

UNIVERSIDAD JAUME I
ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS
EXPERIMENTALES
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA
ESTRUCTURA METÁLICA
DESTINADA A LA AMPLIACIÓN
DE LA EMPRESA TALLERES
MATA. ANÁLISIS DE LAS
UNIONES EMPLEADAS.

Alumno: Rubén Morillo
Jurado

Director: David Hernández
Figueirido

Departamento: Ingeniería
Mecánica y Construcción

Castellón, 8 Enero 2019

ÍNDICE

MEMORIA	7
1. Objeto del proyecto	8
2. Alcance	8
3. Antecedentes	9
4. Normas y referencias	10
4.1. Disposiciones y normas aplicadas	10
4.2. Programas de cálculo	11
4.3. Bibliografía	12
4.3.1. Otras referencias	12
5. Requisitos de diseño	13
5.1. Cliente	13
5.2. Emplazamiento	13
6. Acciones consideradas	15
6.1. Cargas permanentes	15
6.2. Sobrecargas de uso	16
6.3. Sobrecargas de nieve	17
6.4. Sobrecarga de viento	18
6.5. Cargas de sismo	19
6.6. Puente grúa	19
7. Procedimiento de dimensionado	27
7.1. Cálculo de las correas	27
7.2. Creación de la geometría de la estructura	28
7.3. Descripción de los nudos	29
7.4. Descripción de barras	29
7.5. Pandeo	30
7.6. Flecha	32
8. Resultado final	33
8.1. Descripción de la estructura final	33
8.2. Descripción de las placas de anclaje	34
8.3. Descripción de la cimentación	35
8.4. Descripción de la protección frente a la corrosión	37
ANEXO I. CÁLCULOS	38
1. Anexo de cálculos del estudio paramétrico	39
1.1. Barras	39
1.1.1. Pilar Pórtico IPE 400-1	39
1.1.2. Pilar Pórtico IPE 400-2	50
1.1.3. Pilar Pórtico Interior IPE 400	61
1.1.4. Pilar Pórtico Fachada IPE 330-1	71

1.1.5.	Pilar Pórtico Fachada IPE 330-2	81
1.1.6.	Viga Jácena IPE 360	91
1.1.7.	Viga Perimetral IPE 100	102
1.1.8.	Viga Cumbreira IPE 100	108
1.1.9.	Viga Contraviento R 20	114
1.1.10.	Tirante Cruz San Andrés Fachada R 20	117
1.1.11.	Tirante Cruz San Andrés Lateral R 20	120
1.1.12.	Barra Cruz San Andrés Fachada R 20	123
1.1.13.	Montante Tubular Cubierta SHS 80x3	128
1.1.14.	Montante Tubular Cubierta SHS 90x3	136
1.1.15.	Montante Tubular Fachada SHS 80x3	144
1.1.16.	Correas para Cubierta ZF 200x2	152
1.1.17.	Correas para Lateral ZF 140x2	156
1.1.18.	Ménsula HEA 280	160
1.1.19.	Viga Carrilera HEA 280	169
1.2.	Cimentación	178
1.2.1.	Zapata Tipo I	178
1.2.2.	Zapata Tipo II	181
1.2.3.	Zapata Tipo III	184
1.2.4.	Vida de atado	187
1.3.	Uniones	188
1.3.1.	Placa de anclaje Tipo I	188
1.3.2.	Placa de anclaje Tipo II	192
1.3.3.	Pilar IPE 400 – Jácena IPE 360	196
1.3.4.	Pilar IPE 400 – IPE 330 – Tubo Arriostramiento	214
1.3.5.	Pilar IPE 400 – Jácena IPE 360 – Viga perimetral IPE 100	220
1.3.6.	Unión Jácena IPE 360	253
1.3.7.	Pilar IPE 330 – Unión Jácena IPE 360	270
1.3.8.	Pilar IPE 330 – Jácena IPE 360	302
1.3.9.	Puente grúa	312
1.3.9.1.	Ménsula	312
1.3.9.2.	Viga Carrilera	327
ANEXO II. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD		331
1.	Introducción	332
1.1.	Justificación del Estudio de Seguridad y Salud	332
1.2.	Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud	332
1.3.	Datos generales	332
1.3.1.	Emplazamiento	332
1.3.2.	Agentes y Responsabilidad	333

2.	Normativa de Seguridad aplicada a la obra	333
3.	Instalaciones provisionales y servicios higiénicos	337
3.1.	Agua potable	337
3.2.	Vestuarios y aseos	338
3.3.	Locales de descanso	338
4.	Aplicaciones de la seguridad del proceso constructivo	339
4.1.	Previo a ejecución de la nueva unidad constructiva	339
4.2.	Ejecución de la nueva unidad constructiva	339
4.2.1.	Movimiento de tierras y excavación	340
4.2.2.	Cimentación	341
4.2.3.	Estructura metálica	343
4.2.4.	Cubiertas	345
4.2.5.	Solera	347
4.2.6.	Cerramientos	348
5.	Maquinaria de Obra	350
5.1.	Condiciones generales	350
5.2.	Retroexcavadora giratorio y/o mixta	350
5.3.	Bulldozer	351
5.4.	Hormigonera	352
5.5.	Grúa móvil y Camión grúa	353
5.6.	Plataforma elevadora y de tijera	354
5.7.	Carretillas elevadoras	355
5.8.	Equipos de Soldadura y Oxicorte	356
5.9.	Vibrador	357
5.10.	Escaleras de mano	358
5.11.	Herramientas eléctricas	358
5.12.	Herramientas manuales	359
6.	Plan de Seguridad y Salud	360
7.	Presencia de recurso preventivo	360
8.	Medicina preventiva y primeros auxilios	361
9.	Documentos de obra	362
9.1.	Estudio Básico de Seguridad y Salud	362
9.2.	Plan de Seguridad y Salud	362
9.3.	Acta de aprobación del plan	363
9.4.	Libro de incidencias	363
10.	Paralización de los trabajos	363
11.	Derecho de los trabajadores (formación en seguridad)	364
11.1.	Información a los trabajadores	364
11.2.	Consulta y participación de los trabajadores	364

12. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras	364
ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS	365
1. Capa de imprimación	366
2. Marcado CE	367
PLANOS	369
Plano 1: Localización de la Parcela	370
Plano 2: Emplazamiento y Ubicación de la Unidad Constructiva	371
Plano 3: Estructura. Vista 3D	372
Plano 4: Cimentación Planta	373
Plano 5: Cimentación. Detalles	374
Plano 6: Detalles de Placa de Anclaje	375
Plano 7: Pórtico de Fachada	376
Plano 8.1: Pórtico de Fachada. Detalles	377
Plano 8.2:Pórtico de Fachada. Detalles	378
Plano 9: Pórtico Interior	379
Plano 10: Pórtico Interior. Detalles	380
Plano 11: Cubierta	381
Plano 12: Cubierta. Detalles	382
Plano 13: Viga Carrilera	383
Plano 14: Fachada Lateral	384
PLIEGO DE CONDICIONES	385
CAPÍTULO I: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	386
CAPÍTULO II: CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS	387
CAPÍTULO III: CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS	393
CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	397
PRESUPUESTO	406
1. Presupuesto	407
1.1. Movimientos de tierras	407
1.2. Cimentación superficial	407
1.3. Estructura	408
1.4. Cubierta y Cerramientos	408
1.5. Puente grúa	409
1.6. Partida de Seguridad	409
1.7. Presupuesto Total	409

MEMORIA

1. Objeto del proyecto

El objetivo del presente proyecto es diseñar y calcular la estructura metálica necesaria para una ampliación en Onda de la empresa [Talleres Pascual Mata Carda S.L.](#), además se presenta un análisis de las uniones empleadas mediante el software CYPE y el software IDEA StatiCa.

La empresa Talleres Pascual Mata Carda o Talleres Mata, es una empresa dedicada al diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para naves y edificios, así como, cubiertas, cerramientos metálicos y calderería de todo tipo (puertas, escaleras...).

La finalidad de la estructura es en consecuencia servir de ampliación para la empresa, ya que debido al crecimiento de la empresa en relación a la cantidad y tamaño de los proyectos de estructuras metálicas que desarrollan, se dificulta la posibilidad de llevar a cabo un proceso lineal de fabricación. Por tanto, la función específica de la estructura es albergar el proceso de fabricación de los elementos estructurales necesarios para su posterior montaje.

2. Alcance

El proyecto abarca el diseño y cálculo óptimo de la estructura metálica necesaria para el proceso de fabricación lineal de la empresa Talleres Mata.

En consecuencia, considerando la normativa vigente, en primer lugar se concretarán las dimensiones y se especificará el emplazamiento de nueva estructura.

En segundo lugar, mediante el software CYPE, se procederá al cálculo y diseño de la estructura metálica junto con la justificación de las acciones utilizadas para la solución adoptada.

En tercer lugar, mediante el software IDEA StatiCa, se presentará un análisis de las uniones empleadas para ensamblar la estructura.

Y por último, se realiza un presupuesto y estudio económico de la estructura diseñada y calculada.

3. Antecedentes

El trabajo que se realiza es en mayor proporción fruto de la necesidad de realizar un proyecto académico, sin embargo, en una pequeña proporción, existe la posibilidad de que en un futuro cercano, la empresa decida llevarlo a cabo realizando las modificaciones necesarias que crean convenientes.

En función de esto, es necesario indicar la ubicación actual de la empresa (*figura 1*), Ctra. Onda, km 1, Villarreal (Castellón).



Figura 1. Ubicación de la empresa

Esta ubicación establece las condiciones de partida de la instalación; lugar donde se encuentran las instalaciones de la empresa (*figura 2*), tanto las oficinas donde se diseña la estructura como los talleres donde se realiza la fabricación y montaje de los elementos estructurales que posteriormente conformarán la estructura.



Figura 2. Instalaciones de la empresa

No obstante, ya que la empresa dispone de una parcela que adquirió de cara a una ampliación futura, la nueva estructura y la nueva planta de fabricación se ubicará en Camí de les Trencaes 37, Onda – Castellón (*figura 3*).



Figura 3. Ubicación de la estructura a diseñar

4. Normas y referencias

En la elaboración de los documentos que conforman un proyecto técnico, se utiliza como referencia o patrón la Norma Española UNE 157001:2014, en la que se indica los requisitos y criterios generales para la elaboración formal de los documentos así como el esqueleto de un proyecto técnico.

4.1. Disposiciones y normas aplicadas

El presente proyecto consiste en un tipo de construcción concreto, y por lo tanto para la consecución del mismo, se ha considerado el cumplimiento de la normativa vigente relacionada con este tipo de proyectos tanto para el diseño como para el cálculo.

El principal documento es el Código técnico de la edificación (CTE), que constituye el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición final segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, en adelante LOE.

En relación a esto, se han considerado algunos de los documentos que configuran el marco regulatorio del CTE referentes al presente proyecto, entre los cuales se encuentran:

- Documento Básico Seguridad Estructural (SE); tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que aseguren que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.
- Documento Básico Acciones en la Edificación (SE-AE); establece la determinación de las diferentes acciones que actúan sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.

- Documento Básico Acero (SE-A); destinado a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación, excluyendo aspectos propios de otros campos de la construcción. se refiere únicamente a la seguridad en condiciones adecuadas de utilización, incluidos los aspectos relativos a la durabilidad, de acuerdo con el DB-SE.
- Documento Básico Cimientos (SE-C); interviene en la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE).
- Documento Básico Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA); tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad.

Por otra parte, según el Reglamento Europeo, UE 305/2011, deben contar con el Marcado CE todos los productos fabricados para ser incorporados de forma permanente en obras de construcción, tanto edificación como obra civil, en todo el mercado interior de la Unión Europea. El marcado CE es una declaración legal del fabricante, en este proyecto de estructuras metálicas, de que su producto cumple con la normativa establecida.

En el caso de la estructura metálica, la norma armonizada que forma parte del grupo de normas que tratan sobre el cálculo y fabricación de componentes y estructuras portantes de acero o aluminio y que marca las directrices para la obtención del Marcado CE es la UNE-EN 1090. Esta norma consta de tres partes, de las cuales se tendrán en cuenta la primera, UNE-EN 1090-1 y la segunda, UNE-EN 1090-2. La UNE-EN 1090-1, establece los requisitos para la evaluación de la conformidad de las características de comportamiento de los componentes de acero y aluminio estructural; mientras que la UNE-EN 1090-2, especifica los requisitos para la ejecución de estructuras de acero con el fin de asegurar los niveles adecuados de resistencia mecánicas, de aptitud de servicios al uso y de durabilidad.

4.2. Programas de cálculo

En la realización de este proyecto se han utilizado las siguientes herramientas informáticas que permiten tanto el diseño y cálculo de la estructura como la realización del estudio económico.

En lo que concierne al diseño, cálculo y presentación de la estructura, las herramientas software utilizadas han sido:

- CYPE Ingenieros 2018; es el programa de uso principal del proyecto, ya que se utiliza para la definición de las dimensiones de los pórticos, el dimensionado y el cálculo de la estructura metálica. Concretamente, se ha utilizado dos módulos de la herramienta:

- Módulo Generador de Pórticos: permite la función de crear de forma rápida y sencilla la geometría y las cargas de peso propio, sobrecarga de uso, viento y nieve de un pórtico formado por nudos rígidos, celosías o cerchas. Además, proporciona el dimensionamiento de correas de cubiertas y laterales de fachadas, optimizando el perfil y la separación entre correas. Y por último, la exportación a CYPE 3D.
- Módulo CYPE 3D: permite realizar el cálculo de estructuras en tres dimensiones de barras de acero o de cualquier material, incluyendo el dimensionamiento de uniones y el de su cimentación con placas de anclaje, zapatas y encepados.
- AutoCAD 2018; empleado tanto para la obtención de los planos de detalle de los elementos de la construcción como para la obtención de los planos globales de la estructura metálica.
- IDEA StatiCa; empleado para determinar la idoneidad de la solución adoptada para cada una de las uniones metálicas. Este software permite el diseño y la comprobación, mediante un análisis basado en elementos finitos, de las conexiones soldadas o atornilladas, las uniones visualizadas en 2D o 3D, el anclaje o la base de todas las topologías.

Por otra parte, para la realización del presupuesto y del estudio económico el software empleado es Microsoft Excel, que es una aplicación de hojas de cálculo desarrollado y distribuido por Microsoft Office y utilizado en tareas financieras y contables.

4.3. Bibliografía

- Código técnico de la edificación (CTE) .
- Temario de la asignatura SJA-009. Construcción y Arquitectura Industrial.
- Norma UNE-EN 1090-1 y UNE-EN 1090-2.
- Reglamento Europeo UE 305/2011.
- Norma UNE 157001:2014.

4.3.1. Otras referencias

- Web oficial del Código Técnico de la Edificación. [web](#)
- Cartografía catastral. [web](#)
- Normativa Urbanística de Onda. [web](#)
- Web software IDEA StatiCa. [web](#)
- Web software CYPE 3D. [web](#)

5. Requisitos de diseño

5.1. Cliente

Talleres Pascual Mata Carda S.L. o Talleres Mata, es una empresa española situada en Vila-real con más de 40 años de experiencia profesional en el ámbito del diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para naves y edificios, así como, cubiertas, cerramientos metálicos y calderería de todo tipo (puertas, escaleras...).

La empresa se encarga de todo el proceso: desde el desarrollo del proyecto realizado por un departamento de ingeniería que, mediante un soporte de diseño de última generación y la gran maquinaria en taller, se obtiene una ejecución rápida y eficiente del trabajo hasta la correspondiente ejecución.

Talleres Mata cuenta con unas modernas instalaciones de 4000m² cubiertos con bloque residencial de oficinas. La empresa posee desde 6 puentes grúa, 3 sierras de cinta, hasta plegadoras y perfiladoras de chapa. Además, posee una gran flota de vehículos propios, furgonetas, 5 máquinas elevadoras, 2 camiones grúa con trailer y góndola y grúa giratoria.

La necesidad de la nueva estructura se debe la empresa está realizando diseño de grandes estructuras, hecho que impide realizar un proceso de producción lineal, debido en gran manera al layout de la empresa. Por lo tanto, de cara a una ampliación futura del taller, Talleres Mata requiere la realización teórica de un proyecto del diseño, cálculo y planificación de la ejecución de una estructura metálica que permita tener una idea de la inversión que se debería realizar.

5.2. Emplazamiento

La ampliación se implementaría en una parcela que la empresa Talleres Mata dispone en Onda (*figura 4*), con referencia catastral 83714-07.



Figura 4. Cartografía catastral de la parcela

La parcela se encuentra ubicada en la calle Camí de les Trencaes 37 de Onda, delimitada con el almacén de Ape Cerámica y la empresa CENPAL S.L., como se indica en la figura 5:



Figura 5. Ubicación parcela según Google Maps

La parcela consta de una superficie total de 10595 m^2 , con una longitud de 114 metros y una anchura de 97 metros, además, según se puede apreciar en la figura 6, consta de una pequeña inclinación en una de sus fachadas que impide la cuadratura de la parcela.

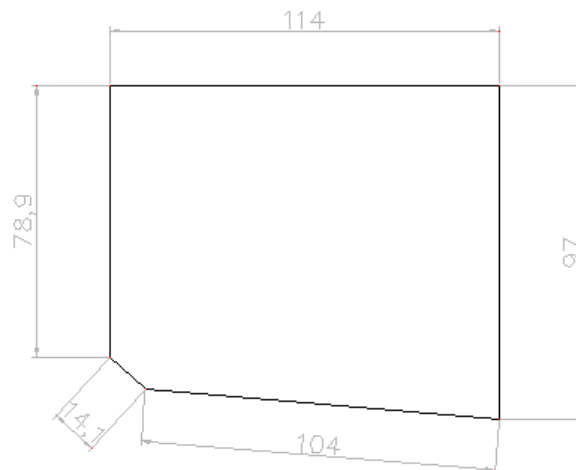


Figura 6. Dimensión exterior de la parcela

Pero debido a la normativa urbanística, la superficie máxima industrial edificable se ve reducida a $6752,8 \text{ m}^2$, con una longitud 92 metros y una anchura de 73,4 metros. En la figura 7, se puede apreciar la ubicación de la superficie urbanizable en la parcela; tanto la dimensión como la magnitud son las resultantes del cumplimiento de los requisitos del Plan General de Ordenación Urbana de Onda (PGOU) para suelo industrial urbanizable.

