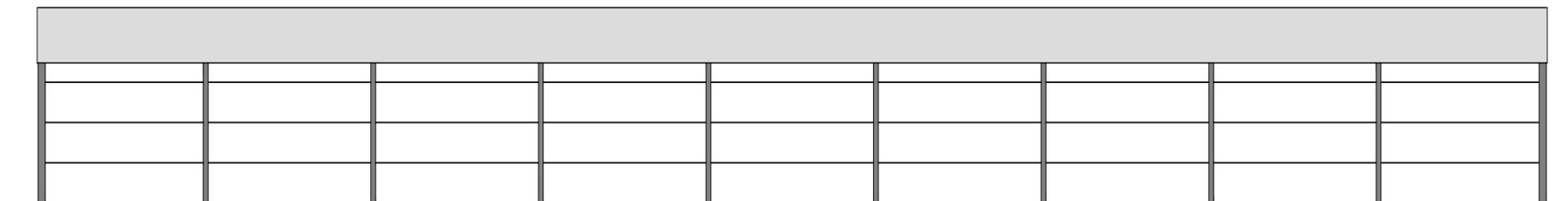
FACHADA ESTE



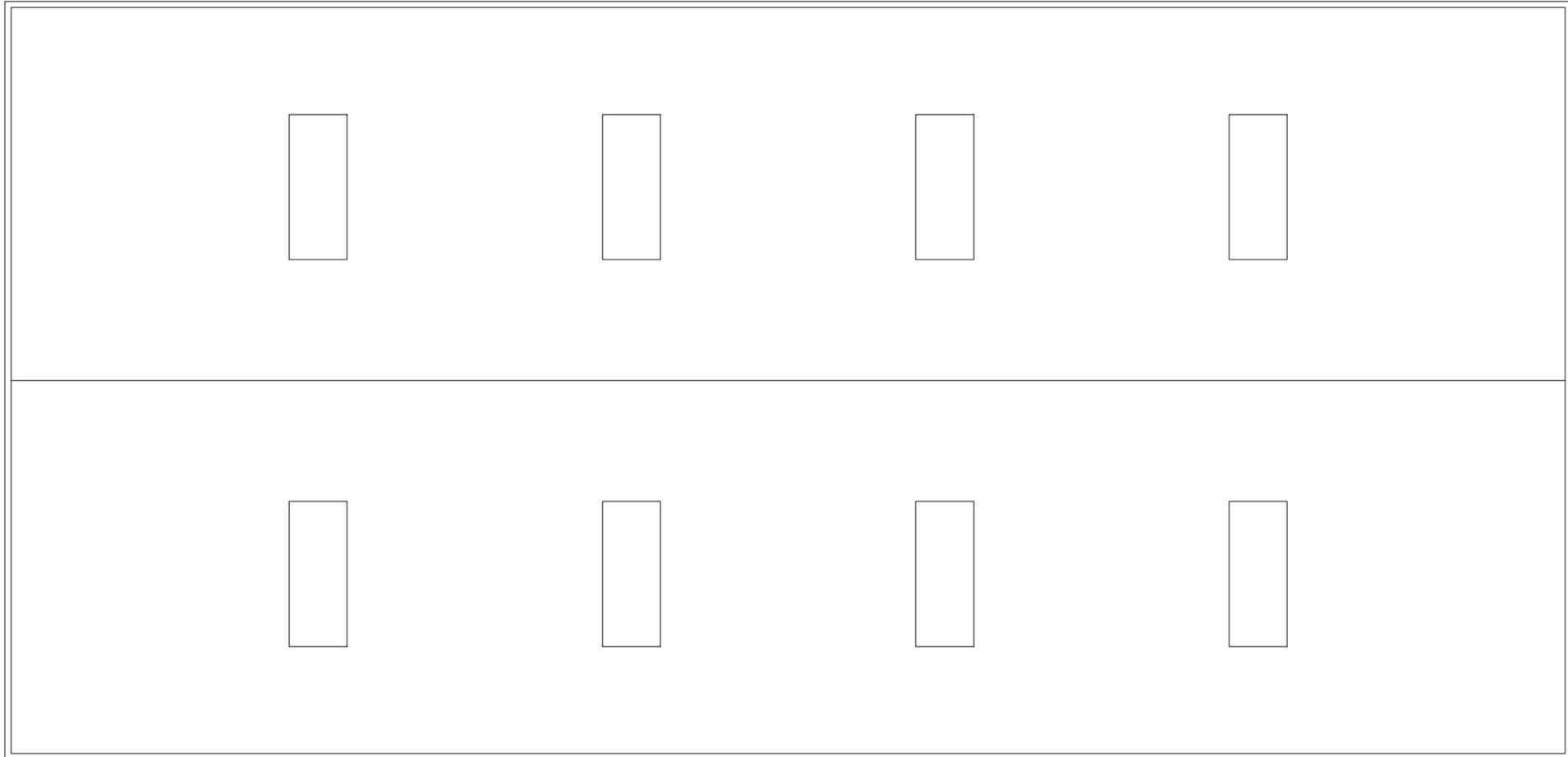
FACHADA OESTE



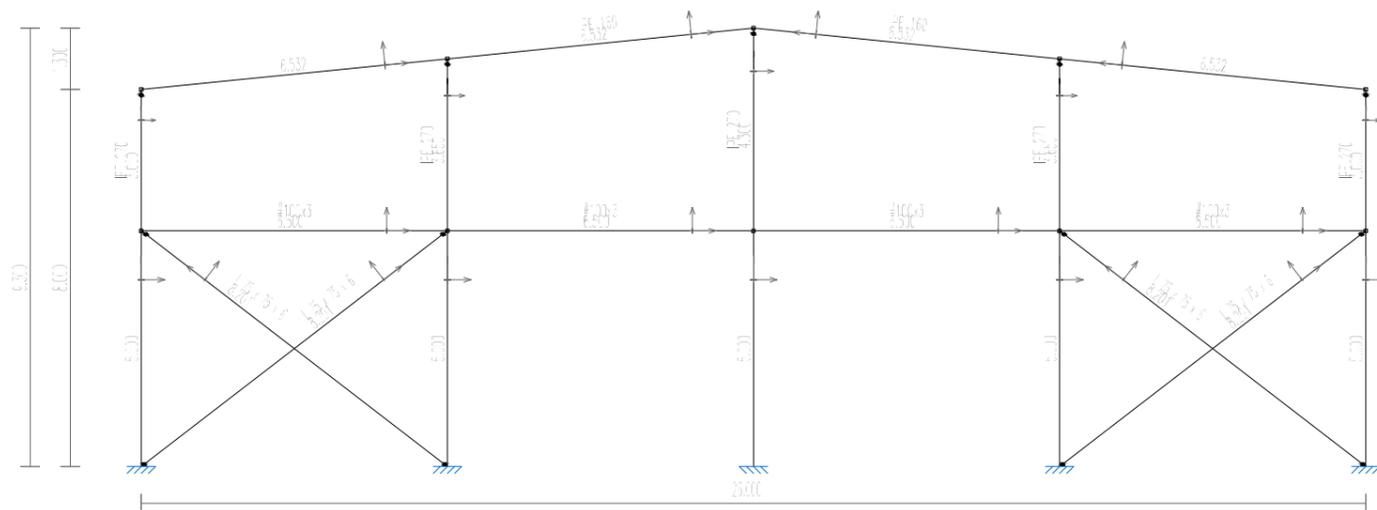
FACHADA LATERAL NORTE



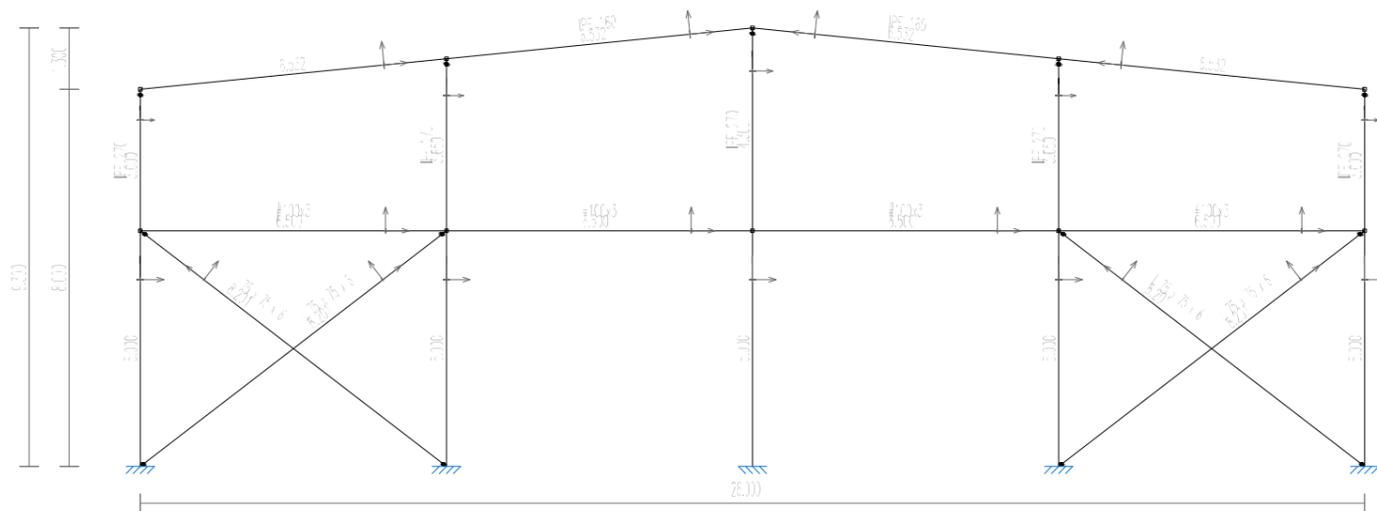
FACHADA LATERAL SUR

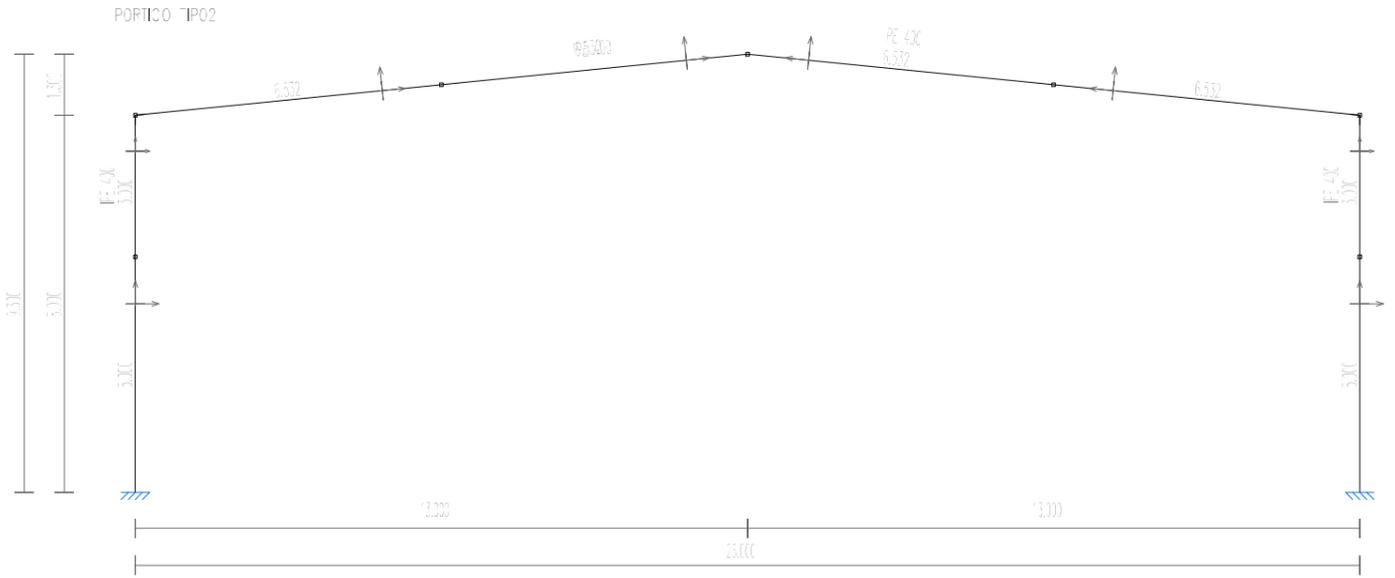
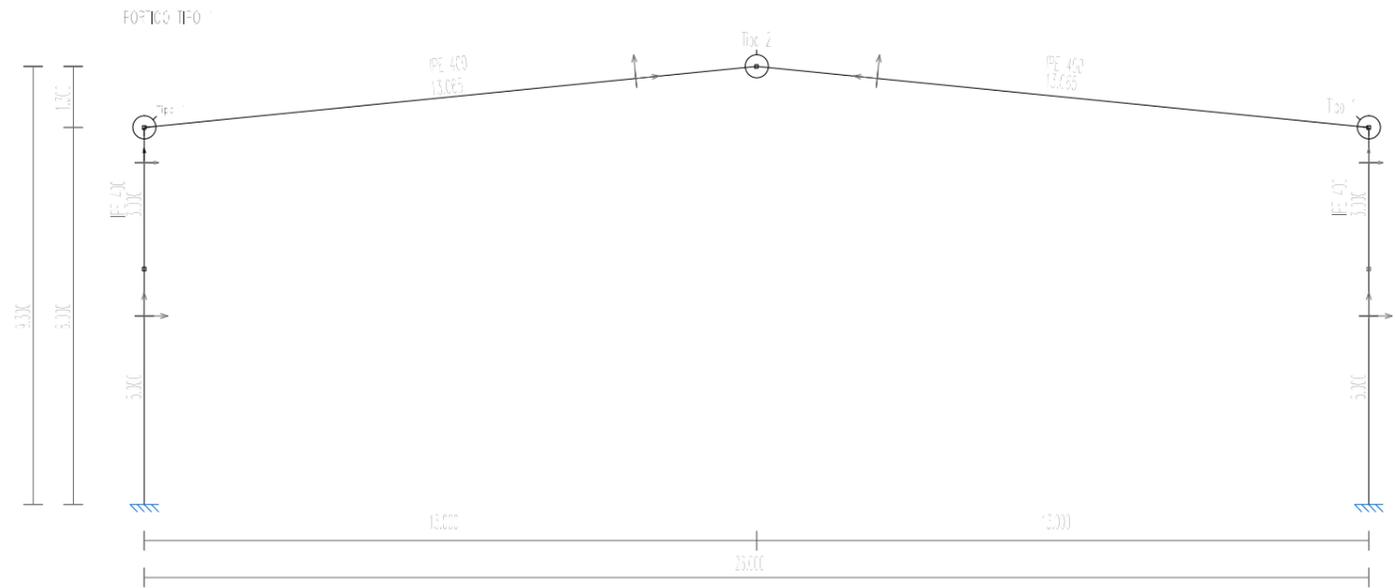


2D: PFACHADA

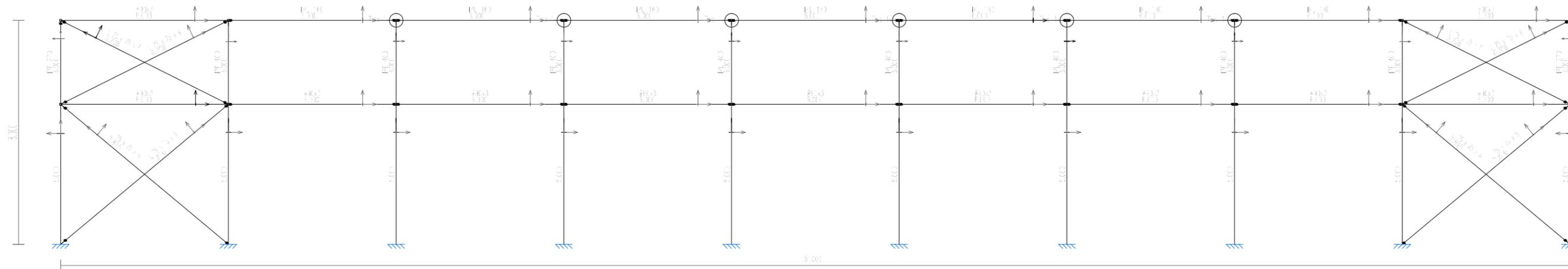


2D: frontaB

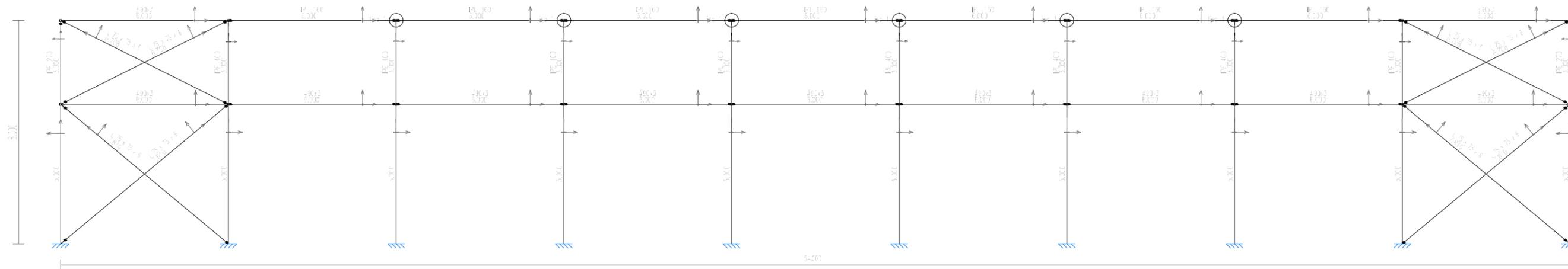




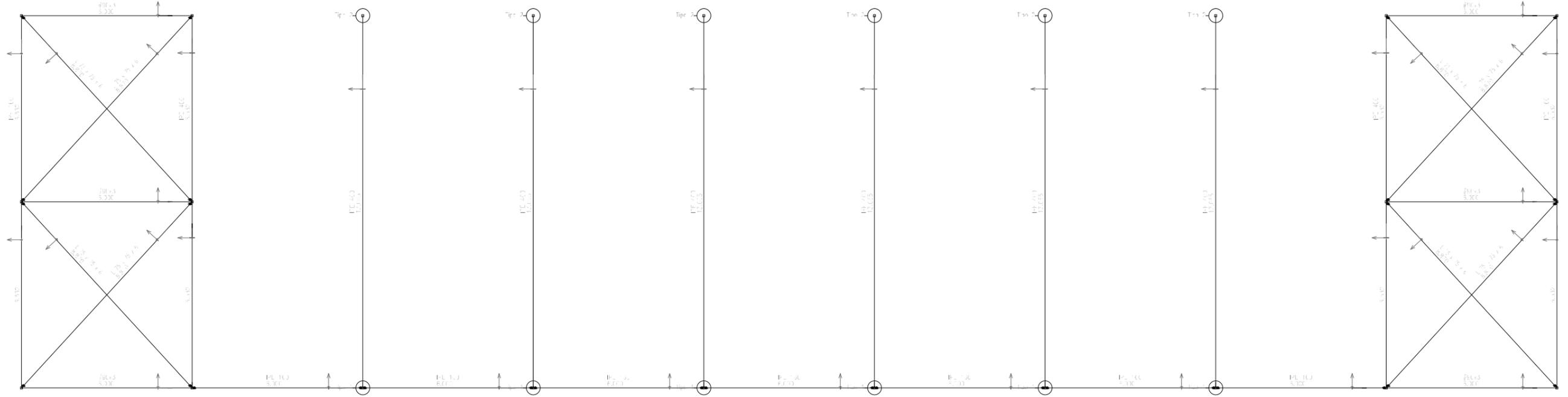
2D: lateralB



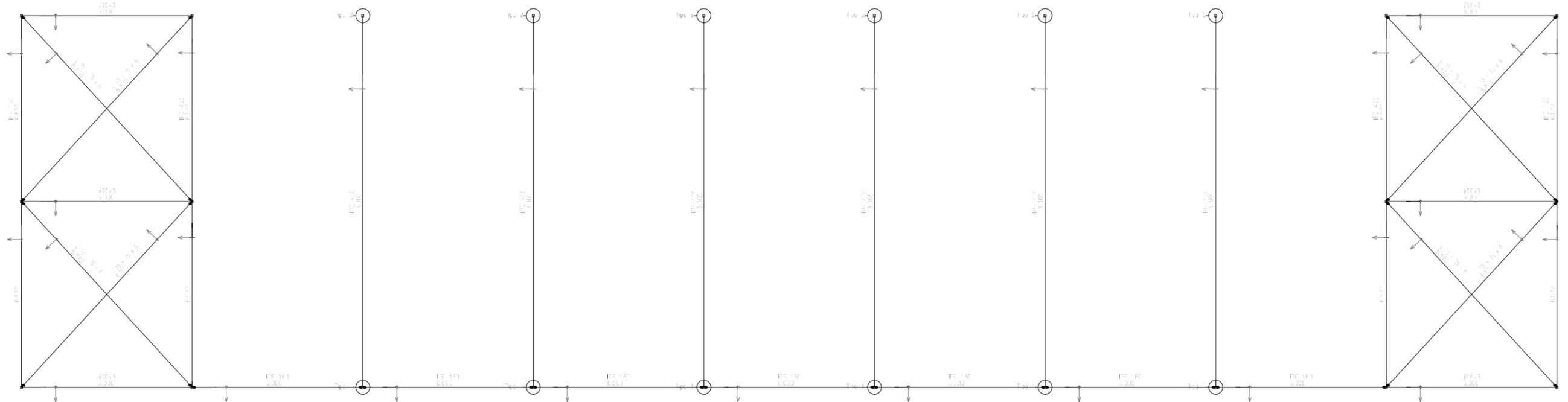
2D: fachada lateral

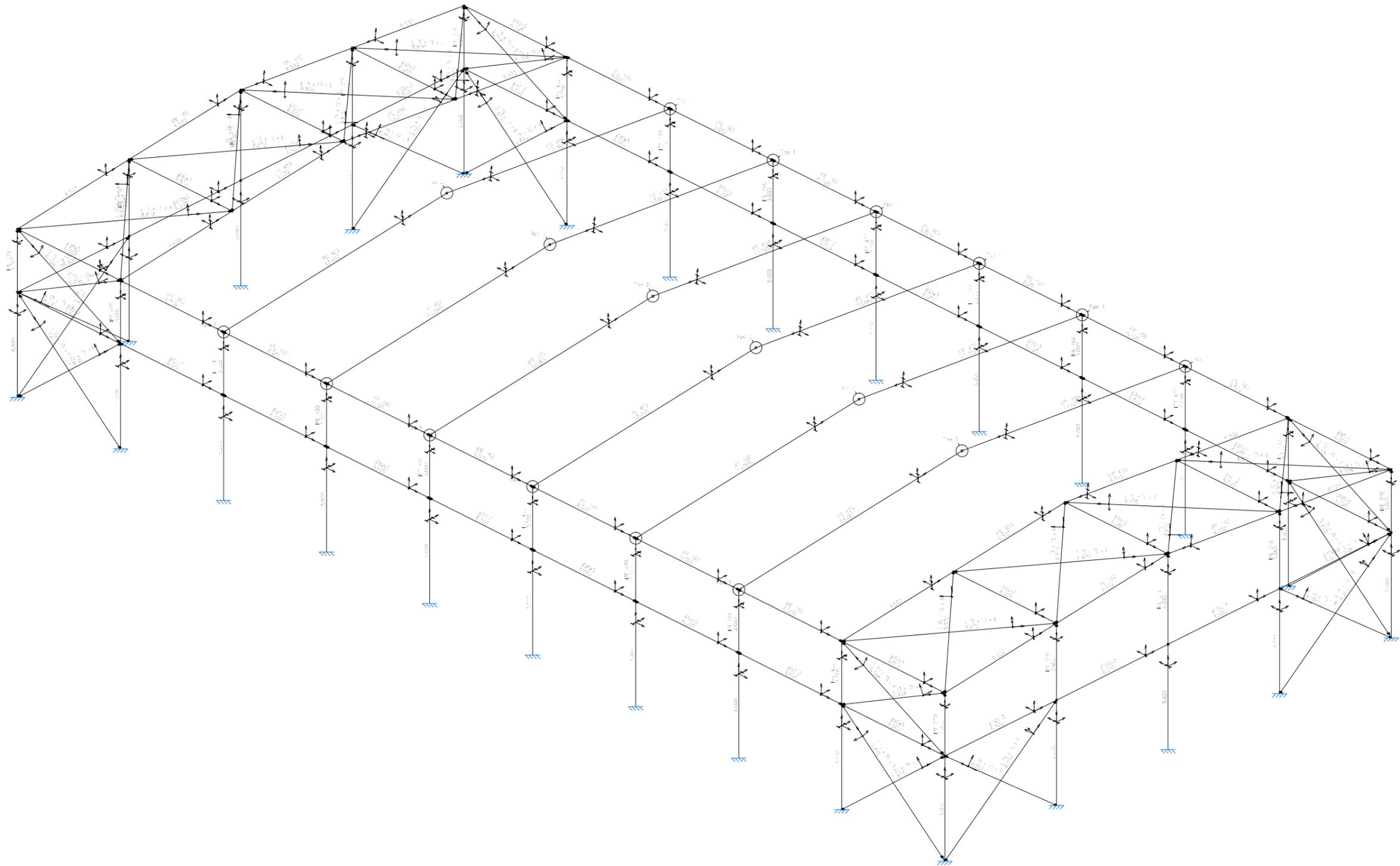


faldonA

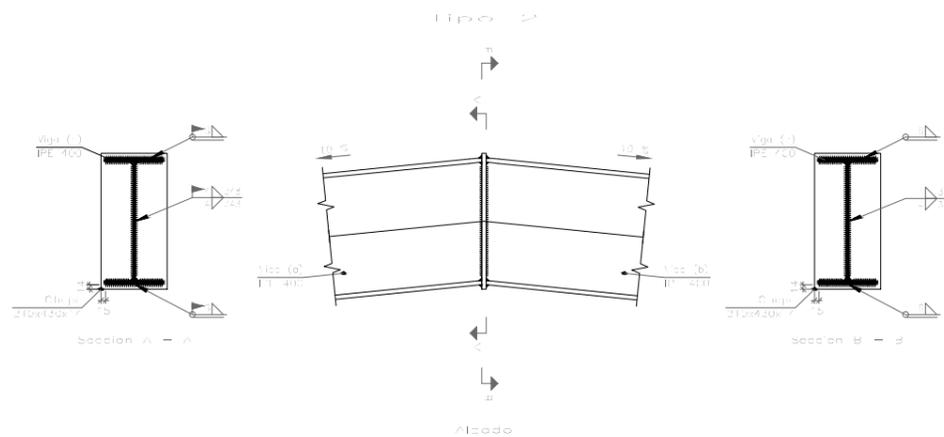
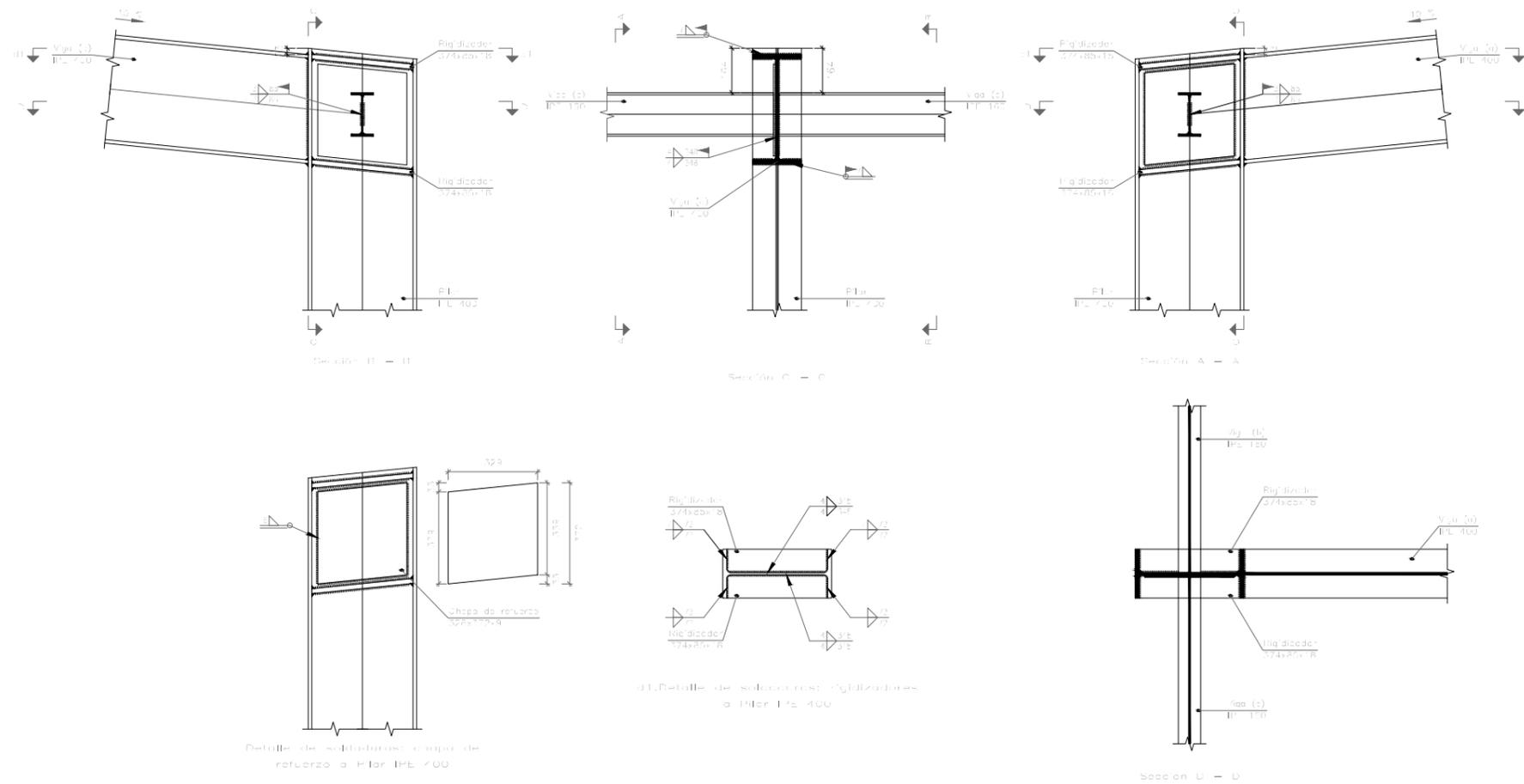


faldonB





Tipo 1



Soldaduras				
f (MPa)	Ejecución	Tipo	Esesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
430.0	En taller	En ángulo	4	37567
			6	20285
			7	6931
			8	6931
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	4080
			4	12518
			6	4218
		7	7786	

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	28	374x85x18	217.89
	Chapas	12	328x372x9	103.70
		6	210x430x14	59.54
Total				381.13

Relación de uniones		
Tipo	Cantidad	Nudos
1	2	N12, N14, N17, N19, N22, N24, N27, N29, N32, N34, N37 y N39
2	6	N15, N20, N25, N30, N35 y N40

UNIONES SOLDADAS EN ESTRUCTURA METÁLICA

NORMA:

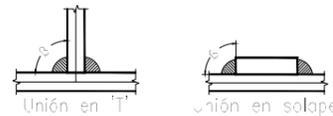
CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

MATERIALES:

- Perfiles (Material base): S275.
- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4. CTE DB SE-A)

DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS:

- 1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- 2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- 3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- 4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.
- 5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:
 - Si se cumple que $\beta > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
 - Si se cumple que $\beta < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.



COMPROBACIONES:

- a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:
En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.
- b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:
Se comprobará como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3o del CTE DB SE-A).
- c) Cordones de soldadura en ángulo:
Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

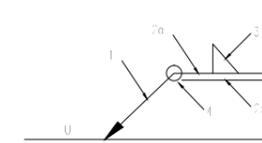
REFERENCIAS Y SIMBOLOGÍA

a [mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.c CTE DB SE-A



l [mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

MÉTODO DE REPRESENTACIÓN DE SOLDADURAS



Referencias:
1: línea de la flecha
2a: línea de referencia (línea continua)
2b: línea de identificación (línea a trazos)
3: símbolo de soldadura
4: indicaciones complementarias
L: Unión

Referencias 1, 2a y 2b



El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.



El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

Referencia 3

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura en ángulo		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chafán)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz completo		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

Referencia 4

Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje

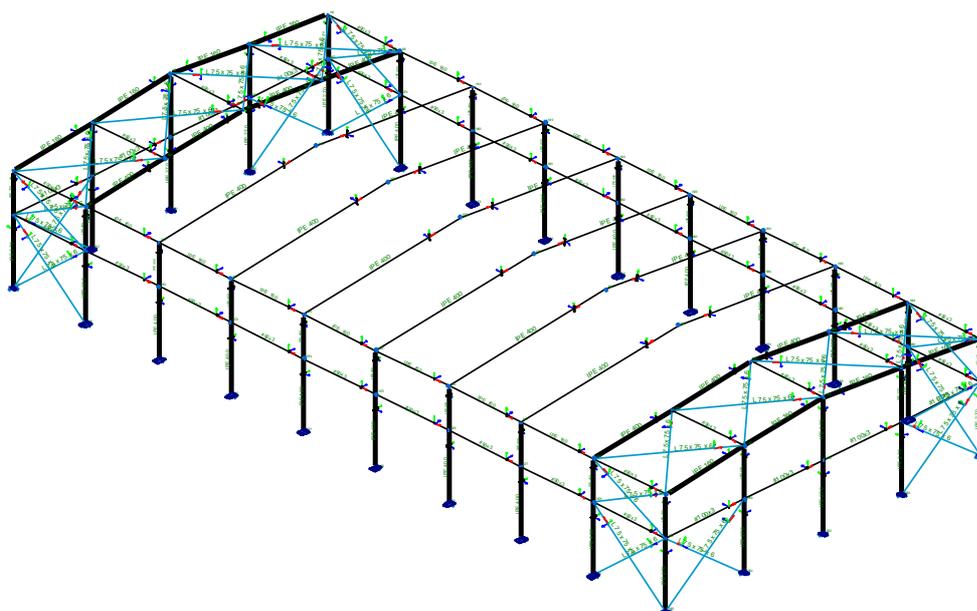
ANEXO CÁLCULOS

Índice:

1) MODELO ESTRUCTURAL.....	3
2) MATERIALES.....	4
2.1 Hormigón	4
2.2 Acero	4
3) ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO.....	5
3.1 Estados Límites	7
3.2 Situaciones de proyecto	7
3.3 Cargas en barras	10
4) ESTRUCTURA METÁLICA.....	15
4.1 Correas.....	15
4.2 Pórtico interior	20
4.3 Pórtico de fachada	57
4.4 Viga contraviento.....	113
4.5 Arriostramiento de fachada lateral	133
4.6 Viga perimetral	155
4.7 Placas de anclaje	168
5) CIMENTACIONES	170
5.1 Zapatas	170
5.2 Vigas	173

1. MODELO ESTRUCTURAL

La estructura del proyecto ha sido idealizada en un conjunto de barras y nudos. El cálculo de dicha estructura se ha realizado mediante el programa CYPE 2014, el cual emplea un modelo elástico y lineal con un método matricial de cálculo de estructuras. Gracias a éste software español hemos conseguido recopilar los datos descritos a continuación. Entre estos se encuentran los materiales, las acciones sobre el edificio, la estructura metálica y las cimentaciones.



1.1 Imagen Estructura 3D

2. MATERIALES

Los materiales que se emplearán para la construcción del edificio industrial son los siguientes:

2.1 Hormigón:

El hormigón empleado en la cimentación además de la solera de la nave será el hormigón HA-25:

Material	E (N/mm ²)
Tipo	
HA-25/B/20/IIa	27264

El siguiente acero será el empleado en la armadura y los pernos de la placa de anclaje:

Material		E (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	σ (N/mm ²)
Tipo	Designación			
Acero corrugado	B500S	200.000	500	550

E: Módulo de elasticidad

f_y: Límite elástico

σ: Tensión de rotura

2.2 Acero:

Para la estructura de la nave industrial se empleará acero laminado S275 a excepción de las correas, las cuales el acero más adecuado es el acero conformado S235: En la siguiente tabla se describen algunas de sus características más importantes:

Material		E (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	Perfiles
Tipo	Designación				
Acero laminado	S275	209785	275	410	IPE, L, #
Acero conformado	S235	209785	235	360	CF

E: Módulo de elasticidad

f_y: Límite elástico

σ: Tensión de rotura

3 ACCIONES SOBRE EL EDIFICIO

Para realizar el cálculo de las acciones se ha considerado CTE y su documento Base SE-A.

Por tanto, se ha tenido en cuenta las cargas permanentes, tanto peso propio como el peso cerramiento, así como las cargas variables en las que se incluyen sobrecargas de uso más las acciones correspondientes al viento y la nieve.

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m²
- Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m²

Con cerramiento en laterales

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m²

Categoría de uso: G1.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		q_k	Q_k
				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	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0.4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla. Valores Característicos de las sobrecargas de uso

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

Datos de viento

La normativa considerada para las acciones del viento es: CTE DB SE-AE (España).

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

$$q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p$$

q_b : presión dinámica

c_e : coeficiente de exposición

c_p : coeficiente eólico

El polígono de L'Alcudia, donde se situará el edificio industrial, pertenece a la **Zona Eólica A**. Con lo cual la presión dinámica tendrá un valor de 0.42 KN/ m².

Grado de aspereza: **IV**.

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 54.00

Sin huecos.

- 1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 4 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 5 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 6 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

Datos de nieve

La normativa considerada para las acciones del viento es: CTE DB SE-AE (España).

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

$$q_n = \mu(\alpha) \cdot s_k(H, ZC)$$

μ : coeficiente de forma de cubierta

s_k : valor característico de la carga de nieve

Como el polígono de L'Alcudia está situado a 26 m de altitud topográfica y la zona de clima invernal es 5, entonces el valor característico de la carga de nieve será de 0.2 kN/m²

Como valor de coeficiente de forma tomaremos 1.

Cubierta sin resaltes

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas a la carga de nieve son 3 :

- 1 - N(EI): Nieve (estado inicial)
- 2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1
- 3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

3.1 Estados límites

Perfiles conformados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Perfiles laminados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

3.2 Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- **Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08

Persistente o transitoria

	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Tensiones sobre el terreno:

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Desplazamientos

integridad V+S+N				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	0.500

integridad S cubierta				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	0.001	0.001	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

apariencia V+N+S				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

aparición S cubierta				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_D)	Acompañamiento (ψ_A)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				

3.3 Cargas en barras

A continuación se muestran las cargas aplicadas en las barras de algunos de los pórticos de la estructura (pórticos 2, 3 y 10):

Pórtico 2

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	1.41 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.85 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.20 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	1.41 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.85 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.20 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	1.15 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	2.40 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	5.77 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	2.54 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.36 (R)	0.33 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.36/1.00 (R)	0.27 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.86 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.58 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	0.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.61 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	1.15 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	2.40 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.58 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	0.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.36 (R)	0.33 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.36/1.00 (R)	0.27 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.86 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	5.77 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	2.54 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.61 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 3

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	1.41 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.52 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.20 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	1.41 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.52 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	3.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.20 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	1.15 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	2.40 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	5.15 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	2.54 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.67 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.58 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	0.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.61 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	1.15 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	2.40 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.58 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	0.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	2.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.67 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	5.15 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	2.54 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	0.06 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.61 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	1.27 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 10

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	0.70 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.57 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.57 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.10 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.51 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Carga permanente	Uniforme	---	0.70 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.10 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.57 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.57 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	2.51 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	0.58 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	1.20 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	3.56 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	1.27 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.30 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	1.29 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	0.25 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	1.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	1.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.36 (R)	1.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.36/1.00 (R)	1.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.73 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.32 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Carga permanente	Uniforme	---	0.58 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Sobrecarga de uso	Uniforme	---	1.20 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	1.29 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	0.25 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.86 (R)	1.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.86/1.00 (R)	1.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	1.30 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	3.56 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	1.27 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.14 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior	Faja	0.14/1.00 (R)	0.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.00/0.36 (R)	1.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Faja	0.36/1.00 (R)	1.50 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior	Uniforme	---	0.73 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	Nieve (estado inicial)	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 1	Uniforme	---	0.64 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Nieve (redistribución) 2	Uniforme	---	0.32 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Descripción de las abreviaturas:

R : Posición relativa a la longitud de la barra.

EG : Ejes de la carga coincidentes con los globales de la estructura.

EXB : Ejes de la carga en el plano de definición de la misma y con el eje X coincidente con la barra.

4. ESTRUCTURA METÁLICA

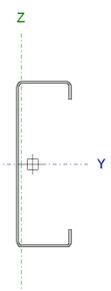
4.1. Correas

Para las correas el perfil utilizado es el acero conformado en C.

El peso de la cubierta, la sobrecarga de uso, el viento y la nieve se transmite a las correas, y de ahí a la jacena hasta los pilares.