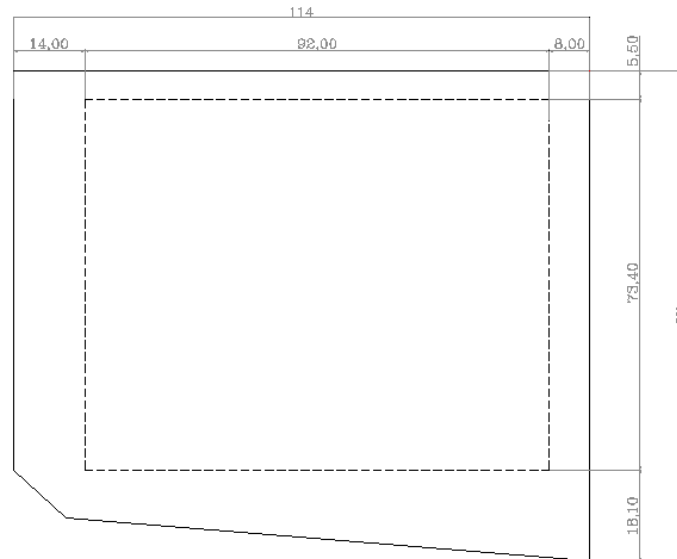


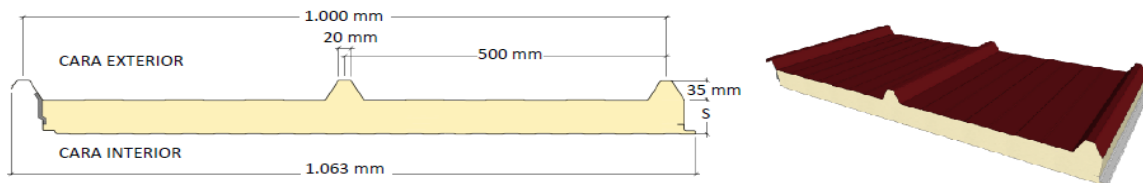
Figura 7. Dimensión de la superficie industrial edificable

6. Acciones consideradas

6.1. Cargas permanentes

Las cargas permanentes, son aquellas que actúan en todo instante sobre la estructura con posición constante. En el presente proyecto, son relevantes las acciones permanentes debidas al peso propio de los elementos estructurales y del peso propio del cerramiento.

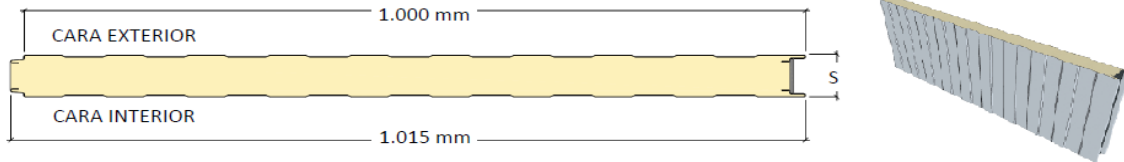
El cerramiento seleccionado para la cubierta de la estructura ha sido un panel de tipo sándwich modelo **Glamet G3** de Metecno, cuyas características técnicas se muestran en la figura 8. Del rango de posibilidades propuesto por la empresa distribuidora, se ha optado por aquel cuyo peso propio tiene un valor de **0,0654 kN/m²** con un espesor de **30 mm**.



ESPESOR (mm)	PESO (kg/m ²)	TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m ² K)		LUZ ADMISIBLE L (m)							LUZ ADMISIBLE L (m)						
		U con FACTOR JUNTA	U sin FACTOR JUNTA	SOBRECARGA P (daN/m ²)							SOBRECARGA P (daN/m ²)						
				60	80	100	120	150	200	250	60	80	100	120	150	200	250
30	6,67	0,74	0,68	2,71	2,38	2,14	1,96	1,77	1,54	1,38	2,25	1,97	1,78	1,63	1,46	1,27	1,14
40	7,08	0,57	0,52	3,02	2,65	2,39	2,19	1,97	1,72	1,54	2,72	2,39	2,15	1,97	1,77	1,54	1,38
50	7,48	0,46	0,42	3,30	2,90	2,62	2,40	2,16	1,88	1,69	3,17	2,78	2,50	2,30	2,07	1,80	1,61
60	7,88	0,39	0,35	3,57	3,14	2,83	2,60	2,34	2,04	1,84	3,59	3,15	2,84	2,60	2,34	2,04	1,83

Figura 8. Características técnicas panel sándwich cubierta

En cuanto al cerramiento seleccionado para las fachadas frontales y laterales, se ha seleccionado un panel de tipo sándwich modelo **Monowall** de Metecno, cuyas características técnicas se muestran en la figura 9. Del rango de posibilidades propuesto por la empresa distribuidora, se ha optado por aquel cuyo peso propio tiene un valor de **0,0895 kN/m²**, con un espesor de **40 mm**.



ESPESOR (mm)	PESO (kg/m ²)	TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m ² K)		LUZ ADMISIBLE L (m)					LUZ ADMISIBLE L (m)				
		U con FACTOR JUNTA	U sin FACTOR JUNTA	SOBRECARGA P (daN/m ²)					SOBRECARGA P (daN/m ²)				
				0,50+0,50	60	80	100	120	150	60	80	100	120
30	8,73	-	0,67	2,75	2,52	2,35	2,21	2,06	2,23	2,04	1,91	1,80	1,67
40	9,13	-	0,52	3,30	3,02	2,82	2,66	2,47	2,68	2,46	2,29	2,16	2,01
50	9,54	0,54	0,42	3,81	3,49	3,25	3,06	2,85	3,09	2,83	2,64	2,49	2,32
60	9,94	0,43	0,35	4,28	3,92	3,65	3,44	3,20	3,47	3,18	2,97	2,80	2,60
80	10,74	0,32	0,27	5,13	4,70	4,38	4,13	3,84	4,17	3,83	3,57	3,37	3,13
100	11,55	0,25	0,21	5,91	5,42	5,05	4,76	4,41	4,81	4,41	4,11	3,88	3,61

Figura 9. Características técnicas panel sándwich fachadas

6.2. Sobrecargas de uso

La sobrecarga de uso es una acción de tipo variable que hace referencia al peso de todo aquello que puede gravitar sobre la estructura, ya sea derivado del uso normal como del uso poco habitual, es decir, estas cargas corresponden al peso de las personas, objetos o maquinaria colocadas temporalmente sobre la estructura.

La sobrecarga de uso para el proyecto se obtiene considerando los valores característicos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (Tabla 3.2.1.1), con el cual se tiene un valor relativo de sobrecarga de uso de **0,4 kN/m²**, ya que se considera que en la cubierta no se realizará ninguna actividad exceptuando su mantenimiento o conservación, dato que corresponde a la **categoría G**, y concretando que es una cubierta formada por panel de sándwich sobre correas, se corresponde con cubierta ligera y por tanto se delimita a la **subcategoría de uso G1**, tal y como se indica en la figura 10.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾ ⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 10. Tabla valores característicos de las sobrecargas de uso. CTE

6.3. Sobrecargas de nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta.

La determinación de esta carga está relacionada con la zona climática y la altitud topográfica en la cual se proyecta la ejecución de la nueva unidad constructiva. En consecuencia, al estar ubicada en Onda, se encuentra en una **zona climática 5** con una **altitud topográfica de 60 m**, tal y como se puede observar en la figura 11.



Figura 11. Distribución de zonas climáticas en España.

6.4. Sobrecarga de viento

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

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

La presión dinámica del viento, q_b , varía en función de la ubicación de la nueva unidad constructiva. El coeficiente de exposición, c_e , variable con la altura (z) del punto considerado y en función del grado de aspereza del entorno (g) donde se encuentra ubicada la estructura. Por último, el coeficiente eólico o de presión, c_p , es dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento.

Puesto que la determinación de este tipo de carga está relacionado con la ubicación de la estructura, se tiene que el municipio de Onda corresponde con la **zona eólica A** según el CTE-DB-SE-AE (figura 12). Además, al tratarse de una estructura que se ubicará en una zona industrial, el **grado de aspereza será IV**. Por último, es necesario indicar que el **período de servicio** de la estructura será de **50 años**.

Considerando estas condiciones junto con las dimensiones de la estructura, se tiene una presión dinámica, q_b , de $0,42 \text{ kN/m}^2$, y un coeficiente de exposición, c_e , de 1,6817.

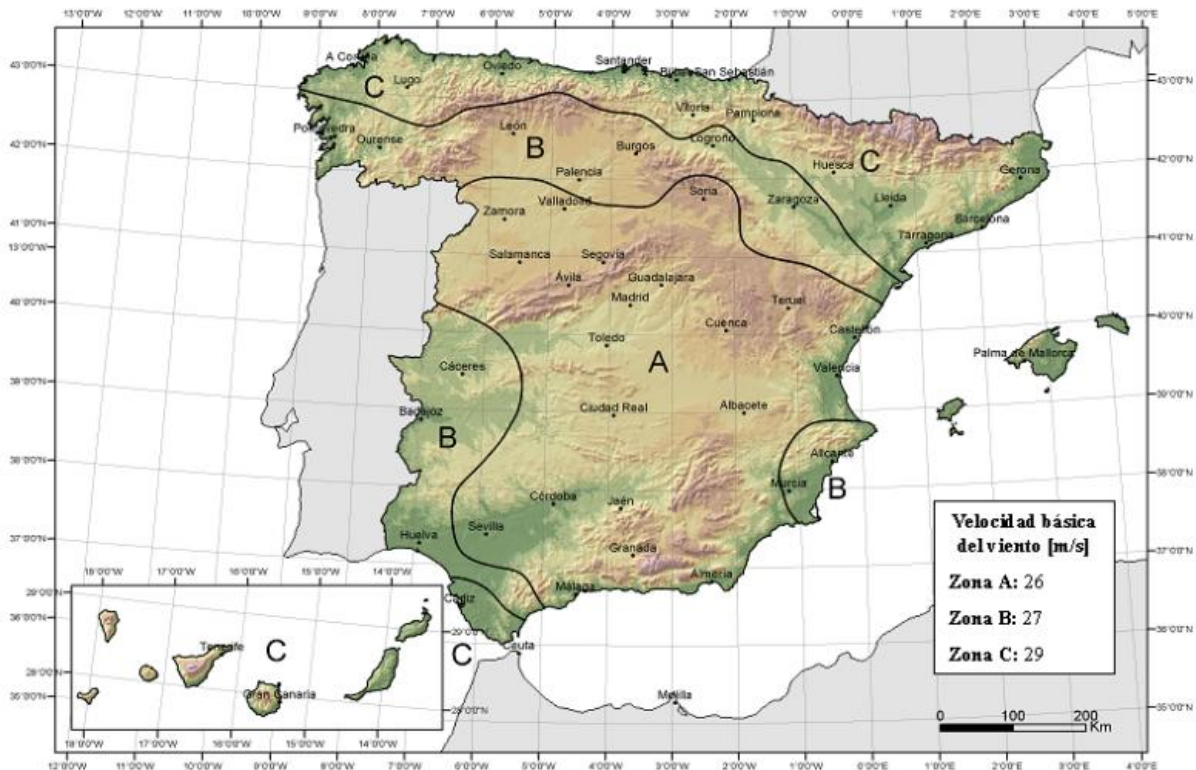


Figura 12. Valores básicos de la velocidad del viento en España

6.5. Cargas de sismo

Los sismos producen cargas sobre la estructura debido a la interacción del movimiento del suelo y las características de la estructura. Por tanto, la carga sísmica depende principalmente de la actividad o peligrosidad sísmica de la zona donde se destine la construcción de la nueva unidad constructiva, de las características del terreno y del uso de la construcción entre otros.

6.6. Puente grúa

El puente grúa es una máquina que permite izar y desplazar cargas pesadas generalmente en el interior de la nave.



Figura 13. Puente grúa birraíl

El puente grúa seleccionado es un puente grúa de la empresa G.H. Cranes & Components, empresa cuya sede central está en Gipuzkoa. Es un puente grúa birraíl, como se observa en la figura 13, de 2 rieles, con capacidad máxima de carga de **8 toneladas**. Los datos necesarios, referentes al peso propio del puente grúa y a su capacidad portante, para el cálculo de las reacciones generadas en las vigas carrileras y por tanto en las ménsulas se obtienen del catálogo proporcionado por el fabricante. Además, el fabricante indica mediante la siguiente ilustración gráfica los parámetros de dimensionado del puente grúa a seleccionar, figuras 14 y 15.

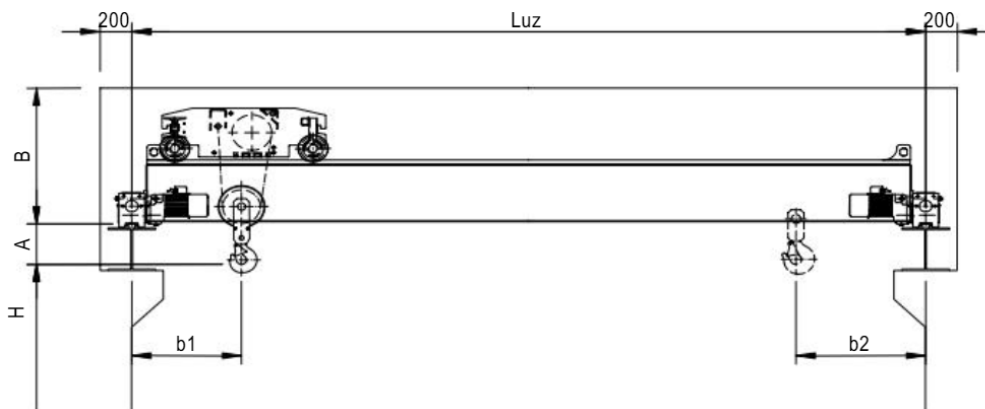


Figura 14. Ilustración gráfica del dimensionado del puente grúa I

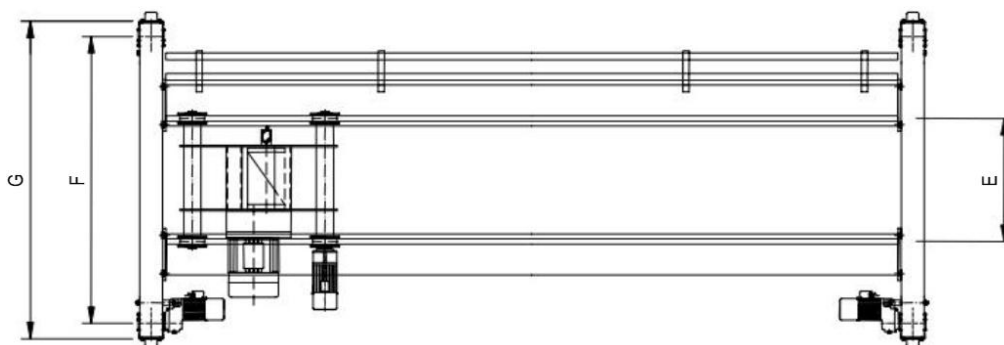


Figura 15. Ilustración gráfica del dimensionado del puente grúa II

Cada parámetro de la ilustración gráfica hace referencia a una dimensión que se muestra en la tabla 1, que concretamente refleja dichas dimensiones para un puente grúa seleccionado de 8 toneladas.

Cap. Carga Kg	Carril mm	H m	Vel. Elev. m/min	Polipasto	FEM		Luz mm	Flecha 1/X mm	b1 mm	b2 mm	A mm	B mm	E mm	F mm	G mm	J mm	d mm	RV	RV	RT	RF
					AX	MX												Max	Mín	Max	Max
8000	40x30	7,2	4	GHD-4/1	4	4/6	8000	750	713	795	177	975	1200	2600	2865	85	160	4604	749	499	192
							10500				77	1075	"	"	"			4815	845	638	317
							13000				-22	1175	"	"	"			5030	990	787	452
							15500				-122	1275	"	"	"			5248	1161	947	597
							17000				-222	1375	"	"	"			5413	1304	1055	694
							19500				"	"	"	"	"			5851	1713	1281	891
							21000				"	"	"	3100	3365			5986	1834	1204	805
							23000				-322	1475	"	"	"			6248	2080	1357	941
	25000	"	"	1500	3600	3865	6440	2246	1324	895											
	27000	-414	1567	"	"	3955	7033	2828	1540	1072											
	30000	-418	1571	1800	4200	4555	7593	3360	1598	1092											

Tabla 1. Ficha técnica del puente grúa birraíl 8 toneladas. G.H.

No obstante, como se aprecia en la ficha técnica, se tiene la opción de seleccionar diferentes tipos de luz para un puente grúa de una capacidad de carga determinada. Para el presente proyecto se tiene que la luz del puente grúa debe ser 27,10 m, por lo que se contará con el puente grúa de **27 m** de luz de la ficha técnica, cuyos datos característicos se muestran en la tabla 2.

Cap. Carga kg	B mm	F Mm	RV máx kg	RV mín kg	RH máx kg	RH mín kg
8000	1567	3600	7033	2828	1540	1072

Tabla 2. Ficha técnica del puente grúa birraíl 8 toneladas luz 27m. G.H.

La posición del puente grúa varía sobre la viga carrilera y en consecuencia a las ménsulas, aportando un valor diferente en cada posición. Por lo tanto, se presentan las hipótesis que reflejan el estudio las reacciones generadas en las ménsulas (apoyos) en función de la posición del carro del puente grúa.