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-180x3.0	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.75 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida
Comprobación de resistencia	

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 87.98 %
Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-180x3.0 Material: S235																																																																																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="6">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm²)</th> <th>I_y⁽¹⁾ (cm⁴)</th> <th>I_z⁽¹⁾ (cm⁴)</th> <th>I_t⁽²⁾ (cm⁴)</th> <th>y_g⁽³⁾ (mm)</th> <th>z_g⁽³⁾ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.871, 54.000, 8.087</td> <td>0.871, 48.000, 8.087</td> <td>6.000</td> <td>9.60</td> <td>457.60</td> <td>44.45</td> <td>0.29</td> <td>12.47</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td colspan="9"> Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pandeo</td> <td colspan="2">Pandeo lateral</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Plano XY</td> <td>Plano XZ</td> <td>Ala sup.</td> <td>Ala inf.</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>β</td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>L_K</td> <td>0.000</td> <td>6.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>C₁</td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="9"> Notación: β: Coeficiente de pandeo L_K: Longitud de pandeo (m) C₁: Factor de modificación para el momento crítico </td> </tr> </tbody> </table>	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)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	0.871, 54.000, 8.087	0.871, 48.000, 8.087	6.000	9.60	457.60	44.45	0.29	12.47	0.00	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad									Pandeo		Pandeo lateral								Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					β	0.00	1.00	0.00	0.00					L _K	0.000	6.000	0.000	0.000					C ₁	-		1.000						Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								
	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)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)																																																																																	
	0.871, 54.000, 8.087	0.871, 48.000, 8.087	6.000	9.60	457.60	44.45	0.29	12.47	0.00																																																																																	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad																																																																																									
Pandeo		Pandeo lateral																																																																																								
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																																																																																						
β	0.00	1.00	0.00	0.00																																																																																						
L _K	0.000	6.000	0.000	0.000																																																																																						
C ₁	-		1.000																																																																																							
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico																																																																																										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z V _y V _z	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t) ^{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 6 m η = 88.0	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 6 m η = 12.9	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 88.0

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)											Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	
<p>Notación:</p> <p>b / t: Relación anchura / espesor</p> <p>$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez</p> <p>N_t: Resistencia a tracción</p> <p>N_c: Resistencia a compresión</p> <p>M_y: Resistencia a flexión. Eje Y</p> <p>M_z: Resistencia a flexión. Eje Z</p> <p>M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial</p> <p>V_y: Resistencia a corte Y</p> <p>V_z: Resistencia a corte Z</p> <p>N_tM_yM_z: Resistencia a tracción y flexión</p> <p>N_cM_yM_z: Resistencia a compresión y flexión</p> <p>NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a cortante, axil y flexión</p> <p>M_tNM_yM_zV_yV_z: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>												
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p>⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p>⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p>⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.</p> <p>⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁸⁾ No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁹⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽¹⁰⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p>												

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

Se debe satisfacer:

h/t ≤ 250

h / t : 56.0 ✓

b/t ≤ 90

b / t : 16.0 ✓

c/t ≤ 30

c / t : 4.7 ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ c/b ≤ 0.6

c / b : 0.292

Donde:

h: Altura del alma. **h : 168.00 mm**

b: Ancho de las alas. **b : 48.00 mm**

c: Altura de los rigidizadores. **c : 14.00 mm**

t: Espesor. **t : 3.00 mm**

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.880 \checkmark$
Para flexión positiva:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.871, 48.000, 8.087, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.	
M_{v,Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{v,Ed}⁺ : 10.01 kN·m
Para flexión negativa:	
M_{v,Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{v,Ed}⁻ : 0.00 kN·m
La resistencia de cálculo a flexión M_{c,Rd} viene dada por:	
$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$	M_{c,Rd} : 11.38 kN·m
Donde:	
W_{el} : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.	W_{el} : 50.84 cm ³
f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_{yb} : 235.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.129 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.871, 48.000, 8.087, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 8.79 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{b,Rd} viene dado por:	
$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$	V_{b,Rd} : 67.90 kN
Donde:	
h_w : Altura del alma.	h_w : 174.36 mm
t : Espesor.	t : 3.00 mm
φ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.	φ : 90.0 grados
f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.	
$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$	f_{bv} : 136.30 MPa
Siendo:	
λ_w : Esbeltez relativa del alma.	
$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$	λ_w : 0.67
Donde:	
f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_{yb} : 235.00 MPa
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 68.86 %

Coordenadas del nudo inicial: 25.129, 48.000, 8.087

Coordenadas del nudo final: 25.129, 54.000, 8.087

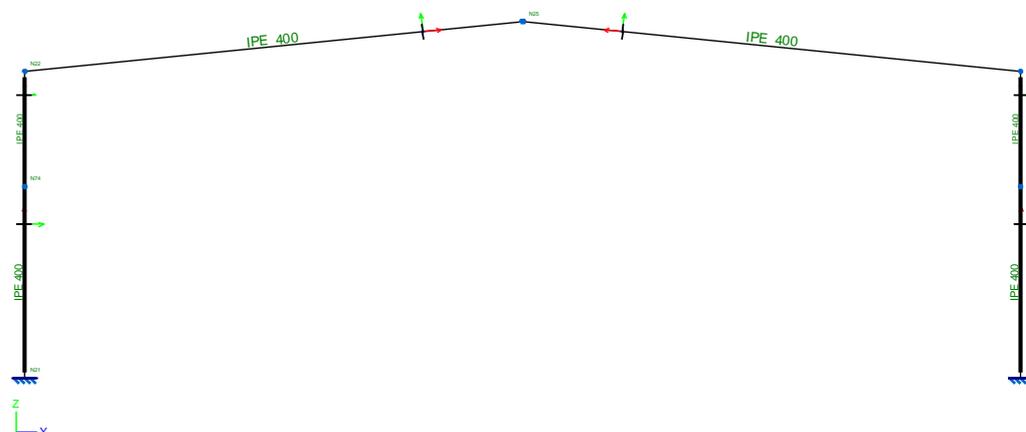
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(180^\circ) H1$ a una distancia 3.000 m del origen e n el segundo vano de la correa.

($I_y = 458 \text{ cm}^4$) ($I_z = 44 \text{ cm}^4$)

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m ²
Correas de cubierta	16	120.61	0.05

4.2 Pórtico Interior

En el pórtico interior tanto para los pilares como para la jacena el perfil es el IPE 400. La separación entre los pórticos es de 6 m.



4.2 Imagen Pórtico interior

1.- GEOMETRÍA

4.2.1 Geometría de Barras

4.2.1.1 Materiales utilizados

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: E: Módulo de elasticidad ν: Módulo de Poisson G: Módulo de cortadura f _v : Límite elástico α _t : Coeficiente de dilatación γ: Peso específico							

4.2.1.2 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β _{xy}	β _{xz}	L _{B_{Su}} D. (m)	L _{B_{Inf}} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N21/N74	N21/N22	IPE 400 (IPE)	-	5.000	-	0.70	2.24	-	-
		N74/N22	N21/N22	IPE 400 (IPE)	-	2.819	0.181	1.00	3.73	-	-
		N22/N25	N22/N25	IPE 400 (IPE)	0.201	12.864	-	0.13	1.99	-	-

Descripción											
Tipo	Material Designación	Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
					Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb _{sup.} : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb _{inf.} : Separación entre arriostramientos del ala inferior											

4.2.1.3 Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N21/N22 y N22/N25

Características mecánicas									
Material Tipo	Designación	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)
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.									

4.2.2 Cargas en Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación

de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N21/N74	Peso propio	Uniforme	0.651	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N74	Peso propio	Uniforme	1.408	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N74	V(0°) H1	Uniforme	3.140	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N21/N74	V(0°) H2	Uniforme	3.140	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N21/N74	V(90°) H1	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N21/N74	V(90°) H1	Uniforme	2.187	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N21/N74	V(180°) H1	Uniforme	1.445	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N21/N74	V(180°) H2	Uniforme	1.445	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N21/N74	V(270°) H1	Uniforme	2.198	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N74/N22	Peso propio	Uniforme	0.651	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N22	Peso propio	Uniforme	1.408	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N74/N22	V(0°) H1	Uniforme	3.140	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N74/N22	V(0°) H2	Uniforme	3.140	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N74/N22	V(90°) H1	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N74/N22	V(90°) H1	Uniforme	2.187	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N74/N22	V(180°) H1	Uniforme	1.445	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N74/N22	V(180°) H2	Uniforme	1.445	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N74/N22	V(270°) H1	Uniforme	2.198	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N22/N25	Peso propio	Uniforme	0.651	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N25	Peso propio	Uniforme	1.154	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N25	Q	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N25	V(0°) H1	Faja	2.544	-	1.870	13.065	Globales	0.000	-0.100	0.995
N22/N25	V(0°) H1	Faja	5.150	-	0.000	1.870	Globales	0.000	-0.100	0.995
N22/N25	V(0°) H2	Faja	0.062	-	0.000	1.870	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N22/N25	V(0°) H2	Faja	0.062	-	1.870	13.065	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N22/N25	V(90°) H1	Uniforme	2.606	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N22/N25	V(180°) H1	Faja	2.575	-	0.000	11.205	Globales	0.000	-0.100	0.995

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N22/N25	V(180°) H1	Faja	0.504	-	11.205	13.065	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N22/N25	V(180°) H2	Faja	2.450	-	11.205	13.065	Globales	0.000	-0.100	0.995
N22/N25	V(180°) H2	Faja	2.450	-	0.000	11.205	Globales	0.000	-0.100	0.995
N22/N25	V(270°) H1	Uniforme	2.606	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N22/N25	N(EI)	Uniforme	1.272	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N25	N(R) 1	Uniforme	0.636	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N25	N(R) 2	Uniforme	1.272	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

4.2.3.- Resultados de Esfuerzos en barras

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)

4.2.3.1 Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m	
N21/N74	Peso propio	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	41.440	40.153	38.866	37.579	36.292	35.005	33.718	32.432	31.145	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		My	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		My	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407
		Vz	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011
		Mt	43.277	41.314	39.352	37.389	35.426	33.463	31.501	29.538	27.575	25.612
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	124.76	98.32	73.12	49.13	26.38	4.85	-15.45	-34.52	-52.37	-70.24
V(0°) H2	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Vy	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m
		Vz	35.537	33.574	31.611	29.649	27.686	25.723	23.760	21.798	19.835
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	117.12	95.52	75.15	56.01	38.09	21.40	5.93	-8.30	-21.31
		Mz	-0.04	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
	V(90°) H1	N	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884
		Vy	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124	0.124
		Vz	12.684	14.062	15.440	16.818	18.196	19.574	20.952	22.330	23.708
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	54.42	46.07	36.85	26.77	15.82	4.02	-8.64	-22.17	-36.55
		Mz	0.47	0.40	0.32	0.24	0.16	0.08	0.01	-0.07	-0.15
	V(180°) H1	N	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292
		Vy	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
		Vz	7.607	8.510	9.413	10.317	11.220	12.123	13.026	13.929	14.833
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	18.19	13.15	7.55	1.38	-5.35	-12.64	-20.50	-28.92	-37.91
		Mz	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	V(180°) H2	N	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762
		Vy	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
		Vz	-4.414	-3.511	-2.607	-1.704	-0.801	0.102	1.005	1.908	2.812
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-33.84	-31.36	-29.45	-28.10	-27.32	-27.10	-27.45	-28.36	-29.83
		Mz	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	V(270°) H1	N	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884
		Vy	-0.119	-0.119	-0.119	-0.119	-0.119	-0.119	-0.119	-0.119	-0.119
		Vz	12.719	14.093	15.466	16.840	18.214	19.588	20.962	22.335	23.709
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	54.48	46.11	36.87	26.77	15.82	4.00	-8.67	-22.20	-36.59
		Mz	-0.46	-0.38	-0.31	-0.23	-0.16	-0.08	-0.01	0.06	0.14
N(EI)	N	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-36.64	-29.17	-21.69	-14.21	-6.74	0.74	8.21	15.69	23.16	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-29.93	-24.32	-18.71	-13.11	-7.50	-1.89	3.71	9.32	14.93	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 2	N	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-25.04	-19.43	-13.82	-8.22	-2.61	3.00	8.60	14.21	19.82	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.625 m	1.250 m	1.875 m	2.500 m	3.125 m	3.750 m	4.375 m	5.000 m
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.403 m	0.604 m	1.007 m	1.410 m	1.812 m	2.215 m	2.416 m	2.819 m	
N74/N2 2	Peso propio	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	30.678	29.849	29.434	28.605	27.776	26.947	26.118	25.703	24.874	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Mt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		My	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	16.971	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Q	N	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	31.356	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mt	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	22.574	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mz	43.72	52.81	57.35	66.45	75.54	84.63	93.72	98.26	107.35	
	V(0°) H1	N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Vy	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	36.407	
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
		Mt	27.575	26.310	25.678	24.413	23.149	21.884	20.619	19.987	18.154	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mz	-52.37	-63.22	-68.46	-78.54	-88.12	-97.19	105.74	109.83	117.63	
	V(0°) H2	N	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	
		Vy	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	8.279	
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
		Mt	19.835	18.570	17.938	16.673	15.408	14.144	12.879	12.247	10.413	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mz	-21.31	-29.05	-32.72	-39.69	-46.15	-52.10	-57.54	-60.07	-64.75	
V(90°) H1	N	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00		
	Vy	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884		
	Vz	-0.049	-0.049	-0.049	-0.049	-0.049	-0.049	-0.049	-0.049	-0.049		
	Mt	23.708	24.595	25.039	25.927	26.815	27.703	28.591	29.035	30.322		
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Mz	-36.55	-46.28	-51.28	-61.54	-72.16	-83.14	-94.47	100.27	112.15		
V(180°) H1	N	-0.15	-0.13	-0.12	-0.10	-0.08	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01		
	Vy	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292	29.292		
	Vz	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002		
	Mt	14.833	15.415	15.705	16.287	16.869	17.451	18.033	18.324	19.168		
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Mz	-37.91	-44.00	-47.14	-53.58	-60.25	-67.17	-74.31	-77.97	-85.47		
V(180°) H2	N	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Vy	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762	22.762		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.403 m	0.604 m	1.007 m	1.410 m	1.812 m	2.215 m	2.416 m	2.819 m
		Vz	2.812	3.394	3.685	4.267	4.849	5.430	6.012	6.303	7.147
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-29.83	-31.08	-31.79	-33.39	-35.23	-37.30	-39.60	-40.84	-43.50
		Mz	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884	33.884
		Vy	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
		Vz	23.709	24.594	25.037	25.922	26.807	27.693	28.578	29.020	30.303
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-36.59	-46.31	-51.31	-61.57	-72.19	-83.16	-94.49	-	-
		Mz	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01
	N(EI)	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614	16.614
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		My	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961	11.961
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196	10.196
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	14.93	18.54	20.35	23.96	27.57	31.19	34.80	36.60	40.22
	N(R) 2	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725	14.725
Vz		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mt		-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	-8.971	
My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mz		19.82	23.43	25.24	28.85	32.46	36.08	39.69	41.49	45.11	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.201 m	1.487 m	3.417 m	4.703 m	6.633 m	8.562 m	9.849 m	11.778 m	13.065 m
N22/N25	Peso propio	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	19.196	18.965	18.619	18.388	18.041	17.695	17.464	-17.118	-16.887
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-	-	-	-	-9.859	-6.394	-4.085	-0.621	1.689
		My	21.767	19.096	15.632	13.323	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	25.534	25.227	24.766	24.459	23.998	23.537	23.230	-22.769	-22.462
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-	-	-	-	-	-8.506	-5.434	-0.826	2.246
		My	28.954	25.402	20.794	17.722	13.114	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.201 m	1.487 m	3.417 m	4.703 m	6.633 m	8.562 m	9.849 m	11.778 m	13.065 m
		My	-105.67	-71.02	-26.45	-1.67	28.08	48.93	57.90	63.94	63.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	21.686	21.686	21.686	21.686	21.686	21.686	21.686	21.686	21.686
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	34.420	26.759	20.855	17.582	12.673	7.765	4.492	-0.417	-3.689
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	114.15	75.46	30.30	5.58	-23.61	-43.33	-51.22	-55.15	-52.51
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	11.186	11.186	11.186	11.186	11.186	11.186	11.186	11.186	11.186
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	7.201	7.294	7.415	7.495	7.616	7.736	7.817	7.937	8.018
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	65.24	55.90	41.71	32.12	17.54	2.73	-7.27	-22.47	-32.73
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	33.543	33.543	33.543	33.543	33.543	33.543	33.543	33.543	33.543
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	30.699	26.822	21.792	18.440	13.410	8.381	5.028	-0.001	-3.354
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	111.48	74.82	27.92	2.04	-28.69	-49.71	-58.33	-63.18	-61.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H1	N	21.987	21.987	21.987	21.987	21.987	21.987	21.987	21.987	21.987
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	27.239	23.409	18.440	15.127	10.158	5.189	1.876	-1.327	-0.678
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	83.49	51.25	10.87	-10.72	-35.11	-49.92	-54.46	-53.80	-52.51
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(180°) H2	N	9.376	9.376	9.376	9.376	9.376	9.376	9.376	9.376	9.376
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	21.938	18.294	13.566	10.414	5.686	0.958	-2.194	-6.922	-10.074
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	40.41	14.85	-15.89	-31.31	-46.85	-53.26	-52.46	-43.67	-32.73
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	33.525	33.525	33.525	33.525	33.525	33.525	33.525	33.525	33.525
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	30.700	26.824	21.794	18.441	13.412	8.383	5.030	0.000	-3.352
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	111.49	74.82	27.92	2.04	-28.69	-49.72	-58.35	-63.20	-61.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-13.529	13.367	13.123	12.960	12.716	12.471	12.309	-12.065	-11.902
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	15.341	13.459	11.018	-9.390	-6.948	-4.507	-2.879	-0.438	1.190
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-55.99	-37.63	-14.01	-0.89	14.88	25.93	30.68	33.88	33.39
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-9.928	-9.847	-9.725	-9.643	-9.521	-9.399	-9.318	-9.196	-9.114
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.201 m	1.487 m	3.417 m	4.703 m	6.633 m	8.562 m	9.849 m	11.778 m	13.065 m
		Vz	-9.252	-8.311	-7.091	-6.277	-5.056	-3.835	-3.021	-1.801	-0.987
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-39.99	-28.78	-13.92	-5.32	5.61	14.19	18.60	23.25	25.05
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-	-	-9.959	-9.796	-9.552	-9.308	-9.145	-8.901	-8.738
			10.366	10.203	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			-	-	-9.436	-7.808	-5.367	-2.925	-1.297	1.144	2.772
		Vz	13.760	11.878	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt	-43.99	-27.66	-7.10	3.99	16.70	24.70	27.42	27.56	25.05
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

4.2.3.2 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

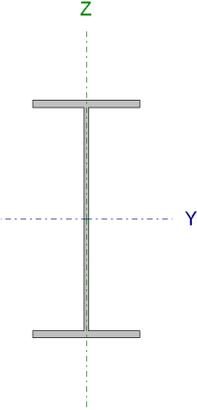
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		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	7.819	1.89	7.819	28.11	7.819	3.72	7.819	54.37
	7.819	L/(>1000)	7.819	L/278.1	7.819	L/(>1000)	7.819	L/278.2
N22/N25	5.146	0.00	7.718	19.96	5.146	0.00	7.718	36.72
	-	L/(>1000)	8.361	L/546.1	-	L/(>1000)	8.361	L/546.4

4.2.3.3 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N21/N74

Perfil: IPE 400
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 400							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N21	N74	5.000	84.50	23130.00	1318.00	51.08
	Notas: (¹) Inercia respecto al eje indicado (²) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	2.24	0.00	0.00		
	L _k	3.500	11.200	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.900	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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.00** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 2229.97 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} :** 3821.72 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 2229.97 kN

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

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

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 23130.00 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 1318.00 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 51.08 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : 490000.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 11.200 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 3.500 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 17.01 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 16.54 cm i_z : 3.95 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$43.37 \leq 263.21 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 373.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 8.60 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 32.08 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 24.30 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.013 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.	
N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 29.69 kN
La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:	
$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$	N_{t,Rd} : 2213.10 kN
Donde:	
A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 84.50 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.049 \checkmark$
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.081 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 102.98 kN
La resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:	
$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$	N_{c,Rd} : 2119.16 kN

Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 4
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : 80.91 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo N_{b,Rd} en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$	N_{b,Rd} : 1266.65 kN
Donde:	
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : 80.91 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y : 0.82
	χ_z : 0.60
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y : 0.85
	φ_z : 1.13
α: Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : 0.21
	α_z : 0.34
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y : 0.76
	λ̄_z : 1.00
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 2229.97 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 3821.72 kN
N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 2229.97 kN
N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.508 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

M_{Ed}⁺ : 145.55 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

M_{Ed}⁻ : 173.91 kN·m

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

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

M_{c,Rd} : 342.31 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,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,y} : 1307.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.012 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}⁺ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁺ : 0.71 kN·m
Para flexión negativa:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
M_{Ed}⁻ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁻ : 0.68 kN·m
El momento flector resistente de cálculo M_{c,Rd} viene dado por:	
$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$	M_{c,Rd} : 59.98 kN·m
Donde:	
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.	Clase : 1
W_{pl,z} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	W_{pl,z} : 229.00 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.109 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

V_{Ed} : 56.77 kN

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

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

V_{c,Rd} : 520.17 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 34.40 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 400.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 8.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.		f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$		
Siendo:		
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa	
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05	
Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)		
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:		
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	43.37 < 64.71 ✓	
Donde:		
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 43.37	
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$		
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71	
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$		
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92	
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$		
Siendo:		
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa	

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

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

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

V_{Ed} : 0.19 kN

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

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

V_{c,Rd} : 792.68 kN

Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 52.42 cm ²
$A_v = A - d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	A : 84.50 cm ²
d : Altura del alma.	d : 373.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 8.60 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$	
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}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 56.77 \text{ kN} \leq 260.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 56.77 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 520.17 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}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.19 \text{ kN} \leq 396.34 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	0.19	kN
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	792.68	kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.555 ✓

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

η : 0.530 ✓

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

η : 0.363 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} :	102.98	kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} :	173.91	kN·m
	M_{z,Ed} :	0.00	kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase :	1	
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} :	2213.10	kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} :	342.31	kN·m
	M_{pl,Rd,z} :	59.98	kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A :	84.50	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} :	1307.00	cm ³
	W_{pl,z} :	229.00	cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} :	261.90	MPa

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	1.05	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

	$k_y : 1.03$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : 1.11$
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : 0.90$ $C_{m,z} : 1.00$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : 0.81$ $\chi_z : 0.58$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : 0.78$ $\bar{\lambda}_z : 1.02$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : 0.60$ $\alpha_z : 0.60$

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

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

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

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

$$56.77 \text{ kN} \leq 260.08 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z} : 56.77 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z} : 520.17 \text{ kN}$

Barra N74/N22

Perfil: IPE 400 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N74	N22	3.000	84.50	23130.00	1318.00	51.08
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	3.73	0.00	0.00	
L _K		3.000	11.200	0.000	0.000	
C _m		1.000	0.900	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.86** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : 80.91 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 3035.23 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}** : 3821.72 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 3035.23 kN

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

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

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

Donde:		
I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.		I_y : 23130.00 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.		I_z : 1318.00 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.		I_t : 51.08 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.		I_w : 490000.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.		E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.		G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.		L_{ky} : 11.200 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.		L_{kz} : 3.000 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.		L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.		i₀ : 17.01 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$		
Siendo:		
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.		i_y : 16.54 cm i_z : 3.95 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.		y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$43.37 \leq 263.21 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 373.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 8.60 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 32.08 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 24.30 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

η : **0.016** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.819 m del nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

N_{t,Ed} : 34.71 kN

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

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

N_{t,Rd} : 2213.10 kN

Donde:

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

A : 84.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : **0.042** ✓

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

η : **0.061** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

N_{c,Ed} : 88.45 kN

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

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

N_{c,Rd} : 2119.16 kN	
Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 4
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : 80.91 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
f_{yd} = f_y/γ_{M0}	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo N_{b,Rd} en una barra comprimida viene dada por:	
N_{b,Rd} = χ · A_{ef} · f_{yd}	N_{b,Rd} : 1460.52 kN
Donde:	
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : 80.91 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
f_{yd} = f_y/γ_{M1}	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y : 0.82
	χ_z : 0.69
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	Φ_y : 0.85
	Φ_z : 0.98
α: Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : 0.21
	α_z : 0.34
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y : 0.76
	λ̄_z : 0.86
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 3035.23 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 3821.72 kN
N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 3035.23 kN
N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.789 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.819 m del nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^+ : 269.99 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.819 m del nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : 111.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 342.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 1307.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.004 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
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 N74, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.	
M_{Ed}⁻ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁻ : 0.22 kN·m
El momento flector resistente de cálculo M_{c,Rd} viene dado por:	
$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$	M_{c,Rd} : 59.98 kN·m
Donde:	
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.	Clase : 1
W_{pl,z} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	W_{pl,z} : 229.00 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	η : 0.109 ✓
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 56.77 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 520.17 kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 34.40 cm ²

$A_v = h \cdot t_w$	
Siendo:	
h : Canto de la sección.	h : 400.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 8.60 mm
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 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:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	43.37 < 64.71 ✓
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 43.37
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$	
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

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

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

V_{Ed} : 0.07 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	$V_{c,Rd} : 792.68 \text{ kN}$
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	$A_v : 52.42 \text{ cm}^2$
$A_v = A - d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	$A : 84.50 \text{ cm}^2$
d : Altura del alma.	$d : 373.00 \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 8.60 \text{ mm}$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00 \text{ MPa}$
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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 56.77 \text{ kN} \leq 260.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 56.77 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 520.17 \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$	0.07 kN ≤ 396.34 kN ✓
Los esfuerzos solicitantes de cálculo p ^{ésimos} se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	V_{Ed} : 0.07 kN
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : 792.68 kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.825 ✓

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

η : 0.774 ✓

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

η : 0.491 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 2.819 m del nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	N_{c,Ed} : 80.61 kN
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo p ^{ésimos} , según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : 269.99 kN·m M_{z,Ed}⁺ : 0.00 kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : 1
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : 2213.10 kN
M_{pl,Rd,y} , M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : 342.31 kN·m M_{pl,Rd,z} : 59.98 kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : 84.50 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} : 1307.00 cm ³ W_{pl,z} : 229.00 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.03
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.06
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	
	$C_{m,y}$: 0.90
	$C_{m,z}$: 1.00
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	
	χ_y : 0.81
	χ_z : 0.68
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	
	$\bar{\lambda}_y$: 0.78
	$\bar{\lambda}_z$: 0.87
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	
	α_y : 0.60
	α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (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·Q.

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

$$56.77 \text{ kN} \leq 260.08 \text{ kN}$$



Donde:

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

$V_{Ed,z}$: 56.77 kN

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

$V_{c,Rd,z}$: 520.17 kN

Barra N22/N25

Perfil: IPE 400 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N22	N25	13.065	84.50	23130.00	1318.00	51.08
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.13	1.99	0.00	0.00		
L _K	1.750	26.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	0.900	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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.77** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 80.91 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 709.17 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} :** 709.17 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 8919.87 kN

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

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

$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$	
Donde:	
I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 23130.00 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 1318.00 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 51.08 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : 490000.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 26.000 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 1.750 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 17.01 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 16.54 cm i_z : 3.95 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$43.37 \leq 263.21 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 373.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 8.60 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 32.08 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 24.30 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.017 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

N_{t,Ed} : 36.80 kN

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

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

$$N_{t,Rd} : 2213.10 \text{ kN}$$

Donde:

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

A : 84.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.030 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.109 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

N_{c,Ed} : 64.22 kN

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

$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$	$N_{c,Rd} : 2119.16 \text{ kN}$
Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 4
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : 80.91 cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$	$N_{b,Rd} : 589.51 \text{ kN}$
Donde:	
A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} : 80.91 cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_y : 0.28$
	$\chi_z : 0.88$
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\Phi_y : 2.23$
	$\Phi_z : 0.68$
α: Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y : 0.21$
	$\alpha_z : 0.34$
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y : 1.77$
	$\bar{\lambda}_z : 0.50$
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 709.17 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 709.17 kN
N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 8919.87 kN

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

$N_{cr,T} : \infty$

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.776 \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$M_{Ed}^+ : 107.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$M_{Ed}^- : 265.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$M_{c,Rd} : 342.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y} : 1307.00 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

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

$\gamma_{M0} : 1.05$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.140 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}** : 72.82 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

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

$$V_{c,Rd} : 520.17 \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.**A_v** : 34.40 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.**h** : 400.00 mm**t_w**: Espesor del alma.**t_w** : 8.60 mm**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : 261.90 MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : 275.00 MPa**γ_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**γ_{M0}** : 1.05**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

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

$$43.37 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.**λ_w** : 43.37

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.**λ_{máx}** : 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción.**ε** : 0.92

$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	$f_{ref} : 235.00$ MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00$ MPa

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

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

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$	72.82 kN ≤ 260.08 kN ✓
----------------------------------	-------------------------------

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

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed} : 72.82$ kN
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd} : 520.17$ kN

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

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$	$\eta : 0.805$ ✓
--	------------------

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta : 0.868$ ✓
---	------------------

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta : 0.489$ ✓
---	------------------

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:	
$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : 64.22$ kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^- : 265.75$ kN·m $M_{z,Ed}^+ : 0.00$ kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : 1

N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : 2213.10 kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : 342.31 kN·m M_{pl,Rd,z} : 59.98 kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : 84.50 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} : 1307.00 cm ³ W_{pl,z} : 229.00 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
f_{yd} = f_y/γ_{M1}	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.09
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.01
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	
	C_{m,y} : 0.90 C_{m,z} : 1.00
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	
	χ_y : 0.27 χ_z : 0.88
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	
	λ̄_y : 1.81 λ̄_z : 0.51
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	
	α_y : 0.60 α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (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·Q.

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

72.82 kN ≤ 260.08 kN ✓

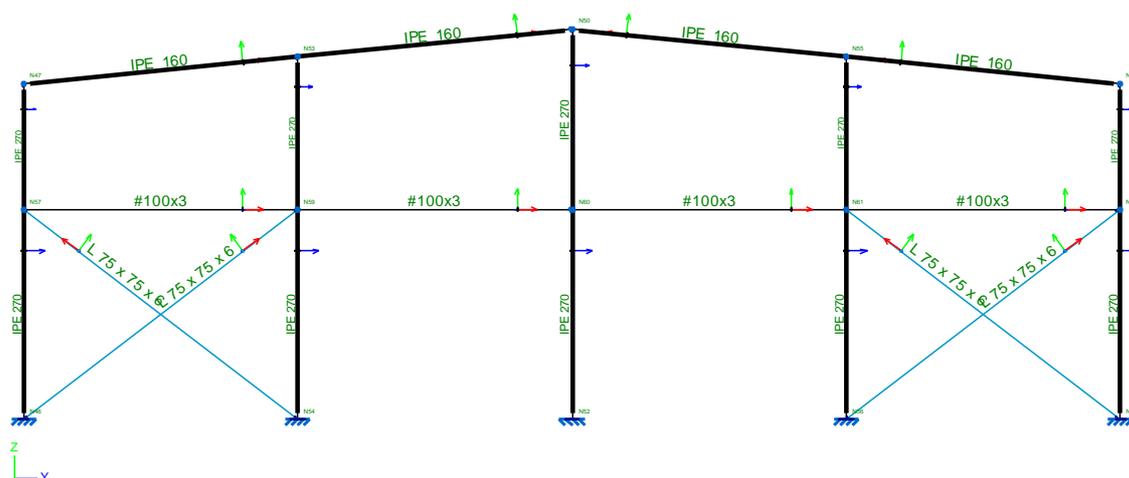
Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed,z}** : 72.82 kN

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd,z}** : 520.17 kN

4.3 Pórtico Fachada

El pórtico fachada además de estar formado por pilares y jacena, también se utilizan arriostramientos con perfiles tubulares y en L. Con el arriostramiento la carga que reciben los pilares es menor que la que recibe el pórtico interior, con lo cual, para los pilares se utiliza un perfil IPE menor.



4.3 Imagen Pórtico de Fachada

4.3.1 Geometría de Barras

4.3.1.1 Materiales utilizados

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: E: Módulo de elasticidad ν: Módulo de Poisson G: Módulo de cortadura f _v : Límite elástico α _t : Coeficiente de dilatación γ: Peso específico							

4.3.1.2 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)			β _{xy}	β _{xz}	L _{Bsu} p. (m)	L _{BInf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N47/N53	N47/N50	IPE 160 (IPE)	0.046	6.440	0.046	0.27	1.00	-	-
		N53/N50	N47/N50	IPE 160 (IPE)	0.046	6.440	0.046	0.27	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Su} p. (m)	Lb _{Inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N52/N60	N52/N50	IPE 270 (IPE)	-	4.950	0.050	1.00	1.30	-	-
		N60/N50	N52/N50	IPE 270 (IPE)	0.050	4.169	0.081	1.00	1.51	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

4.3.1.3 Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N47/N50
2	N52/N50

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 160, (IPE)	20.10	9.10	6.53	869.30	68.31	3.60
		2	IPE 270, (IPE)	45.90	20.66	14.83	5790.00	419.90	15.94

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'
 It: Inercia a torsión
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

4.3.2 Cargas en Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.

- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N47/N53	Peso propio	Uniforme	0.155	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N53	Peso propio	Triangular Izq.	0.076	-	0.000	6.532	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N53	Peso propio	Uniforme	0.577	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N53	Q	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N53	V(0°) H1	Faja	0.130	-	0.000	1.870	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(0°) H1	Faja	3.429	-	0.000	1.870	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(0°) H1	Faja	1.272	-	1.870	6.532	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(0°) H1	Trapezoidal	0.236	0.020	0.000	3.739	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(0°) H1	Trapezoidal	0.032	0.077	0.000	3.739	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(0°) H1	Triangular Izq.	0.081	-	3.739	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(0°) H2	Trapezoidal	0.236	0.020	0.000	3.739	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(0°) H2	Trapezoidal	0.032	0.077	0.000	3.739	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(0°) H2	Triangular Izq.	0.081	-	3.739	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(0°) H2	Faja	0.031	-	1.870	6.532	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N47/N53	V(0°) H2	Faja	0.002	-	0.000	1.870	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N47/N53	V(0°) H2	Faja	0.030	-	0.000	1.870	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N47/N53	V(90°) H1	Triangular Izq.	0.071	-	0.000	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(90°) H1	Uniforme	1.303	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(180°) H1	Uniforme	1.288	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(180°) H1	Triangular Izq.	0.118	-	0.000	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(180°) H2	Uniforme	1.225	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N47/N53	V(180°) H2	Triangular Izq.	0.118	-	0.000	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N47/N53	V(270°) H1	Triangular Izq.	0.166	-	0.000	6.532	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N47/N53	V(270°) H1	Faja	1.497	-	4.673	6.532	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(270°) H1	Faja	1.818	-	0.000	4.673	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	V(270°) H1	Uniforme	0.725	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N47/N53	N(EI)	Uniforme	0.636	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N53	N(R) 1	Uniforme	0.318	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N53	N(R) 2	Uniforme	0.636	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	Peso propio	Uniforme	0.155	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	Peso propio	Triangular Izq.	0.076	-	0.000	6.532	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	Peso propio	Uniforme	0.577	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	Q	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	V(0°) H1	Uniforme	1.272	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	V(0°) H1	Triangular Izq.	0.190	-	0.000	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(0°) H2	Triangular Izq.	0.190	-	0.000	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(0°) H2	Uniforme	0.031	-	-	-	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N53/N50	V(90°) H1	Uniforme	1.303	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	V(90°) H1	Triangular Izq.	0.071	-	0.000	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H1	Faja	0.252	-	4.673	6.532	Globales	-0.000	0.100	-0.995
N53/N50	V(180°) H1	Faja	1.288	-	0.000	4.673	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	V(180°) H1	Faja	0.016	-	0.000	0.904	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H1	Faja	0.151	-	0.000	0.904	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H1	Triangular Izq.	0.163	-	0.904	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H2	Faja	0.016	-	0.000	0.904	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H2	Faja	1.225	-	0.000	4.673	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	V(180°) H2	Triangular Izq.	0.163	-	0.904	6.532	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H2	Faja	0.151	-	0.000	0.904	Globales	1.000	0.000	0.000
N53/N50	V(180°) H2	Faja	1.225	-	4.673	6.532	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	V(270°) H1	Triangular Izq.	0.166	-	0.000	6.532	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N53/N50	V(270°) H1	Uniforme	0.725	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	V(270°) H1	Uniforme	1.497	-	-	-	Globales	0.000	-0.100	0.995
N53/N50	N(EI)	Uniforme	0.636	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	N(R) 1	Uniforme	0.318	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N50	N(R) 2	Uniforme	0.636	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N60	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N60	Peso propio	Uniforme	1.526	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N60	V(0°) H1	Uniforme	3.773	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(0°) H1	Uniforme	0.023	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(0°) H2	Uniforme	3.773	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(0°) H2	Uniforme	0.023	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(90°) H1	Uniforme	1.429	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(180°) H1	Uniforme	3.773	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(180°) H1	Uniforme	0.023	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(180°) H2	Uniforme	3.773	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(180°) H2	Uniforme	0.023	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N52/N60	V(270°) H1	Uniforme	3.334	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N60/N50	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N60/N50	Peso propio	Faja	1.526	-	0.000	3.650	Globales	0.000	0.000	-1.000
N60/N50	Peso propio	Triangular Izq.	1.526	-	3.650	4.300	Globales	0.000	0.000	-1.000
N60/N50	V(0°) H1	Faja	3.773	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H1	Faja	3.536	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H1	Triangular Izq.	3.282	-	3.740	4.300	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H1	Faja	0.023	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H1	Faja	0.006	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H2	Faja	3.773	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H2	Faja	3.536	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H2	Triangular Izq.	3.282	-	3.740	4.300	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H2	Faja	0.023	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(0°) H2	Faja	0.006	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(90°) H1	Faja	1.429	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(90°) H1	Triangular Izq.	1.429	-	3.650	4.300	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H1	Faja	3.773	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H1	Faja	3.536	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H1	Triangular Izq.	3.282	-	3.740	4.300	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H1	Faja	0.023	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H1	Faja	0.006	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H2	Faja	3.773	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H2	Faja	3.536	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H2	Triangular Izq.	3.282	-	3.740	4.300	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H2	Faja	0.023	-	0.000	3.650	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(180°) H2	Faja	0.006	-	3.650	3.740	Globales	1.000	0.000	0.000
N60/N50	V(270°) H1	Faja	3.334	-	0.000	3.650	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N60/N50	V(270°) H1	Triangular Izq.	3.334	-	3.650	4.300	Globales	-1.000	-0.000	-0.000

4.3.3 Resultados de Esfuerzos en Barras

Referencias:

N: Esfuerzo axil (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)

4.3.3.1 Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.046 m	1.012 m	1.656 m	2.622 m	3.266 m	4.232 m	4.876 m	5.842 m	6.486 m
N47/N53	Peso propio	N	-0.254	-0.177	-0.127	-0.051	-0.002	0.072	0.120	0.192	0.239
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	-1.989	-1.181	-0.674	0.079	0.574	1.308	1.792	2.508	3.013
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.08	1.59	2.19	2.47	2.26	1.35	0.35	-1.73	-3.49
		Mz	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-0.313	-0.198	-0.121	-0.006	0.071	0.187	0.263	0.379	0.456
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-3.042	-1.834	-1.065	0.089	0.858	2.011	2.780	3.934	4.758
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.10	2.43	3.37	3.84	3.53	2.15	0.61	-2.64	-5.42
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171
		Vy	-0.554	-0.306	-0.173	-0.008	0.078	0.165	0.202	0.235	0.242
		Vz	6.716	3.114	0.821	-0.896	-1.715	-2.944	-3.763	-4.992	-5.869
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.24	-4.91	-6.18	-5.96	-5.12	-2.87	-0.71	3.52	7.00
		Mz	-0.37	0.04	0.19	0.27	0.25	0.13	0.01	-0.20	-0.36
	V(0°) H2	N	-0.237	-0.237	-0.237	-0.237	-0.237	-0.237	-0.237	-0.237	-0.237
		Vy	-0.554	-0.306	-0.173	-0.009	0.077	0.165	0.202	0.235	0.241
		Vz	-0.006	0.026	0.046	0.076	0.096	0.126	0.146	0.177	0.198
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.02	0.01	-0.02	-0.08	-0.13	-0.24	-0.33	-0.48	-0.60
		Mz	-0.37	0.04	0.19	0.27	0.25	0.13	0.01	-0.20	-0.36
V(90°) H1	N	1.468	1.468	1.468	1.468	1.468	1.468	1.468	1.468	1.468	
	Vy	-0.154	-0.088	-0.051	-0.005	0.020	0.049	0.063	0.076	0.078	
	Vz	3.341	2.022	1.183	-0.076	-0.916	-2.175	-3.014	-4.273	-5.172	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.02	-2.58	-3.62	-4.15	-3.83	-2.34	-0.67	2.85	5.88	
	Mz	-0.11	0.01	0.05	0.08	0.07	0.04	0.00	-0.07	-0.12	
V(180°) H1	N	0.473	0.473	0.473	0.473	0.473	0.473	0.473	0.473	0.473	
	Vy	-0.251	-0.141	-0.080	-0.003	0.039	0.088	0.111	0.131	0.136	
	Vz	3.327	2.024	1.195	-0.049	-0.879	-2.122	-2.952	-4.196	-5.084	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.14	-2.69	-3.73	-4.28	-3.98	-2.53	-0.90	2.55	5.52	
	Mz	-0.17	0.01	0.08	0.12	0.11	0.05	-0.02	-0.14	-0.22	
V(180°) H2	N	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	
	Vy	-0.251	-0.141	-0.080	-0.003	0.039	0.088	0.111	0.131	0.135	
	Vz	3.029	1.789	1.000	-0.184	-0.973	-2.157	-2.946	-4.129	-4.974	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.21	-2.51	-3.41	-3.80	-3.43	-1.92	-0.28	3.14	6.05	
	Mz	-0.17	0.01	0.08	0.12	0.11	0.05	-0.02	-0.14	-0.22	
V(270°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Vy	15.153	15.153	15.153	15.153	15.153	15.153	15.153	15.153	15.153	
	Vz	0.360	0.206	0.121	0.013	-0.046	-0.114	-0.146	-0.175	-0.181	
		6.576	4.002	2.364	-0.093	-1.731	-4.188	-5.760	-7.907	-9.440	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.046 m	1.012 m	1.656 m	2.622 m	3.266 m	4.232 m	4.876 m	5.842 m	6.486 m	
		Mt	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		My	0.06	-4.99	-7.04	-8.14	-7.55	-4.69	-1.47	5.13	10.68	
		Mz	0.25	-0.02	-0.12	-0.18	-0.17	-0.09	-0.01	0.15	0.27	
	N(EI)	N	-0.166	-0.105	-0.064	-0.003	0.038	0.099	0.140	0.201	0.241	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-1.612	-0.972	-0.564	0.047	0.455	1.066	1.473	2.084	2.521	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.06	1.29	1.78	2.03	1.87	1.14	0.32	-1.40	-2.87	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N(R) 1	N	-0.161	-0.131	-0.110	-0.080	-0.059	-0.029	-0.008	0.022	0.042	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.824	-0.504	-0.301	0.005	0.209	0.514	0.718	1.024	1.242	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.02	0.66	0.92	1.06	0.99	0.64	0.24	-0.60	-1.32	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N(R) 2	N	-0.088	-0.027	0.014	0.075	0.116	0.177	0.218	0.279	0.320	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-1.593	-0.953	-0.546	0.066	0.473	1.084	1.492	2.103	2.540	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.06	1.28	1.76	1.99	1.82	1.07	0.24	-1.50	-2.98	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.046 m	0.690 m	1.656 m	2.300 m	3.266 m	4.232 m	4.876 m	5.842 m	6.486 m	
N53/N50	Peso propio	N	0.210	0.261	0.338	0.388	0.463	0.536	0.584	0.656	0.703	
		Vy	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	
		Vz	-2.707	-2.155	-1.392	-0.889	-0.144	0.590	1.073	1.790	2.295	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-3.34	-1.79	-0.08	0.66	1.16	0.94	0.40	-0.98	-2.28	
		Mz	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	
	Q	N	0.320	0.397	0.512	0.589	0.704	0.820	0.897	1.012	1.089	
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
		Vz	-4.156	-3.332	-2.179	-1.410	-0.256	0.897	1.666	2.820	3.644	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-5.23	-2.83	-0.17	0.98	1.79	1.48	0.65	-1.51	-3.58	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
	V(0°) H1	N	20.466	20.466	20.466	20.466	20.466	20.466	20.466	20.466	20.466	
		Vy	-0.453	-0.329	-0.178	-0.093	0.012	0.090	0.127	0.160	0.167	
		Vz	4.803	3.925	2.697	1.877	0.648	-0.580	-1.400	-2.628	-3.506	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	6.82	4.03	0.83	-0.64	-1.86	-1.90	-1.26	0.69	2.64	
		Mz	-0.44	-0.19	0.05	0.14	0.18	0.12	0.05	-0.09	-0.19	
	V(0°) H2	N	19.982	19.982	19.982	19.982	19.982	19.982	19.982	19.982	19.982	
		Vy	-0.453	-0.329	-0.179	-0.094	0.011	0.089	0.126	0.159	0.166	
		Vz	-0.495	-0.474	-0.444	-0.424	-0.393	-0.363	-0.343	-0.313	-0.291	
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
My		-0.67	-0.36	0.09	0.37	0.76	1.13	1.35	1.67	1.87		
Mz		-0.44	-0.19	0.05	0.14	0.18	0.13	0.06	-0.08	-0.19		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.046 m	0.690 m	1.656 m	2.300 m	3.266 m	4.232 m	4.876 m	5.842 m	6.486 m
	V(90°) H1	N	9.126	9.126	9.126	9.126	9.126	9.126	9.126	9.126	9.126
		Vy	-0.168	-0.121	-0.065	-0.033	0.006	0.036	0.050	0.062	0.064
		Vz	4.528	3.629	2.370	1.530	0.271	-0.988	-1.827	-3.086	-3.985
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	5.67	3.07	0.17	-1.09	-1.96	-1.61	-0.71	1.67	3.93
		Mz	-0.16	-0.06	0.02	0.06	0.07	0.05	0.02	-0.04	-0.08
	V(180°) H1	N	18.553	18.553	18.553	18.553	18.553	18.553	18.553	18.553	18.553
		Vy	-0.435	-0.319	-0.169	-0.084	0.021	0.099	0.136	0.169	0.176
		Vz	4.209	3.320	2.077	1.247	0.003	-1.241	-1.756	-1.513	-1.338
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	5.29	2.88	0.28	-0.79	-1.40	-0.80	0.23	1.81	2.73
		Mz	-0.39	-0.15	0.09	0.17	0.19	0.13	0.06	-0.09	-0.20
	V(180°) H2	N	17.800	17.800	17.800	17.800	17.800	17.800	17.800	17.800	17.800
		Vy	-0.435	-0.320	-0.170	-0.084	0.021	0.099	0.136	0.169	0.175
		Vz	4.640	3.795	2.611	1.822	0.639	-0.545	-1.334	-2.517	-3.363
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	5.86	3.16	0.07	-1.36	-2.55	-2.59	-1.99	-0.13	1.75
		Mz	-0.39	-0.15	0.09	0.17	0.20	0.14	0.06	-0.09	-0.20
	V(270°) H1	N	19.765	19.765	19.765	19.765	19.765	19.765	19.765	19.765	19.765
		Vy	0.396	0.287	0.156	0.081	-0.011	-0.079	-0.111	-0.140	-0.146
		Vz	7.913	6.380	4.233	2.802	0.655	-1.492	-2.923	-5.070	-6.603
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	10.49	5.92	0.79	-1.47	-3.14	-2.74	-1.32	2.54	6.27
		Mz	0.37	0.16	-0.06	-0.13	-0.16	-0.12	-0.06	0.07	0.16
	N(EI)	N	0.169	0.210	0.271	0.312	0.373	0.434	0.475	0.536	0.577
		Vy	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vz	-2.202	-1.766	-1.155	-0.747	-0.136	0.475	0.883	1.494	1.931
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.77	-1.50	-0.09	0.52	0.95	0.78	0.35	-0.80	-1.89
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.137	0.157	0.188	0.208	0.238	0.269	0.289	0.320	0.340
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.004	-0.786	-0.480	-0.277	0.029	0.334	0.538	0.844	1.062
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-1.25	-0.68	-0.07	0.18	0.30	0.12	-0.16	-0.83	-1.44
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.154	0.195	0.256	0.297	0.358	0.419	0.460	0.521	0.562
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.299	-1.863	-1.251	-0.844	-0.233	0.379	0.786	1.397	1.834
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-2.90	-1.57	-0.07	0.61	1.13	1.06	0.68	-0.37	-1.41
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis										
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra							
			0.000 m	0.619 m	1.238 m	1.856 m	2.475 m	3.094 m	3.713 m	4.331 m