Hipótesis 1. Todo el puente grúa, es decir, las dos ruedas se encuentran entre dos apoyos (por ejemplo N - N+1), como se ilustra en la figura 16:

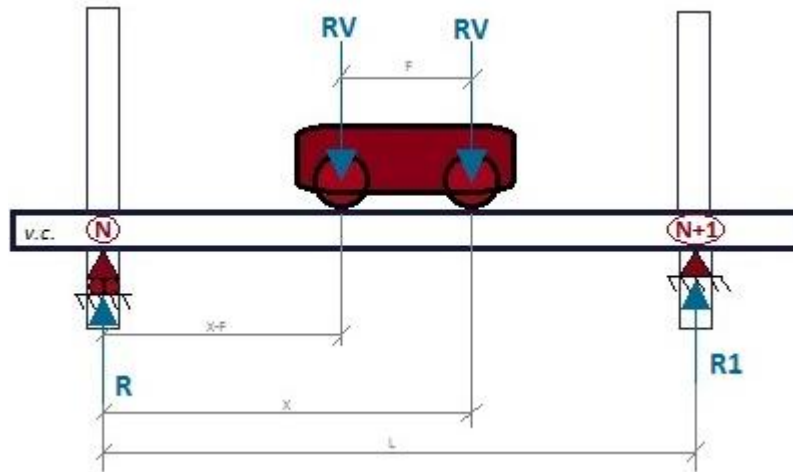


Figura 16. Ilustración gráfica de la Hipótesis 1

El proceso de cálculo es el siguiente:

- Mediante el sumatorio de fuerzas verticales se obtendrá la primera ecuación.

$$\sum F_v = 0$$

$$R + R1 = 2 \cdot Rv$$

- Despejando R1, se obtiene la ecuación 1:

$$R1 = 2 \cdot Rv - R$$

- Aplicando el sumatorio de momentos en el apoyo N, se obtendrá la segunda ecuación:

$$\sum M_n = 0$$

$$R1 \cdot L = Rv \cdot (X - F) + Rv \cdot X$$

$$R1 \cdot L = Rv \cdot X - Rv \cdot F + Rv \cdot X$$

$$R1 \cdot L = 2 \cdot Rv \cdot X - Rv \cdot F$$

Despejando R1, se obtiene la ecuación 2:

$$R1 = \frac{2 \cdot Rv \cdot X - Rv \cdot F}{L}$$

- De la ecuación 1 y 2, se obtiene la reacción R en el apoyo N:

$$2 \cdot Rv - R = \frac{2 \cdot Rv \cdot X - Rv \cdot F}{L} \quad R = \frac{-2 \cdot X \cdot Rv}{L} + \frac{F \cdot Rv}{L} + 2 \cdot Rv$$

$$R = (-2 \cdot X + F + 2 \cdot L) \cdot \frac{Rv}{L}$$

El caso más desfavorable se tiene cuando una de las ruedas está situada en el apoyo N+1, es decir, cuando $X = L$. En esta situación, la reacción R es la siguiente:

$$R = (-2 \cdot L + F + 2 \cdot L) \cdot \frac{R_v}{L} = \frac{F}{L} \cdot R_v$$

Por último, partiendo de esta ecuación, se calculan las cargas máximas y mínimas que ejerce el puente grúa:

$$RV \text{ máx} = \frac{3,6 \cdot 7033}{5} = 5063,76 \text{ kg} = \mathbf{49,68 \text{ kN}}$$

$$RV \text{ mín} = \frac{3,6 \cdot 2828}{5} = 2036,16 \text{ kg} = \mathbf{19,97 \text{ kN}}$$

$$RH \text{ máx} = \frac{3,6 \cdot 1541}{5} = 1109,52 \text{ kg} = \mathbf{10,88 \text{ kN}}$$

$$RH \text{ mín} = \frac{3,6 \cdot 1072}{5} = 771,84 \text{ kg} = \mathbf{7,57 \text{ kN}}$$

Hipótesis 2. El puente grúa está entre dos apoyos, es decir, una rueda está entre los apoyos N-1 y N y la otra rueda entre los apoyos N y N+1, como se ilustra en la figura 17:

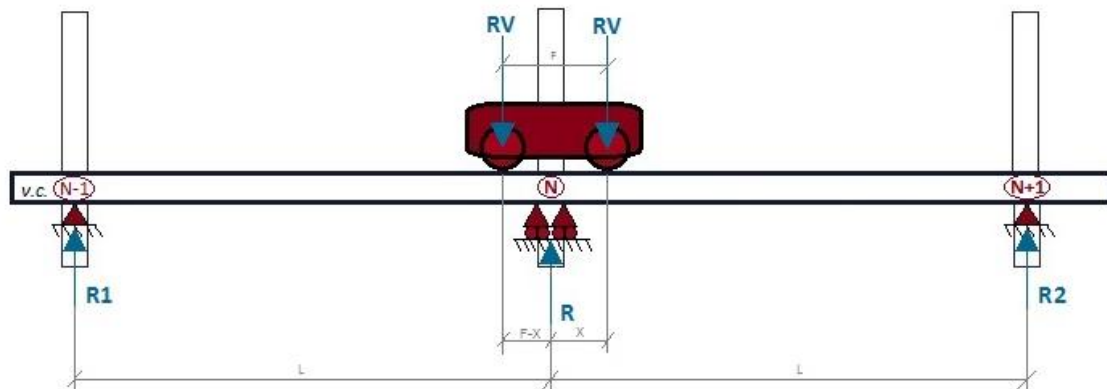


Figura 17. Ilustración gráfica de la Hipótesis 2

El proceso de cálculo es el siguiente:

- Para realizar el cálculo de la reacción R , se descompone la hipótesis actual de tal forma que se tiene dos vigas biapoyadas (figuras 18 -19). Descomposición que supondrá la suma de las reacciones R' y R'' para obtener la reacción global R .

Para la sección 1 se tiene:

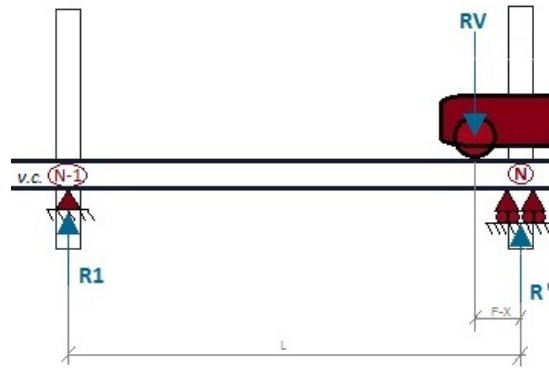


Figura 18. Ilustración gráfica sección 1 de la Hipótesis 2

- Aplicando el sumatorio de momentos en el apoyo N-1, se obtendrá la primera ecuación:

$$\begin{aligned} \sum MN - 1 &= 0 \\ R' \cdot L &= Rv \cdot (L - (F - X)) \end{aligned}$$

- Despejando R', se obtiene la ecuación 1:

$$R' = \frac{Rv}{L} \cdot (L - F + X)$$

De la misma forma con la sección 2:

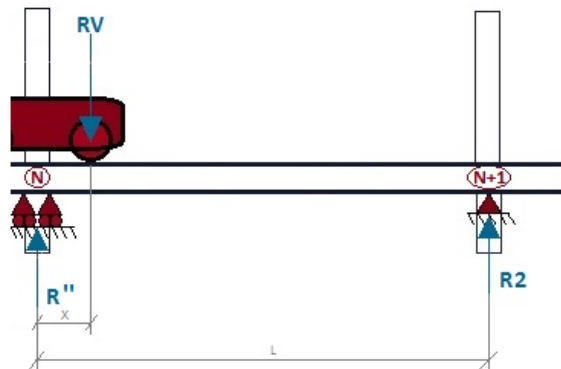


Figura 19. Ilustración gráfica sección 2 de la Hipótesis 2

- Aplicando el sumatorio de momentos en el apoyo N+1, se obtendrá la segunda ecuación:

$$\begin{aligned} \sum MN + 1 &= 0 \\ R'' \cdot L &= Rv \cdot (L - X) \end{aligned}$$

- Despejando R'', se obtiene la ecuación 2:

$$R'' = \frac{Rv}{L} \cdot (L - X)$$

- De la ecuación 1 y 2, se obtiene la reacción R en el apoyo N:

$$R = R' + R''$$

$$R = \frac{Rv}{L} \cdot (L - F + X) + \frac{Rv}{L} \cdot (L - X)$$

$$R = \frac{Rv}{L} \cdot (L - F + X + L - X)$$

$$R = \frac{Rv}{L} \cdot (2 \cdot L - F)$$

Esta expresión de cálculo de la reacción R, muestra la independencia que el parámetro "X" tiene en la reacción en el caso de tener una rueda a cada lado del apoyo "N", es decir, son iguales las dos posiciones extremas, como se ilustra en la siguiente figura:

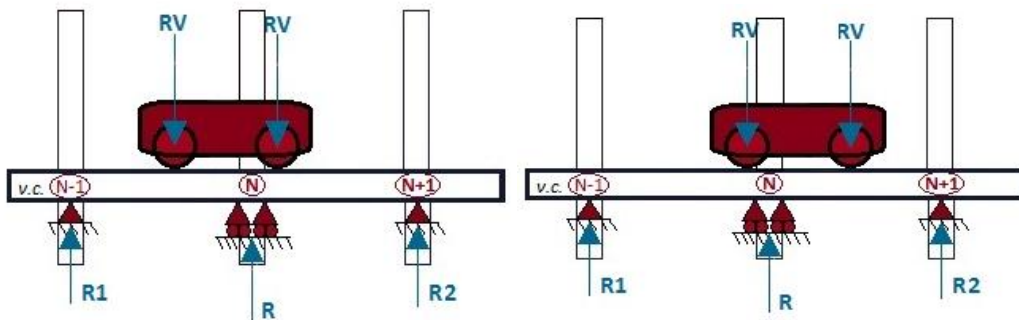


Figura 20. Ilustración gráfica posiciones extremas sección 2 de la Hipótesis 2

Por último, partiendo de esta ecuación, se calculan las cargas máximas y mínimas que ejerce el puente grúa:

$$RV \text{ máx} = \frac{7033}{5} \cdot (2 \cdot 5 - 3,6) = 9002,24 \text{ kg} = \mathbf{88,31 \text{ kN}}$$

$$RV \text{ mín} = \frac{2828}{5} \cdot (2 \cdot 5 - 3,6) = 3619,84 \text{ kg} = \mathbf{35,51 \text{ kN}}$$

$$RH \text{ máx} = \frac{1541}{5} \cdot (2 \cdot 5 - 3,6) = 1972,48 \text{ kg} = \mathbf{19,35 \text{ kN}}$$

$$RH \text{ mín} = \frac{1072}{5} \cdot (2 \cdot 5 - 3,6) = 1372,16 \text{ kg} = \mathbf{13,46 \text{ kN}}$$

Mediante los resultados de los cálculos se demuestra que la hipótesis 2 es la situación más desfavorable. Además, considerando la hipótesis de que el carro se desplaza hacia una dirección (a modo de ejemplo la derecha), se tiene que al llegar al final y en el momento de frenar, las reacciones máximas se aplican en dicho lado, como se refleja en la figura 21.

Estas cargas, están aplicadas en la ménsula, por lo que al trasladarlo al programa de cálculo, la reacción horizontal se traslada sin ninguna modificación. Sin embargo, en cuanto a la reacción vertical, se le sumará el momento que producen; el cual se obtiene multiplicando cada reacción vertical por el sumatorio de la longitud correspondiente a la ubicación en la ménsula (300 mm) y la longitud correspondiente a la distancia al eje del pilar (200 mm).

Por lo tanto los momentos a aplicar serán:

$$M_{\min} = 17,755 \text{ Kn} \cdot \text{m} \quad M_{\max} = 44,156 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

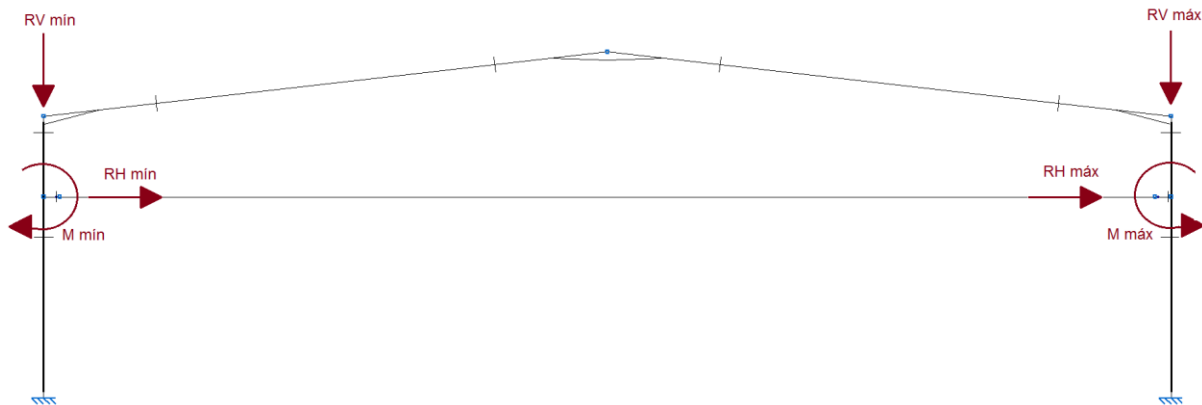


Figura 21. Ilustración gráfica reacciones desplazamiento derecho

Estas reacciones se introducen en el programa de cálculo como cargas y momentos puntuales en los pilares sobre los que está apoyado el puente grúa. Para el cálculo de la estructura se supone la hipótesis en la que el carro está al lado derecho del pórtico, como se puede ver en la siguiente figura:

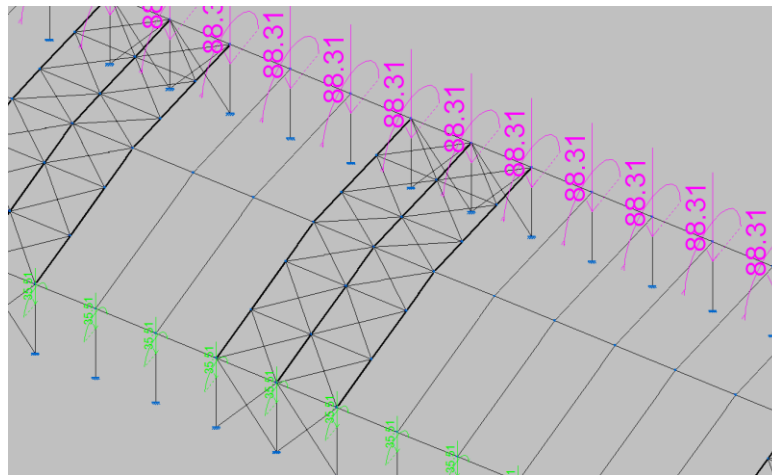


Figura 22. Hipótesis cargas con el carro en el lado derecho

Por otra parte, se debe considerar las cargas que genera la viga carrilera del puente grúa en cada pilar. Para ello, mediante el perfil HEA 280 seleccionado para la viga carrilera y definiendo como apoyo la unión de la viga carrilera con la ménsula, se calculan la carga que se aporta a cada pilar. CYPE permite obtener dicho valores de carga mediante el diagrama de esfuerzos o directamente visualizando las reacciones en los apoyos producidas por el peso propio de la viga carrilera (figura 23).

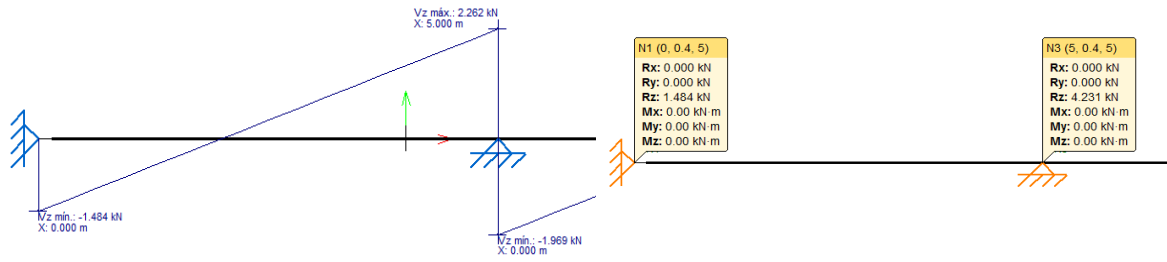


Figura 23. Obtención de las reacciones generadas por la viga carrilera

Del mismo modo que con el puente grúa, se deben introducir estas cargas y momentos puntuales. Para ellos se introducirán las siguientes reacciones obtenidas y calculadas, como se indican en la tabla 3. El momento se ha calculado mediante la siguiente ecuación; donde 'M' es el momento obtenido en kNm, 'R' es la reacción vertical que genera la viga carrilera en kN, y 'd' es la distancia en metros del apoyo de la viga carrilera al eje del pilar, 0,5 metros :

$$M = R \cdot d$$

Pilar	V(kN)	M(kNm)
Pórtico de Fachada	1,484	0,742
Primer-Penúltimo Pórtico Interior	4,231	2,115
Resto de Pórticos Interiores	3,776	1,888

Tabla 3. Reacciones a introducir debido a la viga carrilera.

Estas reacciones introducidas en el programa se visualizan en la siguiente figura:

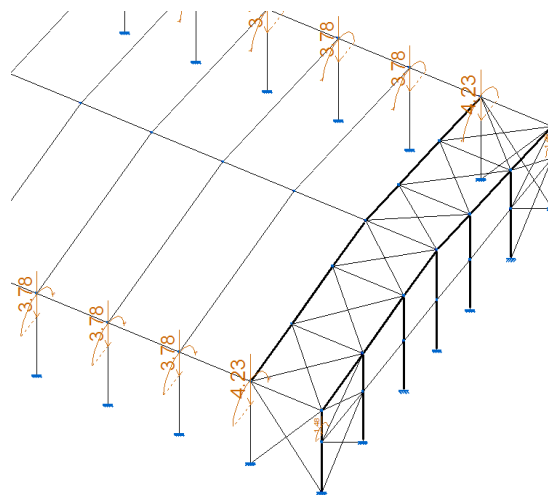


Figura 24. Cargas introducidas por la viga carrilera

7. Procedimiento de dimensionado

7.1. Cálculo de las correas

Las correas que constituyen el componente estructural de una cubierta de tipo tejado, se disponen en el plano de la cubierta y apoyan en las alas superiores de las jácenas de los pórticos de la estructura a la medida que se indica en la figura 25. Dichas correas tienen la función tanto de soportar el peso propio del material del cerramiento de la cubierta y las acciones externas, transmitiéndolas a las cerchas y estas a su vez a los pilares, como de arriostrar los pórticos.