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.619 m	1.238 m	1.856 m	2.475 m	3.094 m	3.713 m	4.331 m	4.950 m	
N52/N60	Peso propio	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	22.543	21.381	20.218	19.055	17.893	16.730	15.567	14.405	13.242	
		Vz	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.31	4.02	3.74	3.46	3.17	2.89	2.60	2.32	2.03	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542	-7.542
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	5.74	5.36	4.98	4.60	4.22	3.84	3.46	3.08	2.70	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163
		Vy	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139
		Vz	-	-	-	-	-	-	-	-8.590	-6.241	-3.702
		Mt	22.684	20.335	17.986	15.637	13.288	10.939	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	-47.97	-34.66	-22.80	-12.40	-3.45	4.04	10.08	14.67	17.81	
	V(0°) H2	N	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254
		Vy	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307	-0.307
		Vz	-	-	-	-	-	-	-	-8.345	-5.996	-3.458
		Mt	22.439	20.090	17.741	15.392	13.043	10.694	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	-45.68	-32.52	-20.82	-10.57	-1.77	5.57	11.46	15.90	18.88	
V(90°) H1	N	5.758	5.758	5.758	5.758	5.758	5.758	5.758	5.758	5.758	5.758	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-9.004	-8.120	-7.236	-6.352	-5.468	-4.584	-3.700	-2.816	-1.860		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-22.38	-17.08	-12.33	-8.13	-4.47	-1.36	1.20	3.22	4.68		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H1	N	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	-0.163	
	Vy	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	
	Vz	-	-	-	-	-	-	-	-8.590	-6.241	-3.702	
	Mt	22.684	20.335	17.986	15.637	13.288	10.939	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	-47.97	-34.66	-22.80	-12.40	-3.45	4.04	10.08	14.67	17.81		
V(180°) H2	N	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	-1.254	
	Vy	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	
	Vz	-	-	-	-	-	-	-	-8.345	-5.996	-3.458	
	Mt	22.439	20.090	17.741	15.392	13.043	10.694	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	-45.68	-32.52	-20.82	-10.57	-1.77	5.57	11.46	15.90	18.88		
V(270°) H1	N	16.923	16.923	16.923	16.923	16.923	16.923	16.923	16.923	16.923	16.923	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.619 m	1.238 m	1.856 m	2.475 m	3.094 m	3.713 m	4.331 m	4.950 m	
		Vz	18.797	16.734	14.672	12.609	10.546	8.483	6.421	4.358	2.128	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	31.55	20.56	10.84	2.40	-4.76	-10.65	-15.26	-18.59	-20.65	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996	-3.996
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325	0.325
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	3.04	2.84	2.64	2.44	2.24	2.04	1.83	1.63	1.43	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997
		Vy	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
		Vz	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.28	2.13	1.98	1.83	1.68	1.53	1.38	1.22	1.07	
		Mz	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.06	-0.07	
	N(R) 2	N	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997	-2.997
		Vy	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
		Vz	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.28	2.13	1.98	1.83	1.68	1.53	1.38	1.22	1.07	
		Mz	-0.03	-0.02	-0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.050 m	0.467 m	1.092 m	1.509 m	2.135 m	2.760 m	3.177 m	3.802 m	4.219 m
N60/N50	Peso propio	N	-	-	-	-9.747	-8.572	-7.396	-6.613	-5.465	-5.035
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486	0.486
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.03	1.82	1.52	1.32	1.01	0.71	0.51	0.20	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-7.540	-7.540	-7.540	-7.540	-7.540	-7.540	-7.540	-7.540	-7.540
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	2.69	2.42	2.02	1.75	1.35	0.94	0.67	0.27	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168
		Vy	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265
		Vz	-3.726	-1.954	0.420	2.003	4.377	6.751	8.334	10.642	11.368
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	18.07	19.21	19.69	19.19	17.19	13.71	10.57	4.62	0.00
		Mz	1.11	0.99	0.83	0.72	0.55	0.39	0.28	0.11	0.00
	V(0°) H2	N	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258
		Vy	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546	0.546
		Vz	-3.468	-1.696	0.678	2.261	4.635	7.009	8.592	10.900	11.626
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	19.15	20.18	20.50	19.89	17.73	14.09	10.84	4.73	0.00
		Mz									

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.050 m	0.467 m	1.092 m	1.509 m	2.135 m	2.760 m	3.177 m	3.802 m	4.219 m
	V(90°) H1	Mz	2.27	2.05	1.71	1.48	1.14	0.80	0.57	0.23	0.00
		N	5.751	5.751	5.751	5.751	5.751	5.751	5.751	5.751	5.751
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.883	-1.216	-0.322	0.273	1.167	2.060	2.656	3.524	3.797
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	4.80	5.43	5.91	5.92	5.47	4.46	3.48	1.54	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	V(180°) H1	N	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168
		Vy	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265	-0.265
		Vz	-3.726	-1.954	0.420	2.003	4.377	6.751	8.334	10.642	11.368
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	18.07	19.21	19.69	19.19	17.19	13.71	10.57	4.62	0.00
		Mz	-1.11	-0.99	-0.83	-0.72	-0.55	-0.39	-0.28	-0.11	0.00
	V(180°) H2	N	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258	-1.258
		Vy	-0.546	-0.546	-0.546	-0.546	-0.546	-0.546	-0.546	-0.546	-0.546
		Vz	-3.468	-1.696	0.678	2.261	4.635	7.009	8.592	10.900	11.626
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	19.15	20.18	20.50	19.89	17.73	14.09	10.84	4.73	0.00
		Mz	-2.27	-2.05	-1.71	-1.48	-1.14	-0.80	-0.57	-0.23	0.00
	V(270°) H1	N	16.914	16.914	16.914	16.914	16.914	16.914	16.914	16.914	16.914
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vz		2.071	0.514	-1.570	-2.960	-5.045	-7.130	-8.519	-10.545	-11.181	
Mt		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
My		-20.87	-21.38	-21.05	-20.10	-17.60	-13.79	-10.53	-4.56	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	N	-3.995	-3.995	-3.995	-3.995	-3.995	-3.995	-3.995	-3.995	-3.995	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.342	0.342	0.342	0.342	0.342	0.342	0.342	0.342	0.342	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	1.43	1.28	1.07	0.93	0.71	0.50	0.36	0.14	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 1	N	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	
	Vy	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	
	Vz	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	1.07	0.96	0.80	0.70	0.54	0.37	0.27	0.11	0.00	
	Mz	-0.14	-0.13	-0.11	-0.09	-0.07	-0.05	-0.04	-0.01	0.00	
N(R) 2	N	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	-2.996	
	Vy	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	
	Vz	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	1.07	0.96	0.80	0.70	0.54	0.37	0.27	0.11	0.00	
	Mz	0.14	0.13	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.01	0.00	

4.3.3.2 Flechas

Referencias:

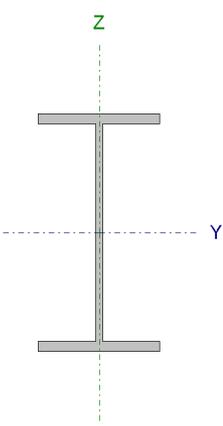
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		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)						
N47/N50	2.898	5.90	2.898	15.74	2.898	9.91	2.898	27.83
	2.898	L/(>1000)	2.898	L/407.4	2.898	L/(>1000)	2.898	L/407.5
N52/N50	9.169	23.19	9.169	23.52	9.169	46.38	9.169	42.58
	9.169	L/395.4	9.169	L/389.9	9.169	L/395.4	9.169	L/390.0

4.3.3.3 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N47/N53

Perfil: IPE 160		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)
		N47	N53	6.532	20.10	869.30	68.31	3.60
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	0.27	1.00	0.00	0.00		
		L _K	1.750	6.532	0.000	0.000		
		C _m	1.000	0.950	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.

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

$\bar{\lambda}$: 1.14 ✓

Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 1
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 20.10 cm ²
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : 275.00 MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : 422.22 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} : 422.22 kN
$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$	
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 462.30 kN
$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$	
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞
$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$	
Donde:	
I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 869.30 cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 68.31 cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 3.60 cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : 3960.00 cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 6.532 m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 1.750 m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 6.83 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 6.58 cm i_z : 1.84 cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$29.04 \leq 250.58 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : 145.20 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : 5.00 mm

A_w: Área del alma. **A_w** : 7.26 cm²
A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida. **A_{fc,ef}** : 6.07 cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : 0.30

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

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.005 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.484 m del nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N_{t,Ed}** : 2.76 kN
La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

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

$$N_{t,Rd} : 526.43 \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : 20.10 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.043 \checkmark$

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

$\eta : 0.079 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 22.50 kN

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

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

N_{c,Rd} : 526.43 kN

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

N_{b,Rd} : 283.82 kN

Donde:

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

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : 1.05$
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_y : 0.57$
	$\chi_z : 0.54$
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\Phi_y : 1.25$
	$\Phi_z : 1.25$
α : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y : 0.21$
	$\alpha_z : 0.34$
$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y : 1.14$
	$\bar{\lambda}_z : 1.09$
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	$N_{cr} : 422.22 \text{ kN}$
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y} : 422.22 \text{ kN}$
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z} : 462.30 \text{ kN}$
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T} : \infty$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.408 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.486 m del nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : 13.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.486 m del nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^- : 12.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 32.45 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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} : 123.90 cm ³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)	
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.	

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.083 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

M_{Ed}⁺ : 0.37 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

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

M_{Ed}⁻ : 0.57 kN·m

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

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

M_{c,Rd} : 6.84 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} : 26.10 cm ³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.097 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.486 m del nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

V_{Ed} : 11.75 kN

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

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

V_{c,Rd} : 120.97 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 8.00 cm²

A_v = h · t_w

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 160.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 5.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

f_{yd} = f_y/γ_{M0}

Siendo:

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

f_y : 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:

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

29.04 < 64.71 \checkmark

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 29.04

λ_w = $\frac{d}{t_w}$

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx} : 64.71

$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	
ϵ : Factor de reducción.	$\epsilon : 0.92$
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	$f_{ref} : 235.00$ MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00$ MPa

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	
	$\eta : 0.004$ ✓
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed} : 0.83$ kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	
	$V_{c,Rd} : 194.15$ kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	$A_v : 12.84$ cm ²
$A_v = A - d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	$A : 20.10$ cm ²
d : Altura del alma.	$d : 145.20$ mm
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 5.00$ mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 261.90$ MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00$ MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : 1.05$

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

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

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

$$8.48 \text{ kN} \leq 60.48 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

V_{Ed} : 8.48 kN

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

$V_{c,Rd}$: 120.97 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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.83 \text{ kN} \leq 97.08 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

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

V_{Ed} : 0.83 kN

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

$V_{c,Rd}$: 194.15 kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.509$$



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

$$\eta : 0.524$$



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

$$\eta : 0.389$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.486 m del nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
Donde:	
N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 22.11 kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : 13.23 kN·m M_{z,Ed}⁺ : 0.40 kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : 1
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : 526.43 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} : 32.45 kN·m M_{pl,Rd,z} : 6.84 kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : 20.10 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} : 123.90 cm ³ W_{pl,z} : 26.10 cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.06
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.11
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	
	C_{m,y} : 0.95 C_{m,z} : 1.00
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : 0.57 χ_z : 0.54
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : 1.14 λ̄_z : 1.09
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : 0.60 α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (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 $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$8.27 \text{ kN} \leq 60.18 \text{ kN}$$



Donde:

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

$V_{Ed,z}$: 8.27 kN

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

$V_{c,Rd,z}$: 120.37 kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.012$$



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

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : 0.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 4.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.093 \checkmark$	
Los esfuerzos solicitantes de cálculo p ^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 6.486 m del nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	$V_{Ed} : 11.20 \text{ kN}$
$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:	
$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$	$V_{pl,T,Rd} : 120.37 \text{ kN}$
Donde:	
$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd} : 120.97 \text{ kN}$
$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.	$\tau_{T,Ed} : 1.87 \text{ MPa}$
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : 4.86 \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00 \text{ MPa}$
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : 1.05$

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$	$\eta < 0.001 \checkmark$
Los esfuerzos solicitantes de cálculo p ^{ésimos} se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	$V_{Ed} : 0.00 \text{ kN}$
$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo p ^{ésimo} .	$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:	
$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$	$V_{pl,T,Rd} : 193.19 \text{ kN}$

Donde:	
V_{dl,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{dl,Rd} : 194.15 kN
τ_{T,Ed} : Tensiones tangenciales por torsión.	τ_{T,Ed} : 1.87 MPa
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T : 4.86 cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

Barra N53/N50

Perfil: IPE 160						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N53	N50	6.532	20.10	869.30	68.31	3.60
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		0.27	1.00	0.00	0.00	
L _K		1.750	6.532	0.000	0.000	
C _m		1.000	0.950	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.

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

$\bar{\lambda} : 1.14 \checkmark$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 1
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 20.10 cm ²
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} : 422.22 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} : 422.22 kN
$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$	
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 462.30 kN
$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$	
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞
$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$	

Donde:		
I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.		I_y : 869.30 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.		I_z : 68.31 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.		I_t : 3.60 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.		I_w : 3960.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.		E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.		G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.		L_{ky} : 6.532 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.		L_{kz} : 1.750 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.		L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.		i₀ : 6.83 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$		
Siendo:		
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.		i_y : 6.58 cm i_z : 1.84 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.		y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

29.04 ≤ 250.58 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 145.20 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 5.00 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 7.26 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 6.07 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

η : **0.061** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.484 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

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

N_{t,Ed} : 32.08 kN

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

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

N_{t,Rd} : 526.43 kN

Donde:

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

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : **0.055** ✓

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

η : **0.103** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

N_{c,Ed} : 29.21 kN

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

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	$N_{c,Rd} : 526.43 \text{ kN}$
Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 1
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 20.10 cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$	$N_{b,Rd} : 283.82 \text{ kN}$
Donde:	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 20.10 cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_y : 0.57$
	$\chi_z : 0.54$
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\Phi_y : 1.25$
	$\Phi_z : 1.25$
α: Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y : 0.21$
	$\alpha_z : 0.34$
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y : 1.14$
	$\bar{\lambda}_z : 1.09$
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 422.22 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 422.22 kN

N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 462.30 kN
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.402 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : 13.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^- : 12.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 32.45 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 123.90 \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.099 \checkmark$	
Para flexión positiva:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$M_{Ed}^+ : 0.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Para flexión negativa:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).	
M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$M_{Ed}^- : 0.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$
El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:	
$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$	$M_{c,Rd} : 6.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.	Clase : 1
$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	$W_{pl,z} : 26.10 \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00 \text{ MPa}$
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : 1.05$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.082 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : 9.89 \text{ kN}$$

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

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

V_{c,Rd} : 120.97 kN	
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 8.00 cm²
A_v = h · t_w	
Siendo:	
h : Canto de la sección.	h : 160.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 5.00 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
f_{yd} = f_y/γ_{M0}	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 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:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	29.04 < 64.71 ✓
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 29.04
λ_w = $\frac{d}{t_w}$	
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71
λ_{máx} = 70 · ε	
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92
ε = $\sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.69 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 194.15 kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 12.84 cm ²
$A_v = A - d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	A : 20.10 cm ²
d : Altura del alma.	d : 145.20 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 5.00 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
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}**.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \quad \mathbf{9.89 \text{ kN}} \leq \mathbf{60.48 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

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

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}} : 9.89 \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_{c,Rd}}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad \mathbf{V_{c,Rd}} : 120.97 \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

0.69 kN ≤ 97.08 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

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

V_{Ed} : 0.69 kN

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

$V_{c,Rd}$: 194.15 kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.538 ✓

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

η : 0.565 ✓

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

η : 0.442 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

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

$N_{c,Ed}$: 29.21 kN

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

$M_{y,Ed}^+$: 13.06 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.55 kN·m

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

Clase : 1

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

$N_{pl,Rd}$: 526.43 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 32.45 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 6.84 kN·m

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

A: Área de la sección bruta.	A : 20.10 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} : 123.90 cm ³ W_{pl,z} : 26.10 cm ³
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z: Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.08
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.14
C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.	
	C_{m,y} : 0.95 C_{m,z} : 1.00
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	
	χ_y : 0.57 χ_z : 0.54
λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	
	λ̄_y : 1.14 λ̄_z : 1.09
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	
	α_y : 0.60 α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (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·Q.