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 300

Número de vanos: Dos vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: ZF-200x2.0 Dimensionar

Separación: 1.5 m Dimensionar

Tipo de Acero: S275 Dimensionar

Aceptar Cancelar

Figura 25. Cálculo de correas de cubierta

Por otra lado, en cuanto al lateral y a las fachadas, la estructura deberá disponer de un muro perimetral arriostrado al pilar de una altura de 2,4 m. En consecuencia, se limitará el número de correas laterales, las cuales constituyen el componente estructural de los laterales y la fachada, y que se dispondrán en los respectivos planos y apoyan en las alas exteriores de los pilares de los pórticos de la estructura (figura 26). Dichas correas tienen la misma función que las correas de la cubierta.

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 300

Número de vanos: Dos vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: ZF-140x2.0 Dimensionar

Separación: 1.2 m Dimensionar

Tipo de Acero: S275 Dimensionar

Aceptar Cancelar

Figura 26. Cálculo de correas de cubierta

Mediante el módulo de generador de pórticos de CYPE, se genera el pórtico de la figura 27, estableciendo tanto el número de pórticos como su separación, junto con las diferentes cargas del peso propio de los cerramientos, la nieve y el viento. Este pórtico será el que se exporta al módulo de CYPE 3D, el cual genera la estructura.

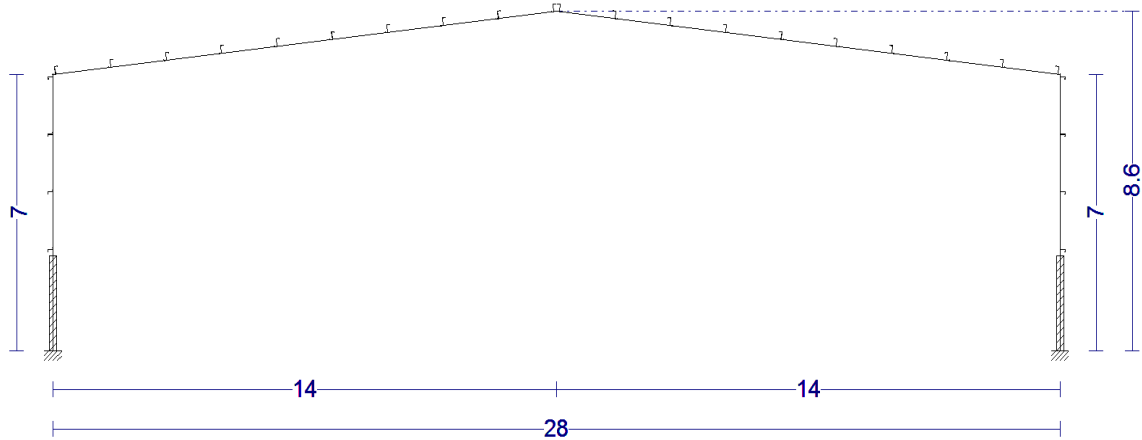


Figura 27. Pórtico generado en el generador de pórticos de CYPE

7.2. Creación de la geometría de la estructura

Al realizar la exportación del pórtico, se genera una estructura incompleta, ya que únicamente se generan los vanos que se han definido en el módulo del generador de pórticos.

Por consiguiente, se introducirán los elementos estructurales restantes para completar la geometría final de la nave como se ilustra en la siguiente figura.

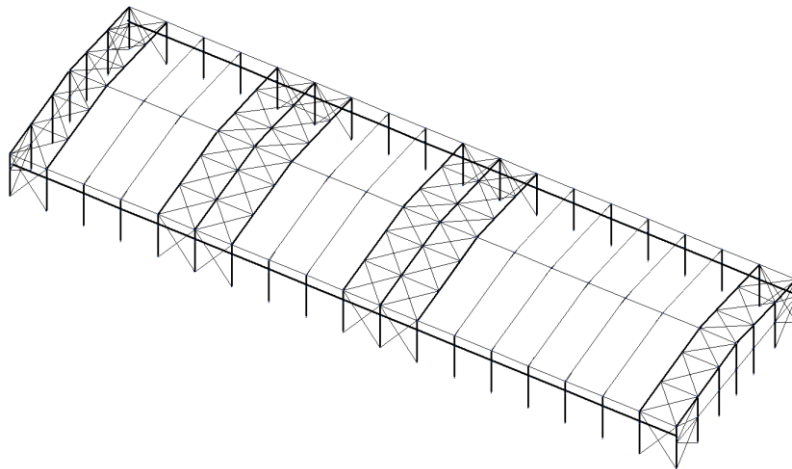


Figura 28. Estructura final generada en CYPE 3D

Los elementos introducidos en la estructura exportada del generador de pórticos ha sido las vigas perimetrales y la viga de cumbrera, las vigas a contraviento, las cruces de San Andrés, el arriostramiento horizontal en forma de tubo de sección cuadrada y por último las ménsulas y la viga carrilera del puente grúa.

Un dato característico es la necesidad de introducir vigas a contraviento y cruces de San Andrés en primer lugar a los 40 m y en segundo lugar a los 25 m, esto es debido a la necesidad de cumplir con lo estipulado en el apartado 3.4 sobre acciones térmicas del CTE-DB-SE-AE, por el cual se establece la disposición de las juntas de dilatación en edificios con elementos estructurales de hormigón o acero a una distancia no superior de 40 m de longitud.

7.3. Descripción de los nudos

Al introducir el resto de elementos estructurales, se definirán el tipo de unión entre ellos. Para ello, se describe el comportamiento de la unión (nudo) de los elementos de la estructura.

- La vinculación exterior de la base de todos los pilares es empotrada. Sin embargo, la vinculación interior en la cabeza de los pilares varía en función del elemento estructural al que esté unido, es decir, la unión de la cabeza del pilar con la jácena será de tipo empotrado, mientras que la unión de la cabeza del pilar con la viga perimetral o el sistema de arriostramiento será de tipo articulado. En cuanto a la unión de los pilares del pórtico de fachada con la jácena, esta será de tipo articulado.
- La unión entre las jácenas será de tipo empotrado mientras que la unión de la viga cumbrera con las jácenas será de tipo articulado.
- La unión de las ménsulas y los pilares será de tipo empotrado.
- La viga carrilera, continua en toda su longitud, se considera articulada en los extremos.
- Por último, la unión de los elementos de arriostramiento (vigas a contraviento, cruces de San Andrés y montantes) con el resto de la estructura, será de tipo articulado.

7.4. Descripción de barras

Del mismo modo que se describen las uniones, se definen los perfiles de las barras que componen la estructura. Para ello, se decide definir con el mismo perfil las barras del mismo tipo, teniendo en consecuencia ocho tipos de perfiles en total:

- Pilares de pórtico (fachada e interior).
- Pilares de fachada.
- Jácenas.
- Viga perimetral y viga de cumbrera.
- Arriostramiento horizontal con tubo de sección cuadrada.
- Tirante para Cruces de San Andrés y vigas a contraviento.
- Barra genérica para Cruces de San Andrés.
- Ménsula y viga carrilera.

7.5. Pandeo

Para el cálculo del coeficiente β de pandeo, se calcula en primer lugar los coeficientes de distribución (η):

$$\eta_1 = \frac{K_{pilar}}{K_{pilar} + K_{viga}} = \frac{\frac{E \cdot I}{h}}{\frac{E \cdot I}{h} + 1,5 \cdot \frac{E \cdot I}{L}}$$

Debido a que el módulo de elasticidad (E) es el mismo para pilar y viga debido al perfil seleccionado, siendo el pilar IPE 400 y la viga IPE 360, los datos y la fórmula serán:

h	L	I (IPE 400)	I (IPE 360)
cm	cm	cm ⁴	cm ⁴
700	2800	23130	16270

Tabla 4. Parámetros de cálculo coeficiente de pandeo.

$$\eta_1 = \frac{\frac{I}{h}}{\frac{I}{h} + 1,5 \cdot \frac{I}{L}} = \frac{\frac{23130}{700}}{\frac{23130}{700} + 1,5 \cdot \frac{16270}{2800}} = \frac{33,0428}{33,0428 + 8,7160} = 0,7913$$

Debido a que el pórtico interior en plano (y) es traslacional, debido al arriostramiento de las cruces de San Andrés:

$$\eta_2 = 0$$

En consecuencia, la fórmula empleada para calcular el coeficiente beta (β) de pandeo será:

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,60 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

Considerando los datos anteriormente calculados, se obtiene:

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (0,7913 + 0)}{1 - 0,8 \cdot (0,7913 + 0)}} = \sqrt{\frac{0,84174}{0,36696}} = \sqrt{2,2938} = 1,5145$$

Por lo tanto, al trasladar los datos a CYPE 3D, se tiene β_{xy} y β_{xz} , dado que el eje xy dispone de arriostramiento, se considera traslacional por lo que $\beta_{xy} = 0,7$, mientras que el eje xz no dispone de arriostramiento por lo que se considera intraslacional con valor de $\beta_{xz} = 1,5145$. Por otra parte, debido a que el programa "secciona" los pilares defachada al realizar la unión con el arriostrado, los parámetros de pandeo se introducirán mediante el parámetro de longitud característica de pandeo.

$$Lk = \beta k \cdot L$$

En definitiva, los parámetros de pandeo a introducir en el programa se aplican o bien con la longitud característica (para los pilares debido a que CYPE lo secciona al considerar la unión con el arriostrado), o bien con el coeficiente β (para el resto de elementos de la estructura).

Una vez obtenidos los parámetros necesarios sobre el pandeo, se definen dichos coeficientes teniendo en cuenta la situación de cada barra para cada plano. En resumen los datos introducidos en el programa son los indicados en la tabla 5:

	β_{xy}	β_{xz}	L(m)	L_K (m)
Pilares Pórtico Fachada	0,7	0,7	7	4,9
Pilares Fachada 1-5	0,7	0,7	7,571	5,3
Pilares Fachada 2-4	0,7	0,7	8,143	5,7
Pilares Fachada 3	0,7	0,7	8,6	6,02
Pilares Pórtico Interior	0,7	1,5145	-	-
Jácena	0	1	-	-
Viga Perimetral/Cumbrera	0	0	-	-
Tubos arriostramiento	1	1	-	-
Tirantes/Barras (VCV/CSA)	0	0	-	-

Tabla 5. Parámetros de pandeo

La justificación de dichos valores de pandeo es la siguiente:

- Los pilares del pórtico de fachada, como se ha indicado, se definen mediante la longitud característica por la sección que realiza el programa, aún así, la justificación que en ambos planos el coeficiente de pandeo sea 0,7 es debido al arriostramiento del pórtico de fachada.
- Sin embargo, en los pilares del pórtico interior, el coeficiente de pandeo en el plano de pórtico es 1,5145 debido a la ausencia de arriostramiento en dicho plano, mientras que en el plano perpendicular al pórtico, el coeficiente es 0,7 debido al arriostramiento lateral que se ha diseñado para la estructura.
- La viga perimetral, la viga de cumbrera, las vigas a contraviento y las cruces de San Andrés trabajan únicamente a tracción, por lo que los coeficientes de pandeo serán 0 para ambos planos.
- En cuanto a la viga de la jácena, es 0 en el plano perpendicular al pórtico debido a la acción de las correas y 1 en plano de pórtico.
- En el resto de la estructura, la viga perimetral, la viga cumbrera, la jácena, el arriostramiento horizontal, la ménsula y la viga carrilera, se definen los coeficientes de pandeo como: $\beta_{xz} = \beta_{xy} = 1$.

7.6. Flecha

La flecha máxima se limita en función del tipo de elemento implicado en la deformación y lo indicado por el apartado 4.3.3 del CTE-DB-SE, según el cual establece que para los elementos verticales, "cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de una cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones características, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa será menor que $L/300$ para elementos horizontales".

Mientras que para los elementos verticales, "cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de $L/250$ ".

Por otra parte, la flecha máxima para la viga carrilera del puente grúa será $L/800$ según lo establecido en el artículo 37.2 de la EAE, Instrucción de Acero Estructural.

8. Resultado final

8.1. Descripción de la estructura final

Considerando todo lo indicado en el apartado anterior de 'Procedimiento de Cálculo', se procede a calcular la estructura por CYPE, como se muestra en la figura 29. Una vez calculada, se revisan todos los perfiles de los elementos estructurales y asegura la estructura mediante la selección de los perfiles apropiados.

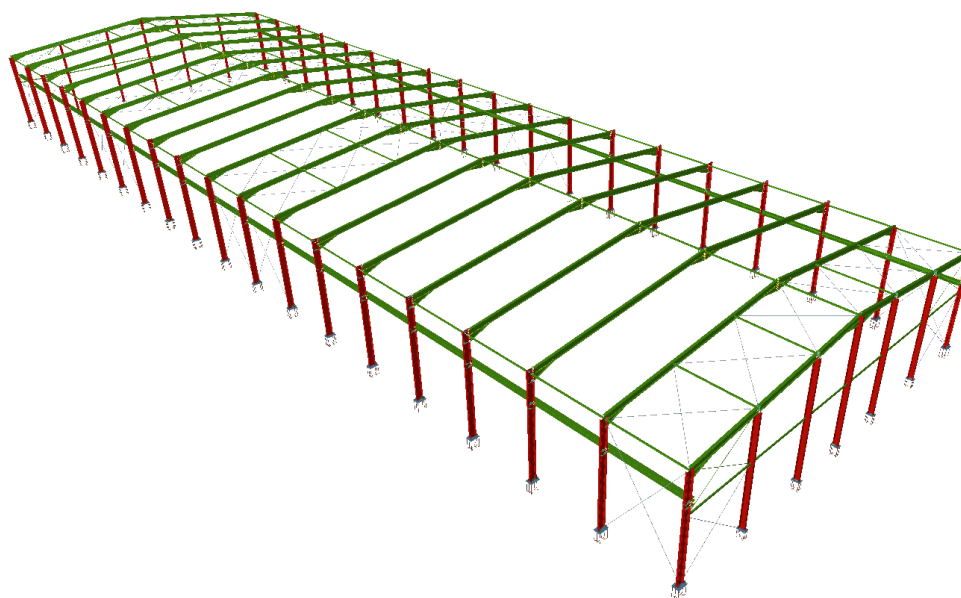


Figura 29. Estructura final.

A modo de resumen, los perfiles finales seleccionados han sido los indicados en la siguiente tabla:

Elemento Estructural	Perfil Final Asignado
Pilares pórtico (fachada e interior)	IPE 400
Pilares de fachada	IPE 330
Jácenas	IPE 360
Viga perimetral y cumbrera	IPE 100
Arriostramiento horizontal Tubo □	SHS 80x3 / SHS 90x3
Cruces de San Andrés y vigas a contraviento	R20
Ménsula y viga carrilera	HEA 280

Tabla 6. Perfiles finales seleccionados.

8.2. Descripción de las placas de anclaje

Los elementos encargados de unir y transmitir las cargas de los pilares a la cimentación, son las placas de anclaje.

El mismo módulo de CYPE empleado hasta ahora también predimensiona los tipos de placas de anclaje, en función de la dimensión necesaria, los rigidizadores, la longitud y el número de pernos necesarios para cumplir con la normativa y las condiciones a la que se somete la estructura.

Para la estructura que se ha diseñado, se han obtenido dos tipos de placas de anclaje:

- Las placas de anclaje de tipo 1, son las placas de anclaje de los pilares de fachada.
- Las placas de anclaje de tipo 2, son las placas de anclaje de los pórticos (de fachada e interiores) de la estructura.

Las características principales de las placas de anclaje se reflejan en la siguiente tabla:

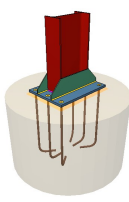
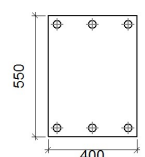
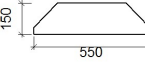
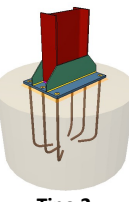
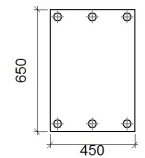
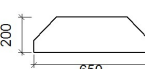
PLACA DE ANCLAJE	ELEMENTO	GEOMETRÍA				MATERIAL			PERNOS		
		Esquema	Ancho	Canto	Espesor	Acero	f_y	f_u	Cantidad	ϕ	Acero
			mm	mm	mm		MPa	MPa		mm	
 <p>Tipo 1</p>	Placa Base		400	550	20	S275	275	410	6	20	B400 S
	Rigidizador		550	150	7	S275	275	410			
 <p>Tipo 2</p>	Placa Base		450	650	22	S275	275	410	6	25	B400 S
	Rigidizador		650	200	9	S275	275	410			

Tabla 7. Tipos de placas de anclaje seleccionadas.

8.3. Descripción de la cimentación

En último lugar, la cimentación de la estructura se encarga o se emplea para transmitir al terreno las cargas de cada pilar de la estructura, de forma que reparte las cargas de la estructura en el plano de apoyo horizontal.

La geometría de las zapatas que componen la cimentación es cuadrada, y se encuentran unidas mediante vigas de atado. Para ello, el material que conforma la cimentación es hormigón Ha-25 y acero B500s.

Para la estructura que se ha diseñado y las placas de anclaje que se han seleccionado, se han obtenido tre tipos de zapatas:

- Las zapatas de tipo 1, constituyen las zapatas de los pilares de fachada.
- Las zapatas de tipo 2, son las zapatas de los dos primeros pórticos (inicial y final) de la estructura, es decir, los pilares esquina de los pórticos de fachada y el pórtico contiguo a este.
- Las zapatas de tipo 3, conforman las zapatas del resto de pórticos interiores de la estructura, desde el tercer pórtico hasta el penúltimo.

En la figura 30 se puede observar la disposición de los tipos de zapata que conforman la cimentación:

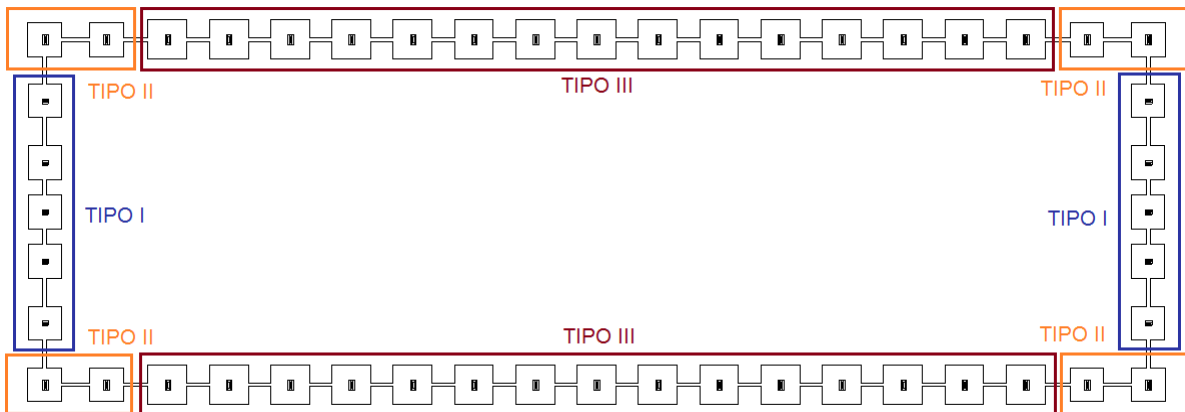


Figura 30. Disposición de los elementos de la cimentación.

Las características de las zapatas seleccionadas se reflejan en la siguiente tabla (*tabla 8*):

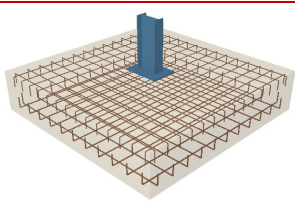
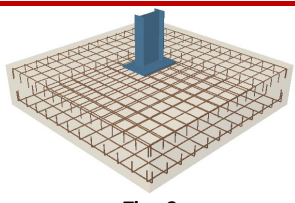
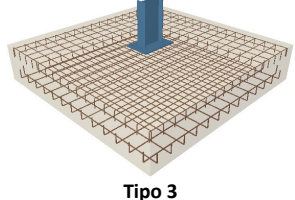
ZAPATA	GEOMETRÍA			Armado				
	Lado mm	Canto mm	Material	Superior X	Inferior X	Superior Y	Inferior Y	Material
 Tipo 1	285	60	HA-25	14Ø12c/20	11Ø16c/25	14Ø12c/20	11Ø16c/25	B500S
 Tipo 2	295	65	HA-25	15Ø12c/20	12Ø16c/25	15Ø12c/20	12Ø16c/25	B500S
 Tipo 3	335	65	HA-25	17Ø12c/20	13Ø16c/25	17Ø12c/20	13Ø16c/25	B500S

Tabla 8. Tipos de placas de anclaje seleccionadas.

Por otra parte, las características principales de la viga de atado encargada de unir las diferentes zapatas de los pilares se indica en la siguiente tabla (*tabla 9*):

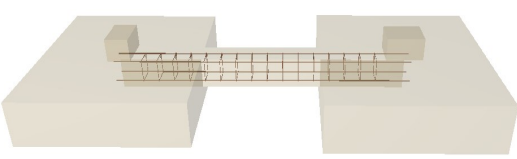
VIGA DE ATADO	GEOMETRÍA			Armado			
	Ancho X mm	Ancho Y mm	Material	Superior	Inferior	Estribos	Material
	40	40	HA-25	2Ø12	2Ø12	1Ø8c/30	B500S

Tabla 9. Tipos de placas de anclaje seleccionadas.

8.4. Descripción de la protección frente a la corrosión

Con el objetivo de proteger la integridad de la estructura frente a la corrosión, se protege los perfiles mediante dos capas fijas de un protector y una capa opcional con finalidad decorativa.

En primer lugar, y de cumplimiento riguroso, se aplicará el antioxidante mediante dos pasadas de 125 μm cada pasa. Las dos pasadas se realizan mediante la imprimación del antioxidante, quedando finalmente una capa de 250 μm .

En segundo y último lugar, y de cumplimiento opcional, se aplica una capa de pintura que tiene una función más decorativa que de protección anticorrosiva.

ANEXO I. CÁLCULOS

1. Anexo de cálculos del estudio paramétrico

1.1. Barras

1.1.1. Pilar Pórtico IPE 400-1

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)
N91	N147	4.300	84.50	23130.00	1318.00	51.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.14	1.14	0.00	0.00	
L _K		4.900	4.900	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N91/N147	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 13.2	x: 0 m η = 10.2	x: 0 m η = 47.5	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 2.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 84.9	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 2.5	CUMPLE η = 84.9
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.43} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 84.50 cm²

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

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{1137.74} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{19966.53} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{1137.74} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{23130.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{51.10} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{490000.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{4.900} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{4.900} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{17.01} \text{ cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{16.54} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.95} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$43.37 \leq 263.21 \checkmark$$

Donde:

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.132} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$\mathbf{N_{c,Ed}}$$
: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: 108.17 kN

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}}$$
 : 2213.10 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** : 84.50 cm²

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

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{818.03} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.37}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.57}$$

$$\phi_z : \underline{1.73}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.43}$$

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

$$N_{cr} : \underline{1137.74} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{19966.53} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{1137.74} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.102} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{22.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{35.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.475} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{28.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{22.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con $W_{pl,z} : \underline{229.00} \text{ cm}^3$

mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

η : 0.025 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PGmín+1.35·PGmáx+1.35·V.C.+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

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

V_{Ed} : 16.24 kN

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

$V_{c,Rd}$: 646.14 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 42.73 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 400.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 8.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

38.49 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 38.49

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

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

f_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:

η : 0.025 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 1.35 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 19.88 kN

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

$V_{c,Rd}$: 792.68 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 52.42 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 84.50 cm²

d : Altura del alma. d : 373.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.60 mm

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

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 $V_{c,Rd}$.

$$16.24 \text{ kN} \leq 323.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{16.24} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{646.14} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$$19.88 \text{ kN} \leq 396.34 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{19.88} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{792.68} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.785} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.814} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.849} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N91, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{52.34}$ kN
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{6.78}$ kN·m $M_{z,Ed}^+ : \underline{28.34}$ kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>3</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{2213.10}$ kN
$M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{el,Rd,y} : \underline{302.89}$ kN·m $M_{el,Rd,z} : \underline{38.35}$ kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : <u>84.50</u> cm ²
$W_{el,y}, W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{el,y} : \underline{1156.50}$ cm ³ $W_{el,z} : \underline{146.44}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.90}$ MPa

Siendo:

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

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.37}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.43}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.80}$$

$$\alpha_z : \underline{1.00}$$

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+1.35·PGmín+1.35·PGmáx+1.35·V.C.+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

$$16.24 \text{ kN} \leq 323.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{16.24}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{646.00}{\quad} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·PGmín+0.8·PGmáx+0.8·V.C.+1.5·V(0°)H1.

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

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{5.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.85} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N91, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PGmín+1.35·PGmáx+1.35·V.C.+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

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

$$V_{Ed} : \underline{16.24} \text{ kN}$$

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

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 646.00 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 646.14 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 0.08 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 37.85 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_v : 275.00 MPa

γ_{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:

η : 0.025 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N91, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 19.88 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 792.45 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 792.68 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 0.11 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 37.85 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_v : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

1.1.2. Pilar Pórtico IPE 400-2

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)
N147	N92	2.700	84.50	23130.00	1318.00	51.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.81	1.81	0.00	0.00	
L _K		4.900	4.900	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N147/N92	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.517 m η = 0.6	x: 0 m η = 9.8	x: 0.7 m η = 6.1	x: 0.21 m η = 26.9	x: 2.518 m η = 1.9	x: 2.518 m η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.21 m η = 51.1	η < 0.1	η = 0.1	x: 2.518 m η = 1.9	x: 2.518 m η = 1.3	CUMPLE η = 51.1
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.43} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 84.50 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} :** 1137.74 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} :** 19966.53 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{1137.74} \text{ kN}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{23130.00} \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{51.10} \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{490000.00} \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{81000} \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{4.900} \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{4.900} \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : \underline{17.01} \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{16.54} \text{ cm}$
	$i_z : \underline{3.95} \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$
	$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$43.37 \leq 263.21 \quad \checkmark$$

Donde:

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

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.517 m del nudo N147, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{12.55} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.098} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{80.23} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$$

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:** 84.50 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 261.90 MPa

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}: 818.03 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 84.50 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 261.90 MPa

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.

χ_y: 0.97

χ_z: 0.37

Siendo:

φ_y: 0.57

φ_z: 1.73

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y: 0.21

α_z: 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y: 0.34

λ̄_z: 1.43

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

N_{cr}: 1137.74 kN

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

N_{cr,y}: 19966.53 kN

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

N_{cr,z}: 1137.74 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:

η: 0.061 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.700 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.700 m del nudo N147, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{20.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Donde:

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

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

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.269} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.210 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{12.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.210 m del nudo N147, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{16.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 229.00 cm³

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

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:

$$\eta : \underline{0.019} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.518 m del nudo N147, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·PGmín+1.35·PGmáx+1.35·V.C.+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 12.41 kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd} : } \underline{646.14} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. **A_v :** 42.73 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. **h :** 400.00 mm

t_w : Espesor del alma. **t_w :** 8.60 mm

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

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:

$$\mathbf{38.49 < 64.71} \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 38.49

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

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

f_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:

η : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.518 m del nudo N147, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 10.46 kN

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

$V_{c,Rd}$: 792.68 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 52.42 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 84.50 cm²

d : Altura del alma. d : 373.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.60 mm

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

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 $V_{c,Rd}$.

$$9.65 \text{ kN} \leq 323.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{9.65} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{646.14} \text{ kN}$

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

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

$$0.78 \text{ kN} \leq 396.34 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.78} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{792.68} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.452} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.470} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.511} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.210 m del nudo N147, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·PGmín+1.35·PGmáx+1.35·V.C.+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{57.01}$ kN
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{2.51}$ kN·m $M_{z,Ed}^- : \underline{16.01}$ kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>3</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{2213.10}$ kN
$M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{el,Rd,y} : \underline{302.89}$ kN·m $M_{el,Rd,z} : \underline{38.35}$ kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : <u>84.50</u> cm ²
$W_{el,y}, W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{el,y} : \underline{1156.50}$ cm ³ $W_{el,z} : \underline{146.44}$ cm ³
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{vd} : \underline{261.90}$ MPa

Siendo:

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

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.37}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.43}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.80}$$

$$\alpha_z : \underline{1.00}$$

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
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q.$

$$9.65 \text{ kN} \leq 322.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{9.65}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{645.81}{\quad} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1.$

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

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

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

$$M_{T,Rd} : \frac{5.72}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{37.85}{\quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.518 m del nudo N147, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$

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

$$V_{Ed} : \frac{12.41}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{646.06} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{646.14} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.85} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.013} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.518 m del nudo N147, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{10.46} \text{ kN}$$

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

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{792.22} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{792.68} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.22} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.85} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

1.1.3. Pilar Pórtico Interior IPE 400

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)
N33	N34	7.000	84.50	23130.00	1318.00	51.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.70	1.52	0.00	0.00	
L _K		4.900	10.605	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N33/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, máx}$ Cumple	x: 6.817 m η = 3.2	x: 0 m η = 24.3	x: 6.818 m η = 77.3	x: 0 m η = 0.5	η = 10.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.818 m η = 80.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 10.2	η < 0.1	CUMPLE η = 80.5
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ _{wv} : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.43} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 84.50 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} :** 1137.74 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} :** 4262.59 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{1137.74} \text{ kN}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{23130.00} \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{51.10} \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{490000.00} \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{81000} \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{10.605} \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{4.900} \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : \underline{17.01} \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{16.54} \text{ cm}$
	$i_z : \underline{3.95} \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$
	$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$43.37 \leq 263.21 \quad \checkmark$$

Donde:

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

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.817 m del nudo N33, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{71.26} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.090} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.243} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{198.85} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 84.50 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 261.90 MPa

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}: 818.03 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 84.50 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}:** 261.90 MPa

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.

χ_y: 0.83

χ_z: 0.37

Siendo:

φ_y: 0.83

φ_z: 1.73

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y: 0.21

α_z: 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y: 0.74

λ̄_z: 1.43

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

N_{cr}: 1137.74 kN

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

N_{cr,y}: 4262.59 kN

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

N_{cr,z}: 1137.74 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:

η: 0.773 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.818 m del nudo N33, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{264.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.818 m del nudo N33, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{239.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Donde:

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

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

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 229.00 cm³

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.107} \checkmark$$

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

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 69.11 kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{646.14} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. **A_v :** 42.73 cm²

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

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:

$$38.49 < 64.71 \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 38.49

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

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

f_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:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{m\acute{i}n} + 0.8 \cdot PG_{m\acute{a}x} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.05 kN

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

$V_{c,Rd}$: 792.68 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 52.42 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 84.50 cm²

d : Altura del alma. d : 373.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.60 mm

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

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 $V_{c,Rd}$.

$$69.11 \text{ kN} \leq 323.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{\text{Ed}} : \underline{69.11} \text{ kN}$

$V_{\text{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{\text{c,Rd}} : \underline{646.14} \text{ kN}$

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

$0.05 \text{ kN} \leq 396.34 \text{ kN}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{\text{Ed}} : \underline{0.05} \text{ kN}$

$V_{\text{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{\text{c,Rd}} : \underline{792.68} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.805}$ ✓

$\eta : \underline{0.747}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.818 m del nudo N33, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

Donde:

$N_{\text{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{\text{t,Ed}} : \underline{71.26} \text{ kN}$

$M_{\text{y,Ed}}, M_{\text{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{\text{y,Ed}}^+ : \underline{264.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{\text{z,Ed}}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : $\underline{1}$

$N_{\text{pl,Rd}}$: Resistencia a tracción. $N_{\text{pl,Rd}} : \underline{2213.10} \text{ kN}$

$M_{\text{pl,Rd,y}}, M_{\text{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{\text{pl,Rd,y}} : \underline{342.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{\text{pl,Rd,z}} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$M_{\text{ef,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{\text{ef,Ed}} : \underline{255.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{\text{com,Ed}}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{\text{com,Ed}} : \underline{195.65} \text{ MPa}$

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

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

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

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

$$M_{b,Rd,v} : \underline{342.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35\cdot PP + 1.35\cdot PG_{mín} + 1.35\cdot PG_{máx} + 1.35\cdot V.C. + 1.5\cdot Q$.

$$69.11 \text{ kN} \leq 323.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{69.11} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{646.14} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8\cdot PP + 0.8\cdot PG_{mín} + 0.8\cdot PG_{máx} + 0.8\cdot V.C. + 1.5\cdot V(180^\circ)H1$.

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

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{5.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{37.85} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.102} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N33, para la combinación de acciones $0.8\cdot PP + 0.8\cdot PG_{mín} + 0.8\cdot PG_{máx} + 0.8\cdot V.C. + 1.5\cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{66.04} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.00$ kN·m
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 646.05 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 646.14 \text{ kN}$$
$$\tau_{T,Ed} : 0.05 \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 37.85 \text{ cm}^3$$
$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 0.9 \cdot V(0^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

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

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

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : 792.62 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : 792.68 \text{ kN}$$
$$\tau_{T,Ed} : 0.03 \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 37.85 \text{ cm}^3$$
$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : 1.05$$

1.1.4. Pilar Pórtico Fachada IPE 330-1

Perfil: IPE 330 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N100	N156	4.300	62.60	11770.00	788.00	28.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.23	1.23	0.00	0.00	
L _K		5.300	5.300	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N100/N156	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 4.3 m η = 0.8	x: 0 m η = 12.8	x: 0 m η = 60.0	x: 0 m η = 2.5	x: 0 m η = 9.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 65.4	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE η = 65.4
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.72} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

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

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{581.49} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{8685.46} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 581.49$ kN

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 11770.00$ cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 788.00$ cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 28.20$ cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 199000.00$ 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.	$L_{ky} : 5.300$ m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 5.300$ m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000$ m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 14.16$ cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 13.71$ cm
	$i_z : 3.55$ cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : 0.00$ mm
	$z_0 : 0.00$ 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:

$$40.93 \leq 256.27 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 307.00$ mm
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 7.50$ mm
A_w : Área del alma.	$A_w : 23.03$ cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 18.40$ cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3.$$

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

$$N_{t,Ed} : \underline{13.28} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.035} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.128} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

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

$$N_{c,Ed} : \underline{57.07} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

Clase : 3

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

A : 62.60 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

γ_{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} : 446.61 kN

Donde:

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

A : 62.60 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.94

χ_z : 0.27

Siendo:

φ_y : 0.62

φ_z : 2.24

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y : 0.45

λ̄_z : 1.72

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

N_{cr} : 581.49 kN

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

N_{cr,y} : 8685.46 kN

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

N_{cr,z} : 581.49 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:

$$\eta : \underline{0.600} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{126.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2.$$

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

$$M_{Ed}^- : \underline{117.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

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

$$M_{Ed} : 1.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,z} : 154.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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:

$$\eta : 0.096 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N100, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

$$V_{Ed} : 44.67 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : 465.77 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 30.80 \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 330.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 7.50 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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:

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{36.13}$$

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

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

ε : Factor de reducción.

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{m\acute{i}n} + 1.35 \cdot PG_{m\acute{a}x} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

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

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

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

d : Altura del alma.

$$d : \underline{307.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

f_y : 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 $V_{c,Rd}$.

$$44.67 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

V_{Ed} : 44.67 kN

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

$V_{c,Rd}$: 465.77 kN

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

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

$$0.34 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

V_{Ed} : 0.34 kN

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

$V_{c,Rd}$: 598.42 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.654} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.653} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.502} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N100, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{49.72} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{126.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{1.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

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

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

A: Área de la sección bruta.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.16}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.27}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.72}$$

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

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

$$44.67 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \frac{44.67}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{465.77}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

1.1.5. Pilar Pórtico Fachada IPE 330-2

Perfil: IPE 330 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N156	N112	3.271	62.60	11770.00	788.00	28.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.62	1.62	0.00	0.00	
L _K		5.300	5.300	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N156/N112	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.088 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 1.738 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 8.3$
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.72} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 62.60 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} :** 581.49 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. $N_{cr,y} : 8685.46 \text{ kN}$
- b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 581.49 \text{ kN}$
- c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \infty$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 11770.00 \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 788.00 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 28.20 \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 199000.00 \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : 81000 \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : 5.300 \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 5.300 \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 14.16 \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 13.71 \text{ cm}$
	$i_z : 3.55 \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : 0.00 \text{ mm}$
	$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 307.00 \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 7.50 \text{ mm}$
A_w : Área del alma.	$A_w : 23.03 \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 18.40 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{k} &: \underline{0.30} \\ \mathbf{E} &: \underline{210000} \text{ MPa} \\ \mathbf{f_{yf}} &: \underline{275.00} \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.088 m del nudo N156, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$.