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

$$9.89 \text{ kN} \leq 60.32 \text{ kN}$$



Donde:

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

V_{Ed,z} : 9.89 kN

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

V_{c,Rd,z} : 120.63 kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.007 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.**M_{T,Ed}** : 0.01 kN·mEl momento torsor resistente de cálculo **M_{T,Rd}** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : 0.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.**W_T** : 4.86 cm³**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : 261.90 MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : 275.00 MPa**γ_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**γ_{M0}** : 1.05**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.082 \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.046 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}** : 9.89 kN**M_{T,Ed}**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.**M_{T,Ed}** : 0.01 kN·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : 120.63 \text{ kN}$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V_{pl,Rd}** : 120.97 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.	$\tau_{T,Ed} : 1.05$ MPa
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : 4.86$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 261.90$ MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00$ MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : 1.05$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : 0.01 \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : 193.62 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : 194.15 \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : 1.05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 4.86 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Barra N52/N60

Perfil: IPE 270 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N52	N60	5.000	45.90	5790.00	419.90	15.94
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
		β	1.00	1.30	0.00	0.00
		L _K	5.000	6.510	0.000	0.000
		C _m	1.000	0.550	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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.90** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 348.12 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} :** 2831.62 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 348.12 kN

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

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

$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$	
Donde:	
I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 5790.00 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 419.90 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 15.94 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : 70580.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 6.510 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 5.000 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 11.63 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 11.23 cm i_z : 3.02 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$37.82 \leq 250.57 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 249.60 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 6.60 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 16.47 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 13.77 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)	
Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.012 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.950 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 14.79 kN
La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:	
$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$	N_{t,Rd} : 1202.14 kN
Donde:	
A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 45.90 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)	
Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.035 \checkmark$
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.152 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 41.75 kN
La resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:	

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	$N_{c,Rd} : 1202.14 \text{ kN}$
Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 3
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 45.90 cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$	$N_{b,Rd} : 274.65 \text{ kN}$
Donde:	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 45.90 cm ²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_y : 0.86$
	$\chi_z : 0.23$
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\Phi_y : 0.77$
	$\Phi_z : 2.60$
α: Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y : 0.21$
	$\alpha_z : 0.34$
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y : 0.67$
	$\bar{\lambda}_z : 1.90$
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 348.12 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 2831.62 kN

N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 348.12 kN
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.540 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

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

M_{Ed}⁺ : 55.43 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

M_{Ed}⁻ : 68.50 kN·m

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

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

M_{c,Rd} : 126.76 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

W_{pl,y} : 484.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.064 ✓

Para flexión positiva:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.950 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.	
M_{Ed}⁺ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁺ : 1.63 kN·m
Para flexión negativa:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.950 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.	
M_{Ed}⁻ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁻ : 1.63 kN·m
El momento flector resistente de cálculo M_{c,Rd} viene dado por:	
$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$	M_{c,Rd} : 25.39 kN·m
Donde:	
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.	Clase : 1
W_{pl,z} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	W_{pl,z} : 96.95 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	η : 0.125 ✓
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 33.66 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 269.46 kN

Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 17.82 cm ²
$A_v = h \cdot t_w$	
Siendo:	
h : Canto de la sección.	h : 270.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 6.60 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	
f_{yd} : 261.90 MPa	
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)	
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	37.82 < 64.71 ✓
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 37.82
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$	
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.48 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 444.96 kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 29.43 cm ²
$A_v = A - d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	A : 45.90 cm ²
d : Altura del alma.	d : 249.60 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 6.60 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 33.66 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 33.66 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 269.46 kN

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

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

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$		0.48 kN ≤ 222.48 kN ✓
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.		
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	0.48 kN
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	444.96 kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \mathbf{0.567} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \mathbf{0.325} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \mathbf{0.259} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} :	18.28 kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} :	68.50 kN·m
	M_{z,Ed} :	0.30 kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase :	1
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} :	1202.14 kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} :	126.76 kN·m
	M_{pl,Rd,z} :	25.39 kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A :	45.90 cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} :	484.00 cm ³
	W_{pl,z} :	96.95 cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} :	261.90 MPa

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

Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.01
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.09
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	
	$C_{m,y}$: 0.55
	$C_{m,z}$: 1.00
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	
	χ_y : 0.86
	χ_z : 0.23
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	
	$\bar{\lambda}_y$: 0.67
	$\bar{\lambda}_z$: 1.90
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	
	α_y : 0.60
	α_z : 0.60

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

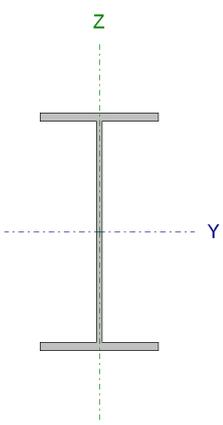
$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

33.66 kN ≤ 134.73 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$: 33.66 kN
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$: 269.46 kN

Barra N60/N50

Perfil: IPE 270 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)
N60	N50	4.300	45.90	5790.00	419.90	15.94	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	1.00	1.51	0.00	0.00		
	L _K	4.300	6.510	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.550	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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.64** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 470.68 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} :** 2831.62 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 470.68 kN

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

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

$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$	
Donde:	
I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 5790.00 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 419.90 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 15.94 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : 70580.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 6.510 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 4.300 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 11.63 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 11.23 cm i_z : 3.02 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$37.82 \leq 250.57 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 249.60 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 6.60 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 16.47 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 13.77 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)	
Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$	<u>$\eta : 0.018$ ✓</u>
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.217 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 21.34 kN
La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:	
$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$	<u>N_{t,Rd} : 1202.14 kN</u>
Donde:	
A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 45.90 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)	
Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	<u>$\eta : 0.023$ ✓</u>
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	<u>$\eta : 0.079$ ✓</u>
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 28.17 kN
La resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:	

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	$N_{c,Rd} : 1202.14 \text{ kN}$
Donde:	
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 3
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 45.90 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$	$N_{b,Rd} : 356.06 \text{ kN}$
Donde:	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 45.90 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_y : 0.86$
	$\chi_z : 0.30$
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\Phi_y : 0.77$
	$\Phi_z : 2.09$
α: Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y : 0.21$
	$\alpha_z : 0.34$
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y : 0.67$
	$\bar{\lambda}_z : 1.64$
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 470.68 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 2831.62 kN

N_{cr,z} : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 470.68 kN
N_{cr,T} : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.268 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.675 m del nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

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

M_{Ed}⁺ : 33.92 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.675 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

M_{Ed}⁻ : 30.74 kN·m

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

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

M_{c,Rd} : 126.76 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

W_{pl,y} : 484.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.139 ✓

Para flexión positiva:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.	
M_{Ed}⁺ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁺ : 3.52 kN·m
Para flexión negativa:	
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.	
M_{Ed}⁻ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed}⁻ : 3.52 kN·m
El momento flector resistente de cálculo M_{c,Rd} viene dado por:	
$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$	M_{c,Rd} : 25.39 kN·m
Donde:	
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.	Clase : 1
W_{pl,z} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	W_{pl,z} : 96.95 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	η : 0.068 ✓
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.219 m del nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 18.35 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 269.46 kN

Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 17.82 cm ²
$A_v = h \cdot t_w$	
Siendo:	
h : Canto de la sección.	h : 270.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 6.60 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	
f_{yd} : 261.90 MPa	
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)	
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	37.82 < 64.71 ✓
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 37.82
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$	
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.84 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 444.96 kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 29.43 cm ²
$A_v = A - d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	A : 45.90 cm ²
d : Altura del alma.	d : 249.60 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 6.60 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 5.20 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 5.20 kN
--	---------------------------------

V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : 269.46 kN
--	-------------------------------------

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

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

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$		0.84 kN ≤ 222.48 kN ✓
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.		
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	0.84 kN
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	444.96 kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.411 ✓

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

η : 0.252 ✓

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

η : 0.294 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} :	20.99 kN
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ :	32.26 kN·m
	M_{z,Ed}⁺ :	3.52 kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase :	1
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} :	1202.14 kN
M_{pl,Rd,y} , M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} :	126.76 kN·m
	M_{pl,Rd,z} :	25.39 kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)		
A : Área de la sección bruta.	A :	45.90 cm ²
W_{pl,y} , W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} :	484.00 cm ³
	W_{pl,z} :	96.95 cm ³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.01
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.08
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : 0.55 C_{m,z} : 1.00
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : 0.86 χ_z : 0.30
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : 0.67 λ̄_z : 1.64
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : 0.60 α_z : 0.60

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.050 m del nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$5.20 \text{ kN} \leq 134.73 \text{ kN}$$



Donde:

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

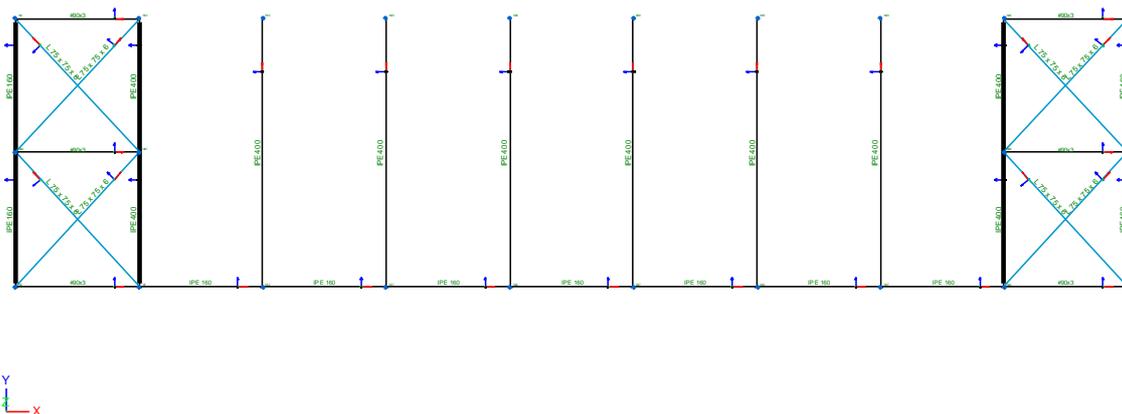
V_{Ed,z} : 5.20 kN

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

V_{c,Rd,z} : 269.46 kN

4.4 Viga Contraviento

Para la viga contraviento utilizaremos perfiles tubulares y en L. Para su diseño se tendrá en cuenta la combinación de viento frontal + viento interior de succión. A continuación una descripción más detallada:



4.4 Imagen Faldón de la cubierta

4.4.1 Geometría de Barras

4.4.1.1 Materiales utilizados

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: E: Módulo de elasticidad ν: Módulo de Poisson G: Módulo de cortadura f _v : Límite elástico α _t : Coeficiente de dilatación γ: Peso específico							

4.4.1.2 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β _{xy}	β _{xz}	Lb _{Su} p. (m)	Lb _{Inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N47/N88	N47/N88	L 75 x 75 x 6 (L)	0.062	8.746	0.062	0.00	0.00	-	-

Descripción											
Tipo	Material Designación	Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup} p. (m)	Lb _{Inf} (m)
					Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N88/N53	N88/N53	#90x3 (Huecos cuadrados)	-	6.000	-	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
Lb_{Sup}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb_{Inf}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

4.4.1.3 Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N47/N88
2	N88/N53

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	L 75 x 75 x 6, (L)	8.73	4.14	4.14	45.57	45.57	1.04
		2	#90x3, (Huecos cuadrados)	10.10	4.35	4.35	124.87	124.87	202.35

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'
It: Inercia a torsión
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

4.4.2 Cargas en Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación

de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N88/N53	Peso propio	Uniforme	0.078	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

4.4.3 Resultados

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)

4.4.3.1 Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.062 m	1.155 m	2.248 m	3.342 m	4.435 m	5.528 m	6.621 m	7.715 m	8.808 m
N47/N88	Peso propio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.062 m	1.155 m	2.248 m	3.342 m	4.435 m	5.528 m	6.621 m	7.715 m	8.808 m	
	Q	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V(180°) H1	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H2	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(270°) H1	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N	24.852	24.852	24.852	24.852	24.852	24.852	24.852	24.852	24.852	24.852	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.062 m	1.155 m	2.248 m	3.342 m	4.435 m	5.528 m	6.621 m	7.715 m	8.808 m	
	N(R) 1	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.750 m	1.500 m	2.250 m	3.000 m	3.750 m	4.500 m	5.250 m	6.000 m	
N88/N53	Peso propio	N	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222	-0.222
		Vy	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
		Vz	-0.237	-0.179	-0.121	-0.063	-0.004	0.054	0.112	0.171	0.229	
		Mt	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
		My	-0.01	0.15	0.26	0.33	0.36	0.34	0.27	0.17	0.02	
		Mz	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
	Q	N	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316	-0.316
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	
		Mt	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
		My	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	V(0°) H1	N	-4.670	-4.670	-4.670	-4.670	-4.670	-4.670	-4.670	-4.670	-4.670	
		Vy	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	
		Vz	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169	
		Mt	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	
		My	-0.04	0.09	0.21	0.34	0.47	0.59	0.72	0.85	0.97	
		Mz	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09	
	V(0°) H2	N	-4.786	-4.786	-4.786	-4.786	-4.786	-4.786	-4.786	-4.786	-4.786	
		Vy	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	
		Vz	-0.166	-0.166	-0.166	-0.166	-0.166	-0.166	-0.166	-0.166	-0.166	
		Mt	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	
		My	-0.01	0.11	0.24	0.36	0.49	0.61	0.73	0.86	0.98	
		Mz	0.02	0.00	-0.01	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09	
V(90°) H1	N	-1.940	-1.940	-1.940	-1.940	-1.940	-1.940	-1.940	-1.940	-1.940		
	Vy	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010		
	Vz	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056	-0.056		
	Mt	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23		
	My	-0.02	0.02	0.06	0.10	0.14	0.19	0.23	0.27	0.31		
	Mz	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04		
V(180°) H1	N	-6.899	-6.899	-6.899	-6.899	-6.899	-6.899	-6.899	-6.899	-6.899		

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.750 m	1.500 m	2.250 m	3.000 m	3.750 m	4.500 m	5.250 m	6.000 m
		Vy	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
		Vz	-0.118	-0.118	-0.118	-0.118	-0.118	-0.118	-0.118	-0.118	-0.118
		Mt	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
		My	-0.03	0.06	0.15	0.23	0.32	0.41	0.50	0.59	0.68
		Mz	0.07	0.04	0.01	-0.02	-0.05	-0.08	-0.12	-0.15	-0.18
	V(180°) H2	N	-7.035	-7.035	-7.035	-7.035	-7.035	-7.035	-7.035	-7.035	-7.035
		Vy	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
		Vz	-0.122	-0.122	-0.122	-0.122	-0.122	-0.122	-0.122	-0.122	-0.122
		Mt	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14
		My	-0.04	0.05	0.14	0.23	0.32	0.42	0.51	0.60	0.69
	V(270°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	16.986	16.986	16.986	16.986	16.986	16.986	16.986	16.986	16.986
		Vz	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025
		Mt	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
		My	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27
	N(EI)	N	0.00	-0.11	-0.21	-0.32	-0.42	-0.52	-0.63	-0.73	-0.84
		Vy	-0.03	-0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
		Vz	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168	-0.168
Mt		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mz		-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
N(R) 1	N	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
	Vy	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
	Vz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mt	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(R) 2	N	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	-0.191	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	
	Mt	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

4.4.3.2 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas

Grupo	Flecha máxima absoluta xy		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)						
N47/N88	8.199	0.00	7.653	0.00	8.199	0.00	7.653	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N88/N53	3.750	1.08	3.375	9.06	3.750	1.86	3.375	16.44
	3.750	L/(>1000)	3.375	L/662.3	3.750	L/(>1000)	3.375	L/662.7

4.4.3.3 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N47/N88

Perfil: L 75 x 75 x 6 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	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 _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N47	N88	8.870	8.73	45.57	45.57	26.83	1.04	17.10	-17.10	-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	0.00	0.00	0.00					
L _K		0.000	0.000	0.000	0.000					
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000					
C ₁		-			1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

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

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

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

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

Donde:

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

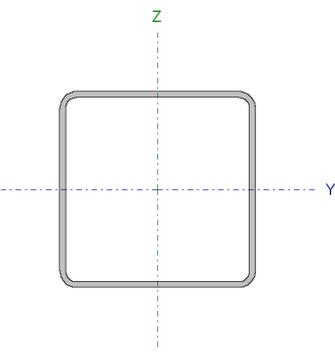
A: 8.73 cm²

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : 275.00 MPa
N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : ∞

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$	η : 0.160 ✓
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 36.70 kN
La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:	
$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$	N_{t,Rd} : 228.64 kN
Donde:	
A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 8.73 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
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

Barra N88/N53

Perfil: #90x3							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
Inicial	Final						
N88	N53	6.000	10.10	124.87	124.87	202.35	
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	6.000	6.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.950	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.

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

$\bar{\lambda} : 1.97 \checkmark$

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 10.10 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} : 71.89 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} :** 71.89 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 71.89 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{I_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 124.87 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 124.87 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 202.35 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : 0.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 6.000 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 6.000 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 4.97 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 3.52 cm i_z : 3.52 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

28.00 ≤ 313.00 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 84.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 3.00 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 5.04 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 2.70 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)	
Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.095 \checkmark$
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.468 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.	
N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 25.01 kN
La resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:	
$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	N_{c,Rd} : 264.45 kN
Donde:	
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 1
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 10.10 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo N_{b,Rd} en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$	N_{b,Rd} : 53.46 kN
Donde:	
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 10.10 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : 1.05$
χ : Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_y : 0.20$
	$\chi_z : 0.20$
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\Phi_y : 2.86$
	$\Phi_z : 2.86$
α : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y : 0.49$
	$\alpha_z : 0.49$
$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y : 1.97$
	$\bar{\lambda}_z : 1.97$
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	$N_{cr} : 71.89 \text{ kN}$
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y} : 71.89 \text{ kN}$
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z} : 71.89 \text{ kN}$
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T} : \infty$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.171 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.250 m del nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : 1.53 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.250 m del nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : 0.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 8.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : 1$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.	
W_{pl,y} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	W_{pl,y} : 34.07 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
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:

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

$$\eta : 0.033 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : 0.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

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

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : 0.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : 8.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\mathbf{Clase} : 1$$

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

$$\mathbf{W_{pl,z}} : 34.07 \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.008 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.57 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 76.21 kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 5.04 cm ²
$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$	
Siendo:	
d : Altura del alma.	d : 84.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 3.00 mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)	
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	28.00 < 64.71 \checkmark
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 28.00
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$	
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)	
Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.001 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed} : 0.06 \text{ kN}$
El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	$V_{c,Rd} : 76.47 \text{ kN}$
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	$A_v : 5.06 \text{ cm}^2$
$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$	
Siendo:	
A : Área de la sección bruta.	$A : 10.10 \text{ cm}^2$
d : Altura del alma.	$d : 84.00 \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 3.00 \text{ mm}$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : 275.00 \text{ MPa}$
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0} : 1.05$
Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)	
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:	
$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \epsilon$	$30.00 < 64.71 \checkmark$
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	$\lambda_w : 30.00$
$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$	
$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	

ϵ : Factor de reducción.	ϵ : 0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.57 \text{ kN} \leq 38.11 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : 0.57 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : 76.21 \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.06 \text{ kN} \leq 38.24 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : 0.06 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : 76.47 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \mathbf{\eta : 0.251} \quad \checkmark$$

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$		$\eta : 0.664 \checkmark$
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$		$\eta : 0.601 \checkmark$
Los esfuerzos solicitantes de cálculo p ^é simos se producen en el nudo N53, para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.		
Donde:		
N_{c,Ed} : Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p ^é simo.	N_{c,Ed} : 25.01 kN	
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de c3lculo p ^é simos, seg ^u n los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : 1.24 kN·m M_{z,Ed} : 0.16 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 : 1	
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.	N_{pl,Rd} : 264.45 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} : 8.92 kN·m M_{pl,Rd,z} : 8.92 kN·m	
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Articulo 6.3.4.2)		
A : 3rea de la secci3n bruta.	A : 10.10 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} : 34.07 cm ³ W_{pl,z} : 34.07 cm ³	
f_{vd} : Resistencia de c3lculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa	
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$		
Siendo:		
f_y : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa	
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05	
k_y , k_z : Coeficientes de interacci3n.		
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : 1.37$	
$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : 1.37$	
C_{m,y} , C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : 0.95 C_{m,z} : 1.00	
χ_y , χ_z : Coeficientes de reducci3n por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : 0.20 χ_z : 0.20	
λ_y , λ_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00,	λ_y : 1.97	

en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_z : 1.97$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : 0.60$
	$\alpha_z : 0.60$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$0.57 \text{ kN} \leq 35.05 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z} : 0.57 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z} : 70.09 \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.080 \quad \checkmark$$

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

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : 6.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 45.40 \text{ cm}^3$

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.005 \checkmark$
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.32 kN
M_{T,Ed} : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	M_{T,Ed} : 0.55 kN·m
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido V_{pl,T,Rd} viene dado por:	
$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$	V_{pl,T,Rd} : 70.09 kN
Donde:	
V_{pl,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{pl,Rd} : 76.21 kN
τ_{T,Ed} : Tensiones tangenciales por torsión.	τ_{T,Ed} : 12.14 MPa
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T : 45.41 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

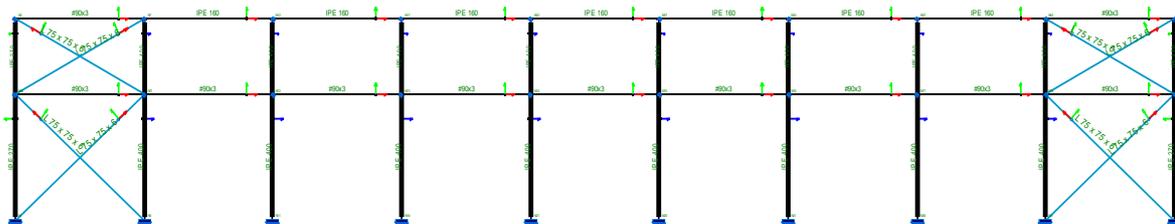
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$	$\eta < 0.001 \checkmark$
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.00 kN

M_{T,Ed} : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	M_{T,Ed} : 0.55 kN·m
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido V_{pl,T,Rd} viene dado por:	
$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$	V_{pl,T,Rd} : 70.33 kN
Donde:	
V_{pl,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{pl,Rd} : 76.47 kN
τ_{T,Ed} : Tensiones tangenciales por torsión.	τ_{T,Ed} : 12.14 MPa
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T : 45.41 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

4.5 Arriostramiento de Fachada Lateral

El arriostramiento de la fachada lateral también utiliza perfiles tubulares y en L y se encarga de transmitir a la cimentación todos los esfuerzos en la viga contraviento.



4.5 Imagen fachada lateral

4.5.1 Geometría de Barras

4.5.1.1 Materiales utilizados

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:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_v: Límite elástico
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

4.5.1.2 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)			β _{xy}	β _{xz}	Lb _{Su} D. (m)	Lb _{Inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N78/N57	N78/N57	#90x3 (Huecos cuadrados)	-	5.865	0.135	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Tipo	Material Designación	Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
					Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N46/N78	N46/N78	L 75 x 75 x 6 (L)	0.176	7.563	0.071	0.00	0.00	-	-
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb _{sup.} : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb _{inf.} : Separación entre arriostramientos del ala inferior											

4.5.1.3 Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N78/N57
2	N46/N78

Características mecánicas									
Tipo	Material Designación	Ref.	Descripción	A	A _{vy}	A _{vz}	I _{yy}	I _{zz}	I _t
				(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(cm ⁴)
Acero laminado	S275	1	#90x3, (Huecos cuadrados)	10.10	4.35	4.35	124.87	124.87	202.35
		2	L 75 x 75 x 6, (L)	8.73	4.14	4.14	45.57	45.57	1.04
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.									