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

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{13.58} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$N_{c,Ed}$: 27.00 kN

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

$N_{c,Rd}$: 1639.52 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 : 62.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$N_{b,Rd}$: 446.61 kN

Donde:

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

A : 62.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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.

χ_y : 0.94

χ_z : 0.27

Siendo:

φ_y : 0.62

φ_z : 2.24

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y : 0.45

λ̄_z : 1.72

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

N_{cr} : 581.49 kN

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

N_{cr,y} : 8685.46 kN

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

$$N_{cr,z} : \underline{581.49} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.035} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.738 m del nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{6.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.738 m del nudo N156, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{7.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 154.00 cm³

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

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:

$$\eta : \underline{0.027} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{12.57} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{30.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{Mo} : 1.05

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:

$$36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 36.13

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx} : 64.71

ε: Factor de reducción.

ε : 0.92

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:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2.$$

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

V_{Ed} : 0.14 kN

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

V_{c,Rd} : 598.42 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 39.58 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 62.60 cm²

d : Altura del alma.

d : 307.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$12.57 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

V_{Ed} : 12.57 kN

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

$V_{c,Rd}$: 465.77 kN

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

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

$$0.14 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

V_{Ed} : 0.14 kN

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

$V_{c,Rd}$: 598.42 kN

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 1.35 \cdot PG_{máx} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{27.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

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

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

$$M_{el,Rd,y} : \underline{186.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{25.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

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

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{el,y} : \underline{713.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{98.50} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.94}$$
$$\chi_z : \underline{0.27}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$
$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.72}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.80}$$
$$\alpha_z : \underline{1.00}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$12.57 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{12.57} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

1.1.6. Viga Jácena IPE 360

**Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.40 m. Cartela final inferior: 1.40 m.)
Material: Acero (S275)**

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾						
		Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽⁴⁾ (mm)
N82	N85	14.091	117.25	63694.13	1564.18	53.81	0.00	149.86
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N82) ⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad								
		Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β		0.00	1.00	0.00	0.00			
L _K		0.000	14.091	0.000	0.000			
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁		-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ̄	λ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N82/N85	x: 1.601 m λ̄ < 2.0 Cumple	x: 0.551 m λ _w ≤ λ _{w, máx} Cumple	x: 1.601 m η = 3.6	x: 1.601 m η = 6.7	x: 1.603 m η = 64.3	x: 12.692 m η = 0.3	x: 1.514 m η = 9.6	x: 1.601 m η < 0.1	η < 0.1	x: 0.202 m η < 0.1	x: 1.603 m η = 73.8	η < 0.1	x: 1.601 m η = 0.4	x: 1.514 m η = 9.6	x: 1.601 m η < 0.1	CUMPLE η = 73.8
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.08} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 72.70 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} :** 1698.30 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} :** 1698.30 kN

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

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

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 16270.00 \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 1043.00 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 37.30 \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 314000.00 \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : 81000 \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : 14.091 \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 0.000 \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 15.43 \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 14.96 \text{ cm}$
	$i_z : 3.79 \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : 0.00 \text{ mm}$
	$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$74.81 \leq 341.16 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 598.51 \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 8.00 \text{ mm}$
A_w : Área del alma.	$A_w : 47.88 \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 21.59 \text{ cm}^2$
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : 0.30$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf} : 275.00 \text{ MPa}$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.601 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{69.07} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1904.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.067} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.601 m del nudo N82, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{76.90} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1904.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 72.70 cm²

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

Siendo:

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

γ_{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} : 1154.47 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 72.70 cm²

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

Siendo:

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

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.61

Siendo:

φ_y : 1.18

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y : 1.08

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

N_{cr} : 1698.30 kN

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

N_{cr,y} : 1698.30 kN

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

N_{cr,z} : ∞

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

N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.643} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.603 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{168.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.603 m del nudo N82, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{171.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{266.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 1019.00 cm³

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 12.692 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 12.692 m del nudo N82, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$M_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{50.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{191.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.096} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.514 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{45.85} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{476.17} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{31.49} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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:

$$37.33 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 37.33

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

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa
 f_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:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.601 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.01 kN

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

$V_{c,Rd}$: 694.54 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 45.93 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 72.70 cm²
 d : Altura del alma. d : 334.60 mm
 t_w : Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

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

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 $V_{c,Rd}$.

$$55.12 \text{ kN} \leq 425.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{mín} + 1.35 \cdot PG_{máx} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{55.12} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{851.94} \text{ kN}$

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

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 510.50 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.202 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{1021.01} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.681} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.738} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.443} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.603 m del nudo N82, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PGmín+1.35·PGmáx+0.8·V.C.+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{72.12}$ kN
 $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed} : \underline{171.68}$ kN·m
 $M_{z,Ed} : \underline{0.01}$ 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. $N_{pl,Rd} : \underline{1904.05}$ kN
 $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{266.88}$ kN·m
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{50.02}$ kN·m

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

A: Área de la sección bruta. $A : \underline{72.70}$ cm²
 $W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y} : \underline{1019.00}$ cm³
 $W_{pl,z} : \underline{191.00}$ cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90}$ MPa

Siendo:

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

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$k_y : \underline{1.05}$

$k_z : \underline{1.00}$

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

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

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

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

$\chi_y : \underline{0.61}$

$\chi_z : \underline{1.00}$

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

$\bar{\lambda}_y : \underline{1.08}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$

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

$\alpha_y : \underline{0.60}$

$\alpha_z : \underline{0.60}$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

$$55.12 \text{ kN} \leq 425.50 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{55.12} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{851.00} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.601 m del nudo N82, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{4.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{29.37} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.514 m del nudo N82, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{45.85} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{475.59} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{476.17} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.46} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{38.79} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.601 m del nudo N82, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot P_{Gmín} + 0.8 \cdot P_{Gmáx} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

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

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{693.41} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{694.54} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.61} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{29.37} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

1.1.7. Viga Perimetral IPE 100

Perfil: IPE 100 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)
N7	N12	5.000	10.30	171.00	15.90	1.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N7/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	η = 9.0	η = 7.5	x: 2.5 m η = 3.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 12.3	x: 0.313 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 12.3
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

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

Donde:

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

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

A: 10.30 cm²

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

f_y: 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

N_{cr}: ∞

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:

$$21.61 \leq 246.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \frac{88.60}{1} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \frac{4.10}{1} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \frac{3.63}{1} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \frac{3.14}{1} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \frac{0.30}{1}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{210000}{1} \text{ MPa}$$

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

$$f_{yf} : \frac{275.00}{1} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.090} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{24.37} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \frac{10.30}{1} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.075} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

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

$N_{c,Ed}$: 20.22 kN

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

$N_{c,Rd}$: 269.76 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 : 10.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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)

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

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

Se debe satisfacer:

η : 0.032 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N7, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C.$

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

M_{Ed}^+ : 0.33 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:

$M_{c,Rd}$: 10.32 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.

$W_{pl,y}$: 39.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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)

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

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

Se debe satisfacer:

η : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

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

V_{Ed} : 0.27 kN

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

$V_{c,Rd}$: 76.54 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 5.06 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 100.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.10 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

18.20 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 18.20

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

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_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)

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

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

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

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N7, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

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

V_{Ed} : 0.23 kN

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

$V_{c,Rd}$: 76.54 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.123} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N7, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

Donde:

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

$N_{t,Ed}$: 24.37 kN

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

$M_{y,Ed}^+$: 0.33 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.

$N_{pl,Rd}$: 269.76 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 10.32 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 2.41 kN·m

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N7, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.23}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{76.54}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

1.1.8. Viga Cumbreira IPE 100

Barra N10/N15 Perfil: IPE 100						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N10	N15	5.000	10.30	171.00	15.90	1.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N10/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 33.1	η = 23.3	x: 2.5 m η = 3.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 35.0	x: 0.313 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 35.0
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

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

Donde:

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

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

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

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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:

$$21.61 \leq 246.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \frac{88.60}{1} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \frac{4.10}{1} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \frac{3.63}{1} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \frac{3.14}{1} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \frac{0.30}{1}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{210000}{1} \text{ MPa}$$

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

$$f_{yf} : \frac{275.00}{1} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.331} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{89.17} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.233} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{62.97} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N10, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C.$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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. **$W_{pl,y}$:** 39.40 cm³

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

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)

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

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

Se debe satisfacer:

η : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PGmín+0.8·PGmáx+0.8·V.C..

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 0.27 kN

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

$V_{c,Rd}$: 76.54 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. **A_v :** 5.06 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. **h :** 100.00 mm

t_w : Espesor del alma. **t_w :** 4.10 mm

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

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:

$$18.20 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 18.20

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

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

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_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)

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

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

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

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N10, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C.$.

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

V_{Ed} : 0.23 kN

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

$V_{c,Rd}$: 76.54 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.350} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N10, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed} : \underline{89.17} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : $\underline{1}$
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{2.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N10, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$0.23 \text{ kN} \leq \underline{38.27 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{0.23} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{76.54} \text{ kN}$

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

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

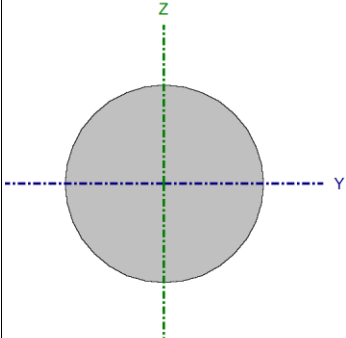
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

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

1.1.9. Viga Contraviento R 20

Perfil: R 20 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)	
N110	N10	6.419	3.14	0.79	0.79	1.57	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.00	0.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	0.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _Y	M _Z	V _Z	V _Y	M _Y V _Z	M _Z V _Y	NM _Y M _Z	NM _Y M _Z V _Y V _Z	M _t	M _t V _Z	M _t V _Y	
N110/N10	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 79.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 79.5
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _Y : Resistencia a flexión eje Y M _Z : Resistencia a flexión eje Z V _Z : Resistencia a corte Z V _Y : Resistencia a corte Y M _Y V _Z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _Z V _Y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _Y M _Z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _Y M _Z V _Y V _Z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _Z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _Y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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

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

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

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{3.14} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_y} &: \underline{265.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{N_{cr}} &: \underline{\infty} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.795} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{63.07} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.1.10. Tirante Cruz San Andrés Fachada R 20

Perfil: R 20						
Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
	N97	N147	6.595	3.14	0.79	0.79
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
L _K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _Y	M _Z	V _Z	V _Y	M _Y V _Z	M _Z V _Y	NM _Y M _Z	NM _Y M _Z V _Y V _Z	M _t	M _t V _Z	M _t V _Y	
N97/N147	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 30.7	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 30.7
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _Y : Resistencia a flexión eje Y M _Z : Resistencia a flexión eje Z V _Z : Resistencia a corte Z V _Y : Resistencia a corte Y M _Y V _Z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _Z V _Y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _Y M _Z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _Y M _Z V _Y V _Z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _Z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _Y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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

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

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

Donde:

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.307} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

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

$$N_{t,Ed} : \underline{24.36} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

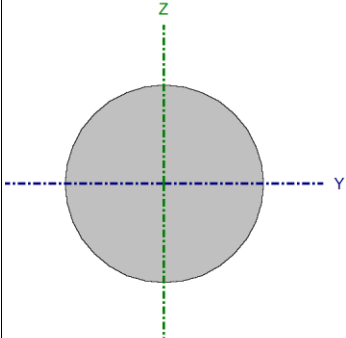
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

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

1.1.11. Tirante Cruz San Andrés Lateral R 20

Perfil: R 20 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)	
N93	N89	8.602	3.14	0.79	0.79	1.57	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.00	0.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	0.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N93/N89	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 28.2$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 28.2
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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

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

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

Donde:

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.282} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PGMín + 1.35 \cdot PGMáx + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{22.38} \text{ kN}$$

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

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

Donde:

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

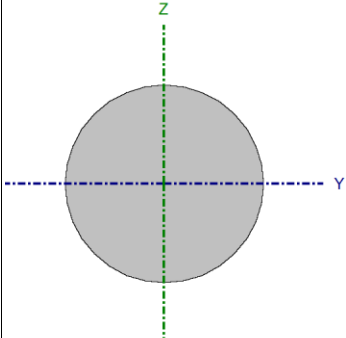
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.1.12. Barra Cruz San Andrés Fachada R 20

Perfil: R 20 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)
N156	N4	5.682	3.14	0.79	0.79	1.57
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	0.00	0.00	0.00	
	L _K	0.000	0.000	0.000	0.000	
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N156/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 5.366 m η = 10.8	x: 0 m η = 24.5	x: 2.684 m η = 30.8	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.2	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.335 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.684 m η = 54.9	x: 0.335 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 54.9
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 3.14 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **N_{cr} :** ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.108} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.366 m del nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{8.57} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{79.29} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.245} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{19.43} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{79.29} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.308 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.684 m del nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.10 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:

$M_{c,Rd}$: 0.34 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.

$W_{pl,y}$: 1.33 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C.$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.08 \text{ kN}$

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : 45.78 \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$A_v : 3.14 \text{ cm}^2$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$A : 3.14 \text{ cm}^2$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 265.00 \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} : 1.05$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$0.07 \text{ kN} \leq 22.89 \text{ kN}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.335 m del nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C.$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.07 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 45.78 \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.549} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.684 m del nudo N156, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.35 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1.$$

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{19.11} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{79.29} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{0.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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 0.335 m del nudo N156, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$0.07 \text{ kN} \leq 22.89 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.07} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{45.78} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

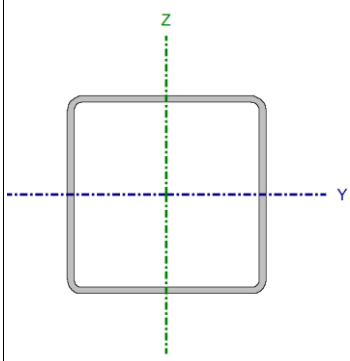
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.1.13. Montante Tubular Cubierta SHS 80x3

Perfil: SHS 80x3.0 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)	
N106	N114	5.000	9.00	87.64	87.64	139.87	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	5.000	5.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N106/N114	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 62.7	x: 2.5 m η = 4.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 0.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.5 m η = 69.2	x: 0.313 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 69.2
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: 1.85 ✓

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 : 9.00 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} : 72.66 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. $N_{cr,y} : \underline{72.66} \text{ kN}$
- b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{72.66} \text{ kN}$
- c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

- I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : \underline{87.64} \text{ cm}^4$
- I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : \underline{87.64} \text{ cm}^4$
- I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : \underline{139.87} \text{ cm}^4$
- I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$
- E : Módulo de elasticidad. $E : \underline{210000} \text{ MPa}$
- G : Módulo de elasticidad transversal. $G : \underline{81000} \text{ MPa}$
- L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$
- L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$
- L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$
- i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : \underline{4.41} \text{ cm}$

Siendo:

- i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : \underline{3.12} \text{ cm}$
 $i_z : \underline{3.12} \text{ cm}$
- y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$
 $z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$24.67 \leq 311.60 \checkmark$$

Donde:

- h_w : Altura del alma. $h_w : \underline{74.00} \text{ mm}$
- t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$
- A_w : Área del alma. $A_w : \underline{4.44} \text{ cm}^2$
- $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : \underline{2.40} \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
Siendo:

$$\mathbf{k} : \underline{0.30}$$
$$\mathbf{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$
$$\mathbf{f_{yf}} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.141} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.627} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{33.25} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{235.79} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{9.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{53.01} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A**: 9.00 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}**: 261.90 MPa

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.

χ_y: 0.22

χ_z: 0.22

Siendo:

φ_y: 2.61

φ_z: 2.61

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y: 0.49

α_z: 0.49

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y: 1.85

λ̄_z: 1.85

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr}: 72.66 kN

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y}: 72.66 kN

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z}: 72.66 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:

η: 0.043 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PG_{mín}+0.8·PG_{máx}+0.8·V.C..

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺: 0.29 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}: 6.74 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,y} :** 25.75 cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{MO} :** 1.05

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PG_{mín}+0.8·PG_{máx}+0.8·V.C..

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 0.23 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd} : } \underline{67.14} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v :** 4.44 cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d :** 74.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w :** 3.00 mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{MO} :** 1.05

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:

$$24.67 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{24.67}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$0.20 \text{ kN} \leq 33.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N106, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C.$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{67.14} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.184} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.692} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.666} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N106, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{33.25} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{v,Ed}^+ : \underline{0.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{235.79} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,v} : \underline{6.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{6.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{9.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{25.75} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{25.75} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.50}$$

$$k_z : \underline{1.50}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \frac{1.00}{}$
	$C_{m,z} : \frac{1.00}{}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \frac{0.22}{}$
	$\chi_z : \frac{0.22}{}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \frac{1.85}{}$
	$\bar{\lambda}_z : \frac{1.85}{}$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \frac{0.60}{}$
	$\alpha_z : \frac{0.60}{}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N106, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$0.20 \text{ kN} \leq 33.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.20}{\text{ kN}}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{67.14}{\text{ kN}}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.1.14. Montante Tubular Cubierta SHS 90x3

Perfil: SHS 90x3.0 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)
N90	N95	5.000	10.20	127.05	127.05	201.36
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		5.000	5.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N90/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 2.6	η = 77.7	x: 2.5 m η = 3.8	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 84.0	x: 0.313 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 84.0
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: **1.63** ✓

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 : 10.20 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} : 105.33 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. $N_{cr,y} : \underline{105.33} \text{ kN}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{105.33} \text{ kN}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : \underline{127.05} \text{ cm}^4$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : \underline{127.05} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : \underline{201.36} \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$

E : Módulo de elasticidad. $E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G : Módulo de elasticidad transversal. $G : \underline{81000} \text{ MPa}$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : \underline{4.99} \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : \underline{3.53} \text{ cm}$
 $i_z : \underline{3.53} \text{ cm}$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$28.00 \leq 313.00 \checkmark$

Donde:

h_w : Altura del alma. $h_w : \underline{84.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$

A_w : Área del alma. $A_w : \underline{5.04} \text{ cm}^2$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : \underline{2.70} \text{ cm}^2$

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección. $k : \underline{0.30}$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.026} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI).$$

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{6.96} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{267.22} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{10.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.214} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.777} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{57.19} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{267.22} \text{ kN}$$

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 :** 10.20 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

γ_{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} : 73.57 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 10.20 cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.28

χ_z : 0.28

Siendo:

φ_y : 2.18

φ_z : 2.18

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y : 1.63

λ̄_z : 1.63

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 105.33 kN

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 105.33 kN

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 105.33 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:

$$\eta : \underline{0.038} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N90, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{8.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 33.01 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.27} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{76.21} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 5.04 cm²

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

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:

$$28.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 28.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$** .

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PGmín+0.8·PGmáx+0.8·V.C..

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.23} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{76.21} \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.252} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.840} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.815} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N90, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot Q$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{57.19} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{267.22} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{8.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.20} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{33.01} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{33.01} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.62}$$

$$k_z : \underline{1.62}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.28}$$

$$\chi_z : \underline{0.28}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.63}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.63}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N90, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 0.8 \cdot PG_{máx} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.23} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{76.21} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.1.15. Montante Tubular Fachada SHS 80x3

Perfil: SHS 80x3.0 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					
N147	N149	5.000	9.00	87.64	87.64	139.87
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		5.000	5.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N147/N149	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.5 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	η = 2.4	η = 18.2	x: 2.6 m η = 4.0	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.2 m η = 0.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.5 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.6 m η = 22.2	x: 0.5 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 22.2
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: **1.85** ✓

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 : 9.00 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} : 72.66 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. $N_{cr,y} : \underline{72.66} \text{ kN}$
- b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{72.66} \text{ kN}$
- c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{87.64} \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{87.64} \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{139.87} \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{81000} \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : \underline{4.41} \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{3.12} \text{ cm}$	$i_z : \underline{3.12} \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$	$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$24.67 \leq 311.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : \underline{74.00} \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$
A_w : Área del alma.	$A_w : \underline{4.44} \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : \underline{2.40} \text{ cm}^2$
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : \underline{0.30}$

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : 0.024 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·PGmín+0.8·PGmáx+1.35·V.C.+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 5.62 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 235.79 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 9.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

η : 0.041 ✓

η : 0.182 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·PGmín+1.35·PGmáx+0.8·V.C.+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 9.67 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{235.79} \text{ kN}$$

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 :** 9.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{53.01} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 9.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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.

$$\chi_y : \underline{0.22}$$

$$\chi_z : \underline{0.22}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{2.61}$$

$$\phi_z : \underline{2.61}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_y :** 0.49

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.85}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.85}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{72.66} \text{ kN}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{72.66} \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} N_{cr,z}: \text{Axil crítico elástico de pandeo por flexión} & & N_{cr,z} & : & \underline{72.66} & \text{ kN} \\ \text{respecto al eje Z.} & & & & & \\ N_{cr,T}: \text{Axil crítico elástico de pandeo por torsión.} & & N_{cr,T} & : & \underline{\infty} & \end{aligned}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.040} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.600 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^+ : \underline{0.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{6.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 25.75 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{67.14} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.44} \text{ cm}^2$$

Siendo:

d : Altura del alma.

$$d : \underline{74.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$24.67 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{24.67}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$0.20 \text{ kN} \leq 33.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.500 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C.$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{67.14} \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.080} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.204} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.600 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 0.8 \cdot V.C. + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{9.37} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+ : \underline{0.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : $\underline{1}$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd} : \underline{235.79} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{6.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{6.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : $\underline{9.00} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y} : \underline{25.75} \text{ cm}^3$
 $W_{pl,z} : \underline{25.75} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00$ MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : 1.05$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.14$

$k_z : 1.14$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : 1.00$

$C_{m,z} : 1.00$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y : 0.22$

$\chi_z : 0.22$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : 1.85$

$\bar{\lambda}_z : 1.85$

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 en un punto situado a una distancia de 0.500 m del nudo N147, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 0.8 \cdot V.C.$.

0.20 kN \leq 33.57 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : 0.20$ kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : 67.14$ kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.1.16. Correas para Cubierta ZF 200x2

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 74.27 %

Perfil: ZF-200x2.0											
Material: S275											
	Nudos		Longitud d (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)
	0.745, 90.000, 7.085	0.745, 85.000, 7.085	5.000	7.66	472.1 9	97.1 7	- 158.65	0.10	1.97	3.19	20.1
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad ⁽⁴⁾ Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
	Pandeo				Pandeo lateral						
	Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.				
β	0.00		1.00		0.00		0.00				
L _K	0.000		5.000		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	λ	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: 5 m η = 74.3	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 5 m η = 22.6	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 74.3
Notación: b / t: Relación anchura / espesor λ: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión. Eje Y M _z : Resistencia a flexión. Eje Z M _y M _z : Resistencia a flexión biaxial V _y : Resistencia a corte Y V _z : Resistencia a corte Z NM _y M _z : Resistencia a tracción y flexión N _c M _y M _z : Resistencia a compresión y flexión NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a cortante, axil y flexión M _t NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. ⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽¹⁰⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.														

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : 95.5 ✓

b₁ / t : 35.5 ✓

$$c_1 / t : \underline{10.3} \quad \checkmark$$

$$b_2 / t : \underline{30.5} \quad \checkmark$$

$$c_2 / t : \underline{8.8} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$c_1 / b_1 : \underline{0.289}$$

$$c_2 / b_2 : \underline{0.287}$$

Donde:

h : Altura del alma.	h : <u>191.00</u> mm
b₁ : Ancho del ala superior.	b₁ : <u>71.00</u> mm
c₁ : Altura del rigidizador del ala superior.	c₁ : <u>20.50</u> mm
b₂ : Ancho del ala inferior.	b₂ : <u>61.00</u> mm
c₂ : Altura del rigidizador del ala inferior.	c₂ : <u>17.50</u> mm
t : Espesor.	t : <u>2.00</u> mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.743} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.745, 85.000, 7.085, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G_1 + 0.80 \cdot G_2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

$$M_{y,Ed} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^+ : \underline{8.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{y,Ed} : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{11.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{11.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{eff} : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. $W_{eff}^+ : \underline{44.30} \text{ cm}^3$

$$W_{eff}^- : \underline{42.54} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.226} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.745, 85.000, 7.085, para la combinación de acciones $0.80\cdot G1 + 0.80\cdot G2 + 1.50\cdot V(0^\circ) H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{9.07} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} : \underline{40.16} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{195.95} \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$f_{bv} : \underline{107.60} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w : \underline{1.23}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \frac{275.00}{1} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{210000.00}{1} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \frac{1.05}{1}$$

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 45.34 %

Coordenadas del nudo inicial: 27.255, 0.000, 7.085

Coordenadas del nudo final: 27.255, 5.000, 7.085

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 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

($I_y = 472 \text{ cm}^4$) ($I_z = 97 \text{ cm}^4$)

1.1.17. Correas para Lateral ZF 140x2

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 73.22 %

Perfil: ZF-140x2.0 Material: S275											
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas									
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)		
Inicial: 0.000, 5.000, 0.700 Final: 0.000, 0.000, 0.700	5.000	5.52	166.88	40.77	-61.59	0.07	1.12	2.31	22.2		
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo				Pandeo lateral					
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.			
β		0.00		1.00		0.00		0.00			
L _K		0.000		5.000		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 lateral	b / t ≤ (b / t) _{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 73.2	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m η = 11.4	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 73.2
Notación: b / t: Relación anchura / espesor λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión. Eje Y M _z : Resistencia a flexión. Eje Z M _y M _z : Resistencia a flexión biaxial V _y : Resistencia a corte Y V _z : Resistencia a corte Z N _t M _y M _z : Resistencia a tracción y flexión N _c M _y M _z : Resistencia a compresión y flexión NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a cortante, axil y flexión M _t NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.														

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : 65.5 ✓

$$b_1 / t : \underline{25.5} \quad \checkmark$$

$$c_1 / t : \underline{7.8} \quad \checkmark$$

$$b_2 / t : \underline{22.0} \quad \checkmark$$

$$c_2 / t : \underline{6.3} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$c_1 / b_1 : \underline{0.304}$$

$$c_2 / b_2 : \underline{0.284}$$

Donde:

h: Altura del alma.

$$h : \underline{131.00} \text{ mm}$$

b₁: Ancho del ala superior.

$$b_1 : \underline{51.00} \text{ mm}$$

c₁: Altura del rigidizador del ala superior.

$$c_1 : \underline{15.50} \text{ mm}$$

b₂: Ancho del ala inferior.

$$b_2 : \underline{44.00} \text{ mm}$$

c₂: Altura del rigidizador del ala inferior.

$$c_2 : \underline{12.50} \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.732} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 5.000, 0.700, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G_1 + 0.80 \cdot G_2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$ H1.

M_{v,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{v,Ed}^+ : \underline{4.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{v,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{v,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{6.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{5.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{eff} : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. $W_{eff}^+ : \underline{22.97} \text{ cm}^3$

$$W_{eff}^- : \underline{22.75} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$$f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 5.000, 0.700, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ) H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.57} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} : \underline{40.16} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{135.95} \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$f_{bv} : \underline{155.09} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w : \underline{\quad 0.85 \quad}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\quad 210000.00 \quad} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 75.67 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 90.000, 0.700

Coordenadas del nudo final: 0.000, 85.000, 0.700

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(90^\circ)$ H1 a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

($I_y = 167 \text{ cm}^4$) ($I_z = 41 \text{ cm}^4$)

1.1.18. Ménsula HEA 280

Perfil: HE 280 A 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)
N180	N197	0.400	97.30	13670.00	4763.00	62.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.400	0.400	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N180/N197	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.075 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 0.1	η = 0.1	x: 0.15 m η = 6.5	x: 0.15 m η < 0.1	x: 0.15 m η = 26.1	η < 0.1	x: 0.075 m η < 0.1	x: 0.075 m η < 0.1	x: 0.15 m η = 6.6	x: 0.075 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE η = 26.1
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: **0.07** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 97.30 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} :** 616992.15 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. $N_{cr,y} : 1770792.08$ kN
- b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 616992.15$ kN
- c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \infty$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 13670.00$ cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 4763.00$ cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 62.10$ cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 785400.00$ 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.	$L_{ky} : 0.400$ m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 0.400$ m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000$ m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 13.76$ cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 11.85$ cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z : 7.00$ cm
	$y_0 : 0.00$ mm
	$z_0 : 0.00$ 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:

$$30.50 \leq 223.68 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 244.00$ mm
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 8.00$ mm
A_w : Área del alma.	$A_w : 19.52$ cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 36.40$ cm ²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
Siendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{k} &: \underline{0.40} \\ \mathbf{E} &: \underline{210000} \text{ MPa} \\ \mathbf{f_{yf}} &: \underline{275.00} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{2.09} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{2548.33} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{97.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{1.82} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{2548.33} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación **Clase** : 2

y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{97.30} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{261.90} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{\gamma_{Mo}} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.07}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{97.30} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_y} &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\ \mathbf{N_{cr}} &: \underline{616992.15} \text{ kN} \\ \mathbf{N_{cr,y}} &: \underline{1770792.08} \text{ kN} \\ \mathbf{N_{cr,z}} &: \underline{616992.15} \text{ kN} \\ \mathbf{N_{cr,T}} &: \underline{\infty} \end{aligned}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{18.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{291.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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 :** 2

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 1112.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot Q$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+ :** 0.02 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N180, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^- :** 0.03 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd} : } \underline{135.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 2

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 518.10 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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:

$$\eta : \underline{0.261} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{125.51} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{480.55} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{31.78} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{270.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$24.50 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{24.50}$$

λ_{\max} : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\max} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.17 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 1176.12 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 77.78 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 97.30 cm²

d : Altura del alma.

d : 244.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 8.00 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$125.44 \text{ kN} \leq 240.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.075 m del nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 125.44 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 480.55 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$0.17 \text{ kN} \leq 588.06 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.075 m del nudo N180, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{1176.12} \text{ kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : \underline{2.09} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed} : \underline{18.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : $\underline{2}$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. $N_{pl,Rd} : \underline{2548.33} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{291.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{135.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{ef,Ed} : \underline{-18.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed} : \underline{16.74} \text{ MPa}$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $W_{y,com} : \underline{1112.00} \text{ cm}^3$
 A : Área de la sección bruta. $A : \underline{97.30} \text{ cm}^2$
 $M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. $M_{b,Rd,y} : \underline{291.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.075 m del nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 1.35 \cdot PG_{máx} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$125.44 \text{ kN} \leq 240.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z} : \underline{125.44} \text{ kN}$
 $V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z} : \underline{480.55} \text{ kN}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.1.19. Viga Carrilera HEA 280

Perfil: HE 280 A 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)
N179	N180	5.000	97.30	13670.00	4763.00	62.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	5.000	5.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N179/N180	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.2	η = 0.2	x: 5 m η = 1.1	x: 5 m η = 3.1	x: 5 m η = 0.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5 m η = 4.3	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE η = 4.3
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: 0.82 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 97.30 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}** : 3948.75 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. $N_{cr,y} : 11333.07$ kN
- b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 3948.75$ kN
- c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \infty$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 13670.00$ cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 4763.00$ cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 62.10$ cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 785400.00$ 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.	$L_{ky} : 5.000$ 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
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 13.76$ cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 11.85$ cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z : 7.00$ cm
	$y_0 : 0.00$ mm
	$z_0 : 0.00$ 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:

$$30.50 \leq 223.68 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 244.00$ mm
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 8.00$ mm
A_w : Área del alma.	$A_w : 19.52$ cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 36.40$ cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : 0.40$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\text{mín}} + 0.8 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.84} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2548.33} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{97.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\text{mín}} + 1.35 \cdot PG_{\text{máx}} + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.69} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2548.33} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 97.30 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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} : 1650.32 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 97.30 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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.

χ_y : 0.89

χ_z : 0.65

Siendo:

φ_y : 0.67

φ_z : 0.99

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y : 0.49

λ̄_z : 0.82

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 3948.75 kN

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 11333.07 kN

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 3948.75 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:

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N180, para la combinación de acciones $1.35\cdot PP+0.8\cdot PG_{\text{mín}}+1.35\cdot PG_{\text{máx}}+1.5\cdot V(180^\circ)H4+0.75\cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{291.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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 :** 2

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,v} :$ 1112.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} :$ 261.90 MPa

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 pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N180, para la combinación de acciones $0.8\cdot PP+1.35\cdot PG_{\text{mín}}+0.8\cdot PG_{\text{máx}}+1.5\cdot V(0^\circ)H3$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N180, para la combinación de acciones $1.35\cdot PP+0.8\cdot PG_{\text{mín}}+1.35\cdot PG_{\text{máx}}+1.5\cdot V(180^\circ)H4+0.75\cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{135.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 2

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z} :** 518.10 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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:

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PGmín+1.35·PGmáx+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 2.96 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{480.55} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v :** 31.78 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h :** 270.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w :** 8.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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:

$$24.50 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : 24.50$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : 0.92$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 235.00 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{mín} + 1.35 \cdot PG_{m\acute{a}x} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 1.24 \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : 1176.12 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 77.78 \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : 97.30 \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : 244.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 8.00 \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ MPa}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$2.70 \text{ kN} \leq 240.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{2.70} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{480.55} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$$1.24 \text{ kN} \leq 588.06 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.24} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{1176.12} \text{ kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N180, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PG_{\min} + 1.35 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : $\frac{2.31}{}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : $\frac{3.29}{}$ kN·m
	M_{z,Ed} : $\frac{4.21}{}$ 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 : $\frac{2}{}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a tracción.	N_{pl,Rd} : $\frac{2548.33}{}$ kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : $\frac{291.24}{}$ kN·m
	M_{pl,Rd,z} : $\frac{135.69}{}$ 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} : $\frac{-3.08}{}$ kN·m

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. **σ_{com,Ed}** : $\frac{2.77}{}$ MPa

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. **W_{y,com}** : $\frac{1112.00}{}$ cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : $\frac{97.30}{}$ cm²

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo. **M_{b,Rd,y}** : $\frac{291.24}{}$ 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 para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot PG_{\min} + 0.8 \cdot PG_{\max} + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$2.70 \text{ kN} \leq 240.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed,z}** : $\frac{2.70}{}$ kN

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd,z}** : $\frac{480.55}{}$ kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

1.2. Cimentación

1.2.1. Zapata Tipo I

Referencia: N100 Dimensiones: 285 x 285 x 60 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0237402 MPa</p> <p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0181485 MPa</p> <p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0477747 MPa</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 17.7 %</p> <p>Reserva seguridad: 1366.8 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: 103.18 kN·m</p> <p>Momento: 19.11 kN·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 109.38 kN</p> <p>Cortante: 17.46 kN</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Situaciones persistentes:</p>	<p>Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 72.6 kN/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación: - N100:</p>	<p>Mínimo: 49 cm Calculado: 52 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.0013</p> <p>Calculado: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.0013</p> <p>Calculado: 0.0009</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p>	<p>Mínimo: 0.0005 Calculado: 0.0014</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N100		
Dimensiones: 285 x 285 x 60		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0014	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0003 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 83 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 83 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 91 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 91 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 82 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 82 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 90 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 90 cm	Cumple

Referencia: N100		
Dimensiones: 285 x 285 x 60		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo flexible (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.23		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.05		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 778.72 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 778.72 kN		

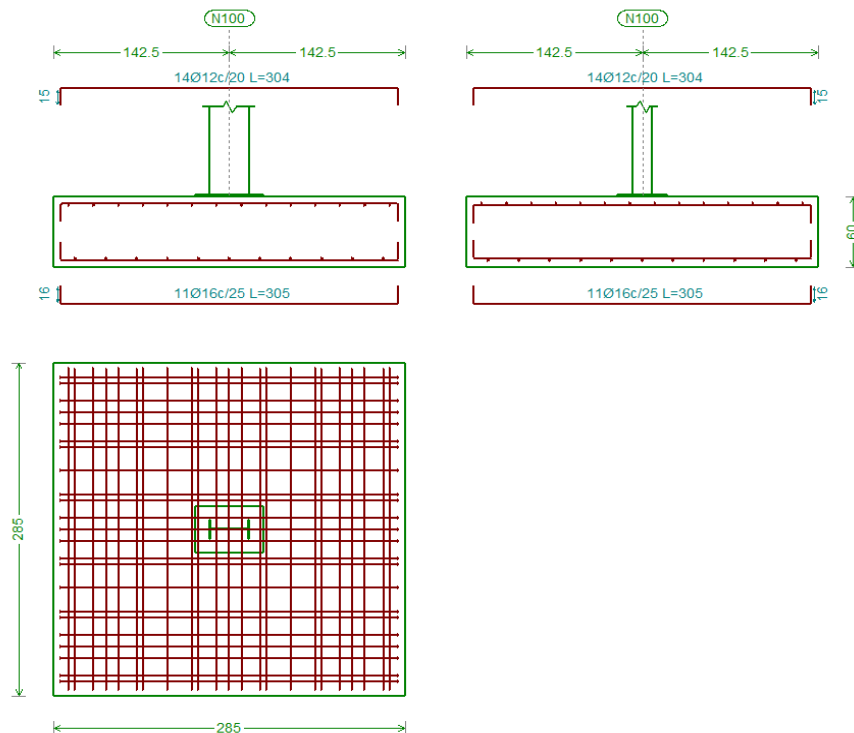


Figura 31. Detalle Zapata Tipo I.