4.5.2 Cargas en Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación

de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N37/N42	Peso propio	Uniforme	0.155	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N78/N57	Peso propio	Uniforme	0.078	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

4.5.3 Resultados de Esfuerzos en Barras

Referencias:

N: Esfuerzo axil (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)

4.5.3.1 Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.733 m	1.466 m	2.199 m	2.933 m	3.666 m	4.399 m	5.132 m	5.865 m	
N78/N57	Peso propio	N	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071	-0.071
		Vy	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
		Vz	-0.226	-0.169	-0.112	-0.055	0.002	0.059	0.116	0.173	0.240	
		Mt	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
		My	-0.22	-0.07	0.03	0.09	0.11	0.09	0.03	-0.08	-0.23	
		Mz	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	
	Q	N	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631	-0.631
		Vy	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
		Vz	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Mt	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.733 m	1.466 m	2.199 m	2.933 m	3.666 m	4.399 m	5.132 m	5.865 m	
	V(0°) H1	Mz	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09	
		N	2.126	2.126	2.126	2.126	2.126	2.126	2.126	2.126	2.126	
		Vy	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012
		Vz	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Mt	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
		My	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01
	Mz	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	
	V(0°) H2	N	1.767	1.767	1.767	1.767	1.767	1.767	1.767	1.767	1.767	1.767
		Vy	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019
		Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Mt	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
		My	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
		Mz	-0.05	-0.03	-0.02	-0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.07	0.07
	V(90°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Vy	11.937	11.937	11.937	11.937	11.937	11.937	11.937	11.937	11.937	11.937
		Vz	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
		Mt	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
		My	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		Mz	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05
	V(180°) H1	N	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451	-0.451
		Vy	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
		Vz	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		Mt	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		My	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02
Mz		0.02	0.00	-0.01	-0.03	-0.04	-0.06	-0.07	-0.09	-0.10	-0.10	
V(180°) H2	N	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	-0.589	
	Vy	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	
	Vz	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	Mt	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	My	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	
	Mz	0.05	0.02	-0.02	-0.05	-0.08	-0.11	-0.15	-0.18	-0.21	-0.21	
V(270°) H1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Vy	21.986	21.986	21.986	21.986	21.986	21.986	21.986	21.986	21.986	21.986	
	Vz	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	
	Mt	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	-0.025	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	-0.07	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07	0.07	
N(EI)	N	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	-0.334	
	Vy	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	
	Vz	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
	Mt	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	
N(R) 1	N	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	-0.230	
	Vy	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.733 m	1.466 m	2.199 m	2.933 m	3.666 m	4.399 m	5.132 m	5.865 m
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04
	N(R) 2	N	-0.272	-0.272	-0.272	-0.272	-0.272	-0.272	-0.272	-0.272	-0.272
		Vy	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.176 m	1.121 m	2.067 m	3.012 m	3.958 m	4.903 m	5.848 m	6.794 m	7.739 m
N46/N78	Peso propio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V(90°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.176 m	1.121 m	2.067 m	3.012 m	3.958 m	4.903 m	5.848 m	6.794 m	7.739 m
	V(180°) H2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(270°) H1	N	25.776	25.776	25.776	25.776	25.776	25.776	25.776	25.776	25.776
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(EI)	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N(R) 2	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

4.5.3.2 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

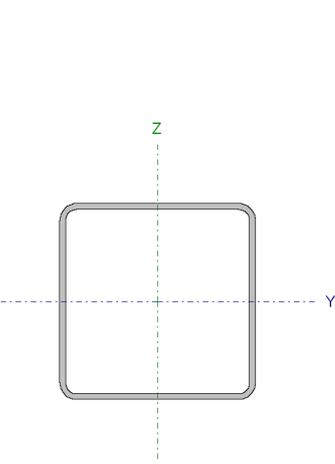
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		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)						
N78/N57	3.666	2.16	2.933	0.93	3.666	3.65	2.566	0.99
	3.666	L/(>1000)	2.933	L/(>1000)	3.666	L/(>1000)	2.933	L/(>1000)
N46/N78	6.618	0.00	7.091	0.00	6.618	0.00	4.727	0.00

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)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

4.5.3.3 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N78/N57

Perfil: #90x3							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
Inicial	Final						
N78	N57	6.000	10.10	124.87	124.87	202.35	
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	6.000	6.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	0.950	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.

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

$\bar{\lambda} : 1.97 \checkmark$

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 10.10 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} : 71.89 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} :** 71.89 kN

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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 71.89 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{I_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : 124.87 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : 124.87 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : 202.35 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : 0.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : 6.000 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : 6.000 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : 4.97 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : 3.52 cm i_z : 3.52 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

28.00 ≤ 313.00 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 84.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 3.00 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 5.04 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 2.70 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa
Siendo:	
$f_{yf} = f_y$	

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.012 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

N_{t,Ed} : 3.08 kN

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

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

N_{t,Rd} : 264.45 kN

Donde:

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

A : 10.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.123 \checkmark$

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

$\eta : 0.608 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

N_{c,Ed} : 32.51 kN

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

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

N_{c,Rd} : 264.45 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 1
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 10.10 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
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 pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo N_{b,Rd} en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{vd}$	N_{b,Rd} : 53.46 kN
Donde:	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 10.10 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y : 0.20
	χ_z : 0.20
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y : 2.86
	φ_z : 2.86
α: Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : 0.49
	α_z : 0.49
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y : 1.97
	λ̄_z : 1.97
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 71.89 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 71.89 kN
N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 71.89 kN
N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.046 \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : 0.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 8.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 34.07 \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.050 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.865 m del nudo N78, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.865 m del nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).	
M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{Ed} : 0.44 kN·m
El momento flector resistente de cálculo M_{c,Rd} viene dado por:	
$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$	M_{c,Rd} : 8.92 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} : 34.07 cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	η : 0.005 ✓
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.865 m del nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.35 kN
El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:	
$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$	V_{c,Rd} : 76.21 kN
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 5.04 cm ²
$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$	
Siendo:	
d : Altura del alma.	d : 84.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 3.00 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 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:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$	28.00 < 64.71 ✓
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 28.00
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$	
$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$	
ϵ : Factor de reducción.	ϵ : 0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : 0.09 \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : 76.47 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 5.06 \text{ cm}^2$$

$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$		
Siendo:		
A : Área de la sección bruta.	A :	10.10 cm ²
d : Altura del alma.	d :	84.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	3.00 mm
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.		
		f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$		
Siendo:		
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	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:		
$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \epsilon$		30.00 < 64.71 ✓
Donde:		
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w :	30.00
$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$		
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} :	64.71
$\lambda_{max} = 70 \cdot \epsilon$		
ε : Factor de reducción.	ε :	0.92
$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$		
Siendo:		
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} :	235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00 MPa

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.34 \text{ kN} \leq 38.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	0.34 kN
--	-------------------------	---------

V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : 76.21 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}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.09 \text{ kN} \leq 38.24 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.09 kN
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : 76.47 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.170} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.669} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.645} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 32.19 kN
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : 0.41 kN·m M_{z,Ed} : 0.02 kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : 1
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : 264.45 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} : 8.92 kN·m M_{pl,Rd,z} : 8.92 kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : 10.10 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} : 34.07 cm ³ W_{pl,z} : 34.07 cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	k_y : 1.48
$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	k_z : 1.48
C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	
	C_{m,y} : 0.95 C_{m,z} : 1.00
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	
	χ_y : 0.20 χ_z : 0.20
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	
	λ̄_y : 1.97 λ̄_z : 1.97
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	
	α_y : 0.60 α_z : 0.60

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.34 \text{ kN} \leq 37.59 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed,z}** : 0.34 kN

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd,z}** : 75.19 kN

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.013 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

M_{T,Ed} : 0.09 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **M_{T,Rd}** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

M_{T,Rd} : 6.87 kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 45.40 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.004 \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.865 m del nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

V_{Ed} : 0.33 kN

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

M_{T,Ed} : 0.09 kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

V_{pl,T,Rd} : 75.19 kN

Donde:	
V_{pl,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{pl,Rd} : 76.21 kN
τ_{T,Ed} : Tensiones tangenciales por torsión.	τ_{T,Ed} : 2.03 MPa
$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$	
Siendo:	
W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T : 45.41 cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

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

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.05 kN

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **M_{T,Ed}** : 0.09 kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

V_{pl,T,Rd} : 75.45 kN

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{pl,Rd}** : 76.47 kN

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión. **τ_{T,Ed}** : 2.03 MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : 45.41 cm³

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

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

Siendo:

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

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05



Barra N46/N78

Perfil: L 75 x 75 x 6 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicia l	Final l		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N46	N78	7.810	8.73	45.57	45.57	26.83	1.04	17.10	-17.10	-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	0.00	0.00	0.00					
L _K		0.000	0.000	0.000	0.000					
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000					
C ₁		-			1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

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

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

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

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

Donde:

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

A: 8.73 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}: ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.167 \quad \checkmark$$

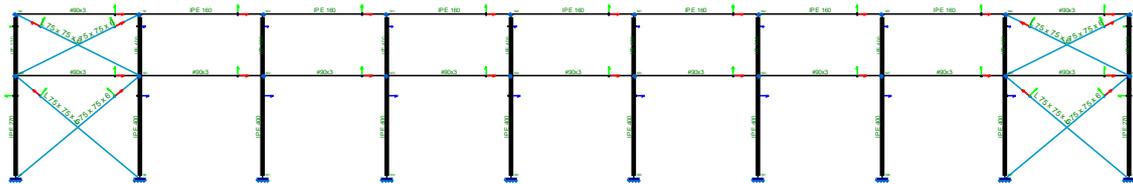
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 38.26 kN
La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:	
N_{t,Rd} = A · f _{yd}	N_{t,Rd} : 228.64 kN
Donde:	
A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 8.73 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa
f_{yd} = f _y /γ _{M0}	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

4.6 Viga Perimetral

Para la viga perimetral el perfil utilizado es un IPE 160. Canaliza cualquier empuje movilizado por intento de pandeo de los pórticos interiores a la Cruz de San Andrés (CSA).

Se trata de una barra de arriostramiento que trabaja a tracción.



4.6 Imagen fachada lateral

4.6.1 Geometría de Barras

4.6.1.1 Materiales utilizados

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							

4.6.1.2 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Su} d. (m)	Lb _{Inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N37/N4 2	N37/N4 2	IPE 160 (IPE)	-	6.000	-	0.5 0	0.5 0	-	-

Descripción											
Tipo	Material Designación	Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
					Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb _{sup.} : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb _{inf.} : Separación entre arriostramientos del ala inferior											

4.6.1.3 Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N37/N42

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 160, (IPE)	20.10	9.10	6.53	869.30	68.31	3.60
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.									

4.6.2 Cargas en Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación

de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N37/N42	Peso propio	Uniforme	0.155	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

4.6.3 Resultados de Esfuerzos en Barras

Referencias:

N: Esfuerzo axil (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)

4.6.3.1 Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.750 m	1.500 m	2.250 m	3.000 m	3.750 m	4.500 m	5.250 m	6.000 m
N37/N42	Peso propio	N	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.464	-0.348	-0.232	-0.116	0.000	0.116	0.232	0.348	0.464
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.750 m	1.500 m	2.250 m	3.000 m	3.750 m	4.500 m	5.250 m	6.000 m
		My	0.00	0.30	0.52	0.65	0.70	0.65	0.52	0.30	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q	N	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H1	N	16.918	16.918	16.918	16.918	16.918	16.918	16.918	16.918	16.918
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(0°) H2	N	16.751	16.751	16.751	16.751	16.751	16.751	16.751	16.751	16.751
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V(90°) H1	N	-3.929	-3.929	-3.929	-3.929	-3.929	-3.929	-3.929	-3.929	-3.929
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
My		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mz		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H1	N	13.035	13.035	13.035	13.035	13.035	13.035	13.035	13.035	13.035	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(180°) H2	N	13.133	13.133	13.133	13.133	13.133	13.133	13.133	13.133	13.133	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
V(270°) H1	N	-3.630	-3.630	-3.630	-3.630	-3.630	-3.630	-3.630	-3.630	-3.630	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N(EI)	N	-0.015	-0.015	-0.015	-0.015	-0.015	-0.015	-0.015	-0.015	-0.015	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.750 m	1.500 m	2.250 m	3.000 m	3.750 m	4.500 m	5.250 m	6.000 m
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 1	N	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N(R) 2	N	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084	-0.084
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.6.3.2 Flechas

Referencias:

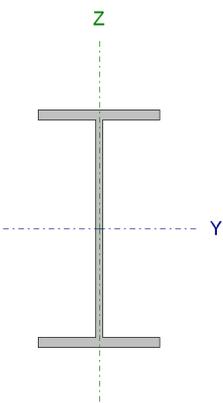
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		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)						
N37/N4 2	4.500	0.00	3.000	1.44	5.625	0.00	3.000	1.44
	-	L/(>1000)	3.000	L/(>1000)	-	L/(>1000)	3.000	L/(>1000)

4.6.3.3 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N37/N42

Perfil: IPE 160 Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
Inicial	Final						
N37	N42	6.000	20.10	869.30	68.31	3.60	
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	3.000	3.000	0.000	0.000		
	C _m	0.950	0.950	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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.87** ✓

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 : 20.10 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} : 157.31 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} : 2001.92 kN

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

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

N_{cr,z} : 157.31 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$		
Donde:		
I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.		I_y : 869.30 cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.		I_z : 68.31 cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.		I_t : 3.60 cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.		I_w : 3960.00 cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.		E : 210000 MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.		G : 81000 MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.		L_{ky} : 3.000 m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.		L_{kz} : 3.000 m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.		L_{kt} : 0.000 m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.		i₀ : 6.83 cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$		
Siendo:		
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.		i_y : 6.58 cm i_z : 1.84 cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.		y₀ : 0.00 mm z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$29.04 \leq 250.58 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 145.20 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 5.00 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 7.26 cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : 6.07 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 210000 MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.049 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.	
N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 25.58 kN
La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:	
$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$	N_{t,Rd} : 526.43 kN
Donde:	
A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 20.10 cm ²
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:	
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.011 \checkmark$
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	$\eta : 0.047 \checkmark$
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(R)2.	
N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : 5.86 kN
La resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:	
$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$	N_{c,Rd} : 526.43 kN
Donde:	
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 20.10 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)	
La resistencia de cálculo a pandeo N_{b,Rd} en una barra comprimida viene dada por:	
$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{vd}$	N_{b,Rd} : 123.64 kN
Donde:	
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : 20.10 cm ²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05
χ: Coeficiente de reducción por pandeo.	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	χ_y : 0.92
	χ_z : 0.23
Siendo:	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	φ_y : 0.67
	φ_z : 2.54
α: Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : 0.21
	α_z : 0.34
λ̄: Esbeltez reducida.	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	λ̄_y : 0.53
	λ̄_z : 1.87
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : 157.31 kN
N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	N_{cr,y} : 2001.92 kN
N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : 157.31 kN
N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.029$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

M_{Ed}⁺ : 0.94 kN·m

Para flexión negativa:

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

M_{Ed}⁻ : 0.00 kN·m

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

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

M_{c,Rd} : 32.45 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

W_{pl,y} : 123.90 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.005$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

V_{Ed} : 0.63 kN

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

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

V_{c,Rd} : 120.97 kN	
Donde:	
A_v : Área transversal a cortante.	A_v : 8.00 cm²
A_v = h · t_w	
Siendo:	
h : Canto de la sección.	h : 160.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 5.00 mm
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : 261.90 MPa
f_{vd} = f_y / γ_{M0}	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 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:	
$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	29.04 < 64.71 ✓
Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : 29.04
λ_w = d / t_w	
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} : 64.71
λ_{máx} = 70 · ε	
ε : Factor de reducción.	ε : 0.92
ε = √(f_{ref} / f_y)	
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa

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

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

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$	0.55 kN ≤ 60.48 kN ✓
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.	
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} : 0.55 kN
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} : 120.97 kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.078 ✓

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

η < 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : 25.58 kN
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : 0.94 kN·m M_{z,Ed}⁺ : 0.00 kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : 1
N_{pl,Rd} : Resistencia a tracción.	N_{pl,Rd} : 526.43 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} : 32.45 kN·m M_{pl,Rd,z} : 6.84 kN·m

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

M_{ef,Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{ef,Ed} : 0.00 kN·m
---	--------------------------------------

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

σ_{com,Ed} : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	σ_{com,Ed} : 0.00 MPa
---	--------------------------------------

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A} < 0 \rightarrow \sigma_{com,Ed} = 0$$

W_{y,com} : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	W_{y,com} : 123.90 cm ³
---	---

A: Área de la sección bruta.	A : 20.10 cm ²
M_{b,Rd,v}: Momento flector resistente de cálculo.	M_{b,Rd,v} : 32.45 kN·m

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.55 \text{ kN} \leq 60.48 \text{ kN}$$



Donde:

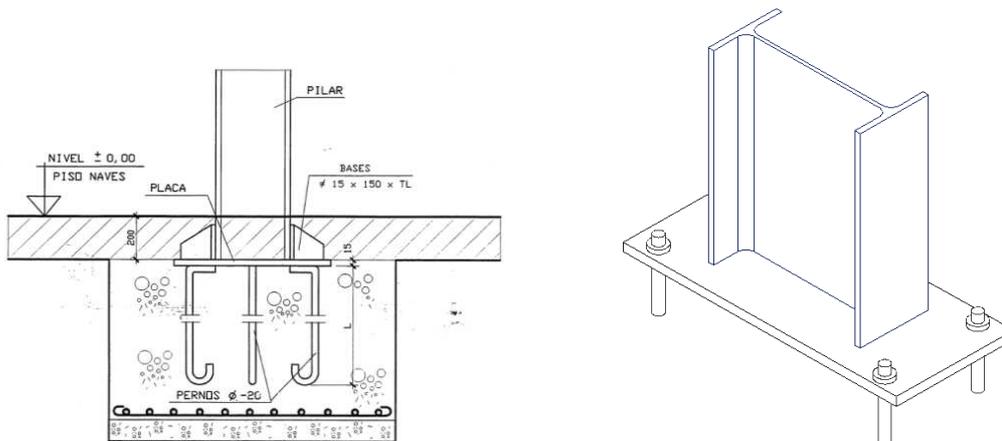
V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed,z} : 0.55 kN

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

V_{c,Rd,z} : 120.97 kN

4.7 Placas de Anclaje



4.7 Imagen placa de anclaje

Las placas de anclaje son los elementos de unión a través de los cuales los soportes transmiten los esfuerzos al cemento de manera que éste pueda resistirlos y transmitirlos al terreno. Cumplen las siguientes funciones:

- a) Mecánicas: Transmitir un esfuerzo entre dos materiales con características y comportamientos diferentes.
- b) Constructivas:
 1. Posicionamiento: Garantizar la ubicación exacta del pilar.
 2. Nivelación: Conseguir la misma cota para las bases de los pilares.
 3. Aplomado: Asegurar la verticalidad del pilar.

Las placas de anclaje están constituidas por:

- La placa de base
- Las cartelas de rigidez
- Los pernos de anclaje

4.7.1 Descripción

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1,N3,N46,N48	Ancho X: 250 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 14 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø14 mm L=45 cm Prolongación recta
N6,N8,N11,N13,N16,N18,N21,N23,N26,N28,N31,N33,N36,N38,N41,N43	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x20x7.0)	6Ø25 mm L=50 cm Prolongación recta

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N51,N52	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x6.0)	6Ø20 mm L=40 cm Prolongación recta
N54,N56,N63, N65	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 22 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x6.0)	6Ø20 mm L=35 cm Prolongación recta

4.7.2 Medición placas de anclaje

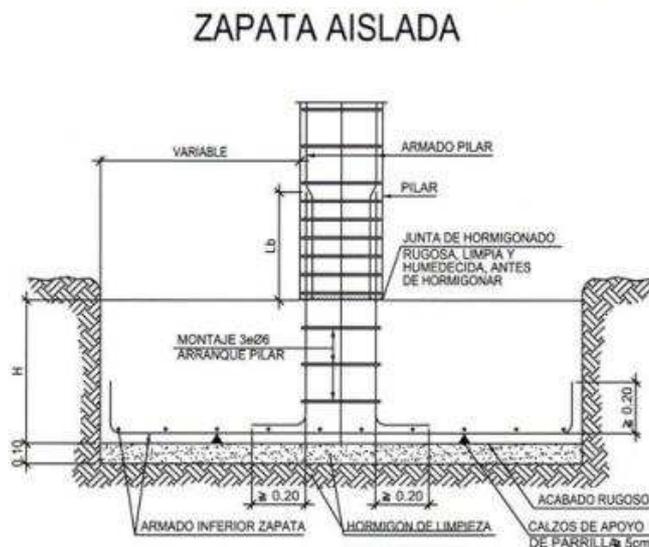
Pilares	Acero	Peso kp	Totales kp
N1, N3, N46, N48	S275	4 x 10.99	
N6, N8, N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36, N38, N41, N43	S275	16 x 59.44	
N51, N52	S275	2 x 33.99	
N54, N56, N63, N65	S275	4 x 33.99	
			1199.01
Totales			1199.01

4.7.3 Medición pernos placas de anclaje

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
N1, N3, N46, N48	16Ø14 mm L=50 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	16 x 0.50	16 x 0.60		
N6, N8, N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36, N38, N41, N43	96Ø25 mm L=57 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	96 x 0.57	96 x 2.18		
N51, N52	12Ø20 mm L=46 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	12 x 0.46	12 x 1.14		
N54, N56, N63, N65	24Ø20 mm L=41 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	24 x 0.41	24 x 1.02		
					77.83	257.43
Totales					77.83	257.43

5. CIMENTACIONES

5.1 Zapatas



5.1 Imagen zapata

5.1.1 Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36 y N41	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 90.0 cm Ancho inicial Y: 325.0 cm Ancho final X: 90.0 cm Ancho final Y: 35.0 cm Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 360.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 21Ø12c/17 Sup Y: 10Ø12c/17 Inf X: 21Ø12c/17 Inf Y: 10Ø12c/17
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38 y N43	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 90.0 cm Ancho inicial Y: 35.0 cm Ancho final X: 90.0 cm Ancho final Y: 325.0 cm Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 360.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 21Ø12c/17 Sup Y: 10Ø12c/17 Inf X: 21Ø12c/17 Inf Y: 10Ø12c/17
N48 y N1	Zapata cuadrada Ancho: 190.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 8Ø12c/22 Sup Y: 8Ø12c/22 Inf X: 8Ø12c/22 Inf Y: 8Ø12c/22
N56, N52, N54, N63, N51 y N65	Zapata cuadrada Ancho: 240.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 11Ø12c/22 Sup Y: 11Ø12c/22 Inf X: 11Ø12c/22 Inf Y: 11Ø12c/22
N46 y N3	Zapata cuadrada Ancho: 200.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 9Ø12c/22 Sup Y: 9Ø12c/22 Inf X: 9Ø12c/22 Inf Y: 9Ø12c/22

5.1.2 Medición

Referencias: N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36 y N41		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	21x1.87	39.27
	Peso (kg)	21x1.66	34.87
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	10x3.73	37.30
	Peso (kg)	10x3.31	33.12
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	21x1.87	39.27
	Peso (kg)	21x1.66	34.87
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	10x3.73	37.30
	Peso (kg)	10x3.31	33.12
Totales	Longitud (m)	153.14	135.98
	Peso (kg)	135.98	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	168.45	149.58
	Peso (kg)	149.58	
Referencias: N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38 y N43		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	21x1.87	39.27
	Peso (kg)	21x1.66	34.87
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	10x3.73	37.30
	Peso (kg)	10x3.31	33.12
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	21x1.87	39.27
	Peso (kg)	21x1.66	34.87
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	10x3.73	37.30
	Peso (kg)	10x3.31	33.12
Totales	Longitud (m)	153.14	135.98
	Peso (kg)	135.98	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	168.45	149.58
	Peso (kg)	149.58	
Referencias: N48 y N1		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	8x1.74	13.92
	Peso (kg)	8x1.54	12.36
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	8x1.74	13.92
	Peso (kg)	8x1.54	12.36
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	8x1.74	13.92
	Peso (kg)	8x1.54	12.36

Referencias: N48 y N1		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	8x1.74	13.92
	Peso (kg)	8x1.54	12.36
Totales	Longitud (m)	55.68	
	Peso (kg)	49.44	49.44
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	61.25	
	Peso (kg)	54.38	54.38
Referencias: N56, N52, N54, N63, N51 y N65		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	11x2.24	24.64
	Peso (kg)	11x1.99	21.88
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	11x2.24	24.64
	Peso (kg)	11x1.99	21.88
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	11x2.24	24.64
	Peso (kg)	11x1.99	21.88
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	11x2.24	24.64
	Peso (kg)	11x1.99	21.88
Totales	Longitud (m)	98.56	
	Peso (kg)	87.52	87.52
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	108.42	
	Peso (kg)	96.27	96.27
Referencias: N46 y N3		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	9x1.84	16.56
	Peso (kg)	9x1.63	14.70
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	9x1.84	16.56
	Peso (kg)	9x1.63	14.70
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	9x1.84	16.56
	Peso (kg)	9x1.63	14.70
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	9x1.84	16.56
	Peso (kg)	9x1.63	14.70
Totales	Longitud (m)	66.24	
	Peso (kg)	58.80	58.80
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	72.86	
	Peso (kg)	64.68	64.68

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m ³)	
	Ø12	HA-30, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36 y N41	8x149.58	8x4.54	8x0.65
Referencias: N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38 y N43	8x149.58	8x4.54	8x0.65
Referencias: N48 y N1	2x54.38	2x1.99	2x0.36
Referencias: N56, N52, N54, N63, N51 y N65	6x96.27	6x3.17	6x0.58
Referencias: N46 y N3	2x64.68	2x2.20	2x0.40
Totales	3209.02	99.96	15.35

5.2 Vigas

5.2.1 Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N48-N56], C [N56-N52], C [N52-N54], C [N54-N46], C [N1-N63], C [N63-N51], C [N51-N65] y C [N65-N3]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

5.2.2 Medición

Referencias: C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x6.30	12.60
	Peso (kg)		2x5.59	11.19
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x6.30	12.60
	Peso (kg)		2x5.59	11.19
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	15x1.33		19.95
	Peso (kg)	15x0.52		7.87
Totales	Longitud (m)	19.95	25.20	30.25
	Peso (kg)	7.87	22.38	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	21.95	27.72	33.28
	Peso (kg)	8.66	24.62	
Referencias: C [N48-N56], C [N56-N52], C [N52-N54], C [N54-N46], C [N1-N63], C [N63-N51], C [N51-N65] y C [N65-N3]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x6.80	13.60
	Peso (kg)		2x6.04	12.07

Referencias: C [N48-N56], C [N56-N52], C [N52-N54], C [N54-N46], C [N1-N63], C [N63-N51], C [N51-N65] y C [N65-N3]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x6.8	13.6
	Peso (kg)		0 2x6.0 4	0 12.0 7
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	16x1.3		21.2
	Peso (kg)	3 16x0.5 2		8 8.40
Totales	Longitud (m)	21.28	27.20	32.5
	Peso (kg)	8.40	24.14	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	23.41	29.92	35.7
	Peso (kg)	9.24	26.55	

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m ³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-30, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [N3-N8], C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N28-N33], C [N33-N38], C [N38-N43], C [N43-N48], C [N46-N41], C [N41-N36], C [N36-N31], C [N31-N26], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11], C [N11-N6] y C [N6-N1]	18x8.6 6	18x24.6 2	599.0 4	18x0.66	18x0.1 6
Referencias: C [N48-N56], C [N56-N52], C [N52-N54], C [N54-N46], C [N1-N63], C [N63-N51], C [N51-N65] y C [N65-N3]	8x9.24	8x26.55	286.3 2	8x0.70	8x0.17
Totales	229.80	655.56	885.3 6	17.38	4.34

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Presupuesto parcial nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
1.1	m3 Retirada tierra vegetal mecánico Retirada y apilado de capa de tierra vegetal, realizada con medios mecánicos. Zona de la nave	1	1.890,00		0,10	189	189	3,26	616,14
1.2	m3 Excv medios pala c/carga Excavación a cielo abierto realizada por debajo de la cota de implantación, en terrenos medios, con medios mecánicos, pala cargadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos y carga directa sobre transporte.	1	1.890,00		0,33	623,70	623,70	2,50	1.559,25
1.3	m3 Excv zanja medios retro Excavación para la formación de zanja, en terrenos medios, con retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos con extracción a los bordes, incluyendo carga sobre transporte. Vigas atado C.1 Zanjas saneamiento	18 8 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	4,93 4,75 12,20 12,40 13,40 10,45 10,45 4,40 13,40 12,20 8,40 12,40 4,05	0,40 0,40 0,61 0,61 0,66 0,70 0,70 0,66 0,66 0,61 0,66 0,61 0,66 0,61 0,75	0,50 0,50 0,71 0,71 0,96 1,24 1,46 1,46 1,37 1,10 1,46 1,29 1,54	17,75 7,60 5,28 5,37 16,98 9,07 10,68 4,24 12,12 8,19 8,09 9,76 4,68	119,81	11,06	1.325,10
1.4	m3 Excv pozo medios retro Excavación para formación de pozos, en terrenos medios, con medios mecánicos, retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos con extracción a los bordes, incluyendo carga sobre transporte. ZAPATAS N1-N3-N46-N48 N51-N52-N54-N56-N63-N65 N6-N8-N11-N13-N16-N18-N21-N23-N26 N28-N31-N33-N36-N38-N41-N4 ARQUETAS	4 6 16 4 1 1 1 1 2 1 2 1	2,00 2,40 1,80 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60	2,00 2,40 3,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60 0,60	0,55 0,55 0,70 0,86 1,11 1,39 1,61 1,25 1,52 1,44 1,69	8,80 19,01 72,57 1,24 0,40 0,50 0,58 0,90 0,55 1,04 0,61	106,2	13,28	1.410,34
1.5	m3 Relleno extendido zahorra mtnv Relleno y extendido de zahorras con medios mecánicos, motoniveladora, incluso compactación, con rodillo autopropulsado, en capas de 15cm de espesor máximo, con grado de compactación 95% del Proctor modificado.	1	1.890,00		0,15	283,50	283,50	32,95	9.341,33

TOTAL presupuesto parcial nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS: 14.252,16

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Presupuesto parcial nº2 CIMENTACIÓN									
2.1	m3 H Limpieza 150/B/20 e=10 cm Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, para formación de solera de asiento, con una dosificación mínima de cemento de 150 kg/m ³ , de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm y 10 cm de espesor, en la base de la cimentación, transportado y puesto en obra. Vigas atado C.1	18 8	4,94 4,75	0,40 0,40	0,10 0,10	3,56 1,52	5,08		
	ZAPATAS								
	N1-N3-N46-N48	4	2,00	2,00	0,10	1,60			
	N51-N52-N54-N56-N63-N65	6	2,40	2,40	0,10	3,46			
	N6-N8-N11-N13-N16-N18-N21-N23- N26-N28-N31-N33-N36-N38-N41-N43	16	1,80	3,60	0,10	10,37	15,43		
							20,51	98,43	2.018,80
2.2	m3 HA 25 znj-zap-rios blanda 20 Hormigón HA 25/B/20/IIa preparado HA 25 en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, transportado y puesto en obra. ZAPATAS								
	N1-N3-N46-N48	4	2,00	2,00	0,55	8,80			
	N51-N52-N54-N56-N63-N65	6	2,40	2,40	0,55	19,01			
	N6-N8-N11-N13-N16-N18-N21-N23- N26-N28-N31-N33-N36-N38-N41-N43	16	1,80	3,60	0,70	72,57	100,38		
	Vigas atado C.1	18 8	4,94 4,75	0,40 0,40	0,40 0,40	14,23 6,08	20,31		
							120,69	117,66	14.200,38
2.3	m2 Solera de hormigón autonivelante e 8 cm Solera de 8 cm de espesor, de hormigón autonivelante armado HA-25/AC/10/IIa fabricado en central, armada con malla electrosoldada ME 15x15 de Ø 6 mm, acero B 500 S. Incluso curado, formación de juntas de hormigonado y plancha de poliestireno expandido de 2 cm de espesor para la ejecución de juntas de contorno, colocada alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros, según EHE.	1	54,00	26,00		1.404,00			
							1.404,00	12,86	18.055,44
2.4	m2 Solera HM-20 e 15 c/ME Solera realizada con hormigón HM 20/B/20/I con un espesor de 15cm reforzada con malla electrosoldada ME 15x15 diámetro 4-4 B 500 S colocado sobre terreno limpio y compactado a mano extendido mediante reglado, aserrado para formación de juntas de retracción y plancha de poliestireno expandido de 2cm de espesor para la ejecución de juntas de contorno (Realizando juntas de retracción cada 40 m ² aprox.) , colocada alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera y acabado ruleteado.	1	54,00	26,00		1.404,00			
							1.404,00	22,64	31.786,56
2.5	m2 Lámina polietileno baj soler 2 m ancho lámina de polietileno expandido , de 5 mm de espesor, 20 kg/m ³ de densidad, resistencia a compresión 7.81 kpa, para aislamiento acústico frente a ruidos de impacto colocada bajo solera en todo el perímetro con una anchura de 2m.								
	perimetral	2 2	26,00 54,00	2,00 2,00		104,00 216,00			
							320,00	1,09	348,80

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.6	m2 Impz a-capilaridad solera LBM-30-FP SBS Impermeabilización anticapilaridad de solera mediante membrana monocapa no adherida, compuesta por lámina de betún modificado con elastómeros SBS, tipo LBM-30-FP, de masa total 30 gr/dm ² , de superficie no protegida, con armadura constituida por fieltro de poliéster no tejido FP.160 (160gr/m ²), colocada sin adherir al soporte y adherida en los solapos previa imprimación de éstos con emulsión bituminosa negra tipo EB, incluso limpieza previa del soporte, mermas y solapos, según DB HS-1 del CTE y Documento: Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante con láminas bituminosas modificadas de ANFI.	1	54,80	27,00		1.479,60			
							1.479,60	11,54	17.074,58
2.7	kg B 500 S corrue8 Acero corrugado B 500 S soldable, de diámetro 8 mm., montado, incluso cortes, ferrallado y despuntes. Vigas Centradoras	229,80				229,80			
							229,80	1,36	312,53
2.8	kg B 500 S corrue12 Acero corrugado B 500 S soldable, de diámetro 12 mm., montado, incluso cortes, ferrallado y despuntes. Zapatatas Vigas centradoras	3.209,02 655,56				3.209,02 655,56			
							3.864,58	1,17	4.521,55
2.9	u Pl anclaje S275 450 x 650 x 22mm Placa de anclaje de soporte metálico, centrada en la cimentación, de acero S275, dimensiones 450 x 650mm, y 22mm de espesor, cartelas de acero B500S soldadas a soporte y de espesor 7 mm y geometría según planos de proyecto, armaduras de anclaje compuesta por 6 pernos de Ø25 de acero B500S, incluso taladros, roscados, tuercas, limpieza y pintura. N6-N8-N11-N13-N16-N18-N21-N23- N26-N28-N31-N33-N36-N38-N41-N43	16				16,00			
							16,00	44,41	710,56
2.10	u Pl anclaje S275 350 x 500 x22mm Placa de anclaje de soporte metálico, centrada en la cimentación, de acero S275, dimensiones 350 x 500mm, y 22mm de espesor, cartelas de acero B500S soldadas a soporte y de espesor 5 mm y geometría según planos de proyecto, armaduras de anclaje compuesta por 6 pernos de Ø20 de acero B500S, incluso taladros, roscados, tuercas, limpieza y pintura. N51-N5 N54-N56-N63-N65	6				6,00			
							6,00	29,88	179,30
2.11	u Pl anclaje S275 250 x 400 x14mm Placa de anclaje de soporte metálico, centrada en la cimentación, de acero S275, dimensiones 250 x 400mm, y 14mm de espesor, cartelas de acero B500S soldadas a soporte y de espesor 5 mm y geometría según planos de proyecto, armaduras de anclaje compuesta por 4 pernos de Ø20 de acero B500S, incluso taladros, roscados, tuercas, limpieza y pintura. N1-N3-N46-N48	4				4,00			
							4,00	10,87	43,47

TOTAL presupuesto parcial nº 2 CIMENTACIÓN: 89.251,97

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

Presupuesto parcial nº 3 ESTRUCTURA**3.1 kg Acero S275**

Suministro y colocación de acero laminado, de clase S275, con perfiles de tipología IPE, L y # (Cuadrado huecos) con uniones soldadas, incluso pintura de imprimación.

IPE

IPE 400 (337,037m)

22.356,53

22.356,53

IPE 160 (136,259m)

2.149,97

2.149,97

IPE 270 (85,200m)

3.069,88

3.069,88

27.576,39

#

#100x3 (52m)

461,16

461,16

#90x3 (168m)

1.331,64

1.331,64

1.792,80

L

75x75x6 (323,669m)

2.218,12

2.218,12

2.218,12

31.587,30

2,36

74.546,03

3.2 kg Acero S235 correas CF 180x3

Perfil normalizado de acero S235, conformado en frío de acero laminado en caliente, CF-180x3mm en correas, soldadas, incluso pintura de imprimación.

Correas C.F 180x3

7.160,4

7.160,4

7.160,4

2,25

16.110,90

7.160,4

2,25

16.110,90

TOTAL presupuesto parcial nº 3 ESTRUCTURA: 90.656,93

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

Presupuesto parcial nº 4 CERRAMIENTO EXTERIOR**4.1 m2 Cerr pnl pref H e16cm bl**

Suministro y colocación de cerramiento exterior a base de paneles prefabricados lisos de hormigón armado de 16cm de espesor (Hormigón HA-25/F/12/IIa y acero B 500 SD), colocados en posición horizontal, con acabado en blanco y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado, totalmente montado.

Se incluye anclaje con pilares mediante L100x10 atornillados(2 por panel), transporte a pie de obra, la colocación y el sellado por la cara exterior de juntas entre paneles a base de masilla de poliuretano, y la cara interior con masilla acrílica, incluso pequeño material de sujeción.

Incluido los premarcos metálicos necesarios para la sustentación de placas colgadas en huecos de puertas, herrajes y premarcos galvanizados para puertas basculantes o seccionales.

Fachadas laterales

16	6,13	1,63	159,87
55	5,99	1,63	537,00
4	6,13	2,06	50,51
13	5,99	2,06	160,41
Fachadas frontales	8	6,49	106,95
	24	6,49	253,89

1.268,63	116,01	147.173,77
----------	--------	------------

TOTAL presupuesto parcial nº 4 CERRAMIENTO EXTERIOR: 147.173,77

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Presupuesto parcial nº 5 CUBIERTA									
5.1	m2 Cobertura panel sándwich 40 mm Suministro y montaje de cubierta metálica de panel tipo sándwich formado por dos chapas prelacadas de 0,5 mm de espesor cada una con un núcleo de espuma de poliuretano de 40 kg/m ³ , con un espesor total de 40 mm, totalmente montada y estanca y fijada sobre correas metálicas, incluso p.p. de solapes, cubrejuntas y accesorios de fijación (accesorios y tornillería), grúas de elevación de material a cubierta, plataformas elevadoras, limas.	1	812,44			812,44			
		2	56,80			113,60			
							926,04	23,99	22.215,70
5.2	m2 Cobertura pl polie refz 0.7mm Cobertura con placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio, para formación de lucernarios en tejados de chapas de acero de 0.7mm de espesor, incluso parte proporcional de solapes y accesorios de fijación, seguridad y estanquidad.	8	5,00	2,00		80,00			
							80,00	13,78	93,78
5.3	m2 Remate frontal y trasdos chap galv Suministro y montaje de de chapa galvanizada de 0.6 mm de espesor para remate frontal y trasdosado con ,greca y acabado igual que panel sándwich, con tornillos autotaladrantes anclados a paneles de hormigón, p.p. de sellado, grúas, plataformas y medios de seguridad, totalmente montado.	2	54,00		0,56	30,24			
		2	54,00		1,65	178,20			
							208,44	12,79	2.665,95
5.4	m Can doble sandwich Suministro y montaje de canalón sandwich, para recogida de aguas pluviales del desarrollo necesario, conformado mediante dos chapas de acero metálico galvanizadas de 0.8 mm de espesor y alma aislante a base de fibra ibr-80, incluso p.p. de solapes, remateria, material de fijación, topes, boquillas de conexión a bajantes, grúas y plataformas. totalmente montado y estanco.	2	53,98			107,96			
							107,96	16,84	1.818,05
5.5	m Cumbre/limatesa chapa 50cm Suministro y montaje de cumbre de tejado de chapas, con chapa conformada de 50cm de desarrollo, incluso colocación y fijación de la chapa parte proporcional de solapes accesorios de fijación y junta de estanquidad.	1	54,40			54,40			
							54,40	16,14	878,02
5.6	m Remate babero Suministro y montaje de remate babero conformado de chapa de acero metálico galvanizado de 0.6 mm de espesor, con un desarrollo de 500 mm, incluso p.p. de material de fijación y solapes, medios auxiliares y de seguridad, totalmente montado.	2	53,98			107,96			
		4	13,12			52,48			
							160,44	8,19	1.314,00
TOTAL presupuesto parcial nº 5 CUBIERTA:									28.985,50

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Presupuesto parcial nº 6 CERRAJERÍA EXTERIOR									
6.1	u Puerta 2hj a galv 100x240cm Puerta de paso de dos hojas abatibles de 100x240cm, formada por dos planchas de acero galvanizado ensambladas entre si y relleno de espuma de poliuretano, marco de plancha de acero galvanizado de 1.2mm de espesor, bisagras y cerradura embutida con manivela, incluso aplomado, colocación y eliminación de restos.	1				1,00	1,00	271,01	271,01
6.2	m2 Cierre enr ciego lam agarraf acer galv Persiana enrollable, formada por lamas agarrafadas entre sí de acero galvanizado, cosidas en sus extremos, arrollables sobre eje de tubo de acero, poleas portamuelle de nylon antifricción, muelles de alambre de acero tratado con guías laterales de perfil en u y cierre con cerradura de cilindro y pestillos laterales, preparada para motorizar. colocada con todos los accesorios y cierres de seguridad. ajuste y montaje en obra (incluyendo ayudas de albañilería).	1	5,90		3,50	20,65	20,65	91,48	1.889,06
TOTAL presupuesto parcial nº 6 CERRAJERÍA EXTERIOR:									2.160,07

RESUMEN DE PRESUPUESTO

<u>Nº</u>		<u>Precio(€)</u>	<u>%</u>
1.	Movimiento de tierras.....	14.252,16	3,83
2.	Cimentación	89.251,97	23,96
3.	Estructura	90.656,93	24,34
4.	Cerramiento exterior.....	147.173,77	39,51
5.	Cubierta	28.985,50	7,78
6.	Cerrajería exterior	2.160,07	0,58
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL.....		372.480,40	
15,00% Gastos generales		55.872,06	
6,00% Beneficio industrial		22.348,82	
SUMA DE GASTOS GENERALES y BENEFICIO INDUSTRIAL.....		78.220,88	
21,00% I.V.A		94.647,27	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		545.348,55	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de QUINIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL
TRESCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

VALENCIA, Septiembre de 2014