1.2.2. Zapata Tipo II

Referencia: N91 Dimensiones: 295 x 295 x 65 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0262908 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0267813 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0370818 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 445.2 % Reserva seguridad: 566.5 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 44.08 kN·m Momento: 46.12 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 37.96 kN Cortante: 40.81 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 111.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N91:	Mínimo: 54 cm Calculado: 57 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0012 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0012 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.0013	Cumple

Referencia: N91		
Dimensiones: 295 x 295 x 65		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 90 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 90 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 89 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 89 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 78 cm	Cumple

Referencia: N91		
Dimensiones: 295 x 295 x 65		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.09		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.09		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 859.65 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 859.65 kN		

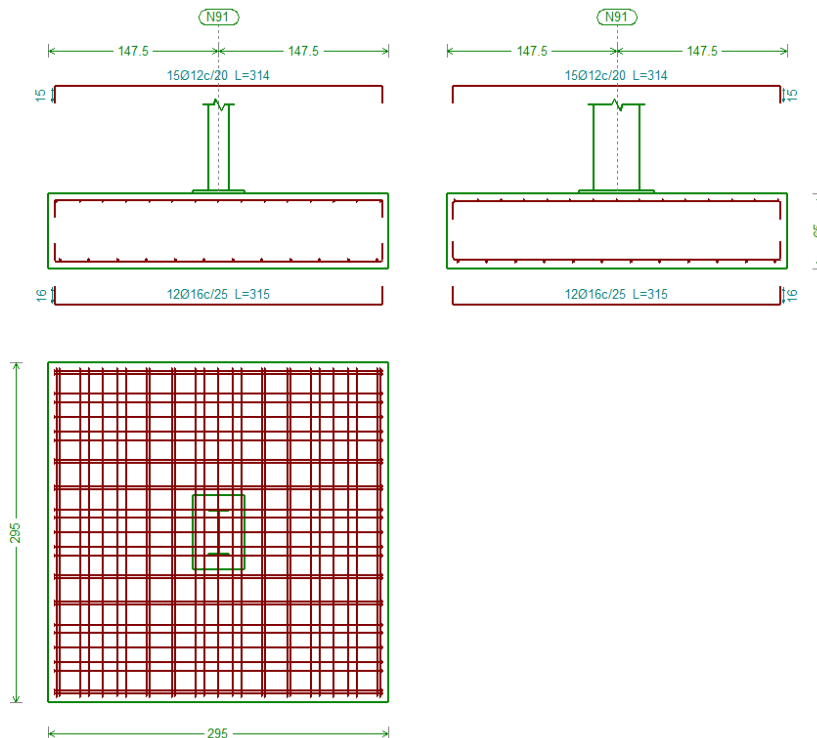


Figura 32. Detalle Zapata Tipo II.

1.2.3. Zapata Tipo III

Referencia: N33 Dimensiones: 335 x 335 x 65 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.036297 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0635688 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0728883 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 16471.8 % Reserva seguridad: 34.2 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 79.14 kN·m Momento: 162.69 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 64.26 kN Cortante: 138.81 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 205.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N33:	Mínimo: 54 cm Calculado: 57 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0012 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0012 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003 Calculado: 0.0013	Cumple

Referencia: N33 Dimensiones: 335 x 335 x 65 Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005 Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003 Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 99 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 99 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 109 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 109 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 98 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 98 cm	Cumple

Referencia: N33		
Dimensiones: 335 x 335 x 65		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo flexible (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.14		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.28		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 976.19 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 976.19 kN		

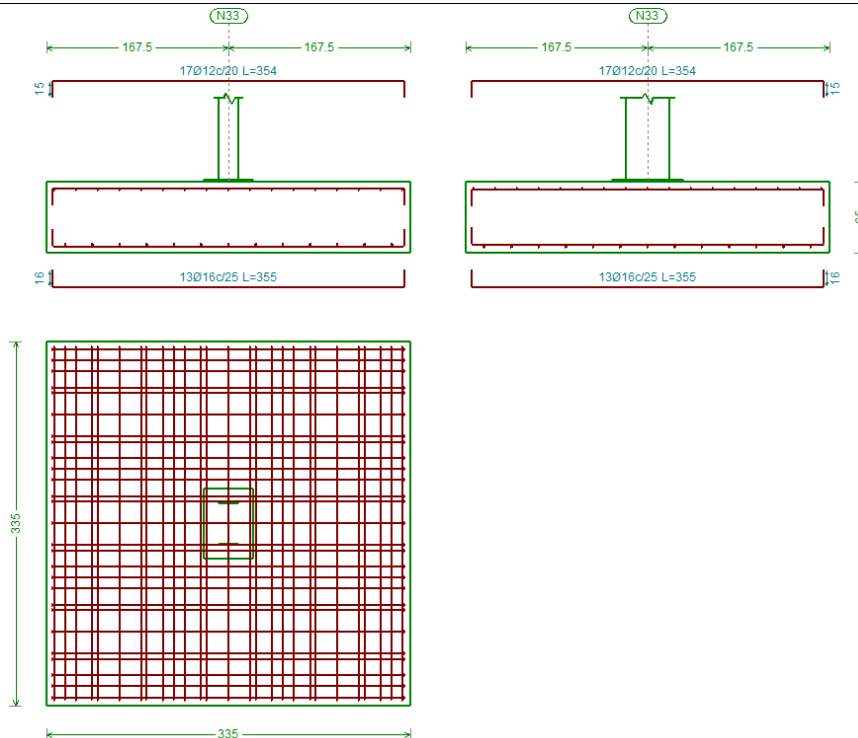


Figura 33. Detalle Zapata Tipo III.

1.2.4. Vida de atado

Referencia: C.1 [N100-N3] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

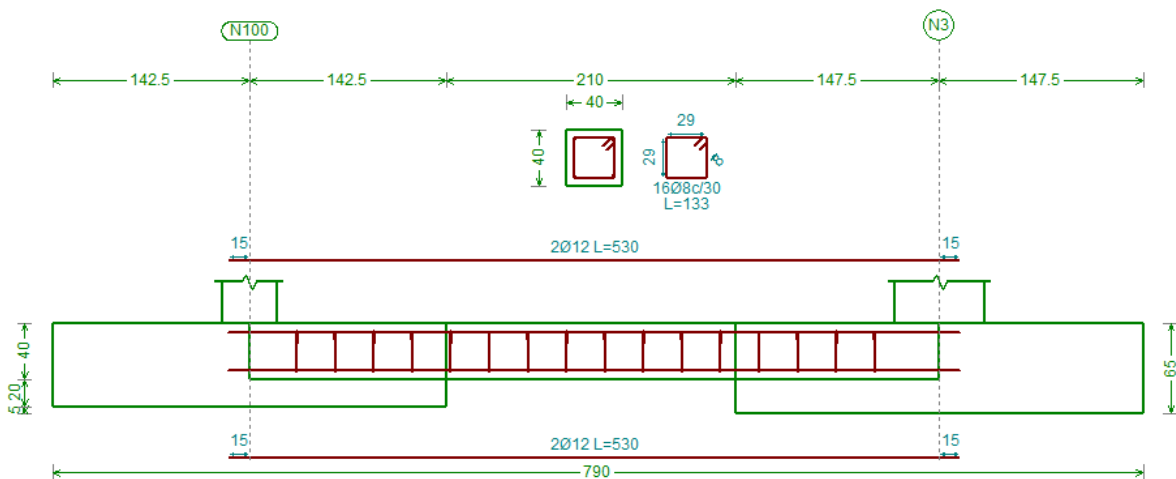


Figura 34. Detalle Viga de atado.

1.3. Uniones

1.3.1. Placa de anclaje Tipo I

1) Pilar IPE 330

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	1095	7.5	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85
2) Placa de anclaje									
Referencia: -Placa base: Ancho X: 400 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 20 mm -Pernos: 6Ø20 mm L=50 cm Patilla a 90 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x35x7.0)									
Comprobación						Valores		Estado	
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>						Mínimo: 60 mm Calculado: 160 mm		Cumple	
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>						Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm		Cumple	
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:						Máximo: 50 Calculado: 46		Cumple	
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>						Mínimo: 20 cm Calculado: 50 cm		Cumple	
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:						Máximo: 111.12 kN Calculado: 97.95 kN Máximo: 77.78 kN Calculado: 7.94 kN Máximo: 111.12 kN Calculado: 109.3 kN		Cumple Cumple Cumple	
Tracción en vástago de pernos:						Máximo: 100.48 kN Calculado: 91.95 kN		Cumple	
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:						Máximo: 380.952 MPa Calculado: 296.36 MPa		Cumple	
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>						Máximo: 209.52 kN Calculado: 7.45 kN		Cumple	
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:						Máximo: 261.905 MPa Calculado: 88.5618 MPa Calculado: 85.1561 MPa Calculado: 178.014 MPa Calculado: 177.491 MPa		Cumple Cumple Cumple Cumple	
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:						Mínimo: 250 Calculado: 4657.54 Calculado: 5361.08 Calculado: 6186.03 Calculado: 6203.95		Cumple Cumple Cumple Cumple	
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>						Máximo: 261.905 MPa Calculado: 200.305 MPa		Cumple	

Referencia: -Placa base: Ancho X: 400 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 20 mm -Pernos: 6Ø20 mm L=50 cm Patilla a 90 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x35x7.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.194 - Punto de tensión local máxima: (0, 0.231)		
Cordones de soldadura		

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).

En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	550	7.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	550	7.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	9	63	20.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	209.1	362.1	93.83	0.0	0.00	410.0	0.85

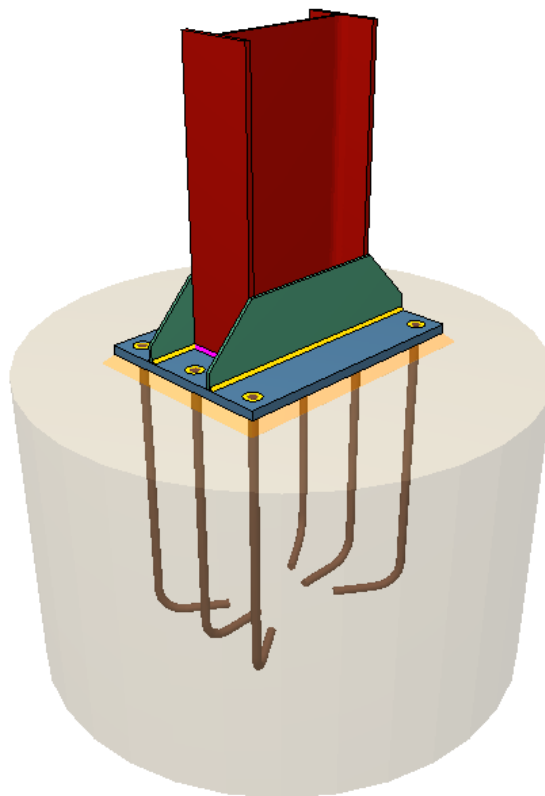


Figura 35. Detalle de la placa de anclaje para los pilares IPE 330.

1.3.2. Placa de anclaje Tipo II

1) Pilar IPE 400

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_\perp : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_\parallel : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_\perp : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_\parallel : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	1281	8.6	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_\perp (N/mm ²)	τ_\perp (N/mm ²)	τ_\parallel (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_\perp (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm		
-Pernos: 6Ø25 mm L=55 cm Patilla a 90 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x70x9.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 152.79 kN Calculado: 126.14 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 106.95 kN Calculado: 12.86 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 152.79 kN Calculado: 144.51 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 157.12 kN Calculado: 124.34 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 256.895 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 288.1 kN Calculado: 11.53 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 191.848 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 191.372 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 137.477 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 139.431 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 425.565	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 427.6	Cumple
- Arriba:	Calculado: 8715.56	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8598.32	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 236.608 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.189		
- Punto de tensión local máxima: (0.09, -0.175)		

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_\perp : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_\perp : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).

En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -95): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	650	9.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 95): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	650	9.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	10	79	22.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -95): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 95): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	197.9	342.8	88.83	0.0	0.00	410.0	0.85

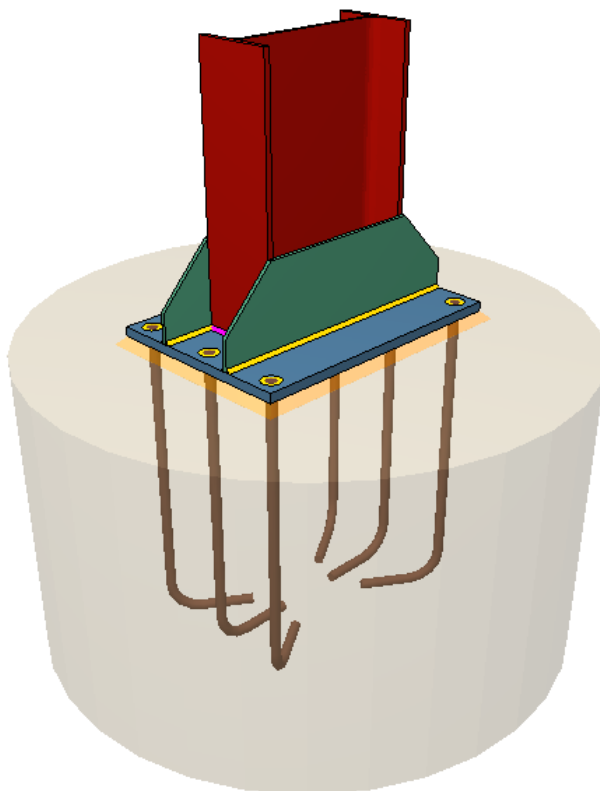


Figura 36. Detalle de la placa de anclaje para los pilares IPE 400.

1.3.3. Pilar IPE 400 – Jácena IPE 360

1) Pilar IPE 400

– Panel

Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

$$43.37 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

d_{wc} : Canto del alma

t_{wc} : Espesor del alma.

$$d_{wc} : \underline{373} \text{ mm}$$

$$t_{wc} : \underline{8.6} \text{ mm}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

Resistencia a cortante del alma del pilar (CTE DB SE-A 8.8.6)

Debe cumplirse:

$$14.07 \text{ kN} \leq 858.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$V_{wp,Ed}$: Esfuerzo cortante de cálculo.

$V_{wp,Rd}$: Resistencia plástica de cálculo a cortante del alma

Donde:

$$V_{wp,Ed} : \underline{14.07} \text{ kN}$$

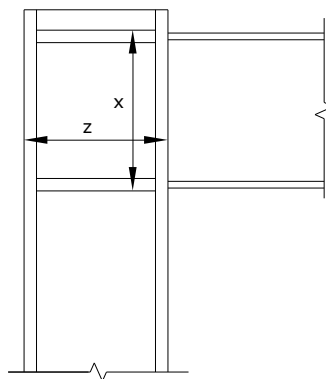
$$V_{wp,Rd} : \underline{858.58} \text{ kN}$$

A_{vc} : Área sometida a cortante

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

Dirección	A_{vc} (mm ²)	$V_{wp,Ed}$ (kN)	$V_{wp,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
z	3440	7.56	468.15	1.61
x	6309	14.07	858.58	1.64



- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$26.45 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 1.74 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 1.56 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : 15.24 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 13.65 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$11.23 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : -2.32 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : -2.08 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : 6.35 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 5.69 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$26.41 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 0.86 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 0.77 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : 15.24 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 13.65 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$11.46 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : -3.25 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : -2.91 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : 6.35 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 5.69 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Comprobaciones por unión con elemento "
- Ala

Desgarro del ala por tracción de los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$34.48 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal	σ : <u>34.14</u> N/mm ²
τ : Tensión tangencial	τ : <u>2.78</u> N/mm ²
f_y : Tensión de límite elástico.	f_y : <u>275.00</u> N/mm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

Cortante en el ala por los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$29.20 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal	σ : <u>0.00</u> N/mm ²
τ : Tensión tangencial	τ : <u>16.86</u> N/mm ²
f_y : Tensión de límite elástico.	f_y : <u>275.00</u> N/mm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga IPE 360'
- Ala

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$5.54 \text{ kN} \leq 179.79 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante	$F_{T,Ed}$: <u>5.54</u> kN
$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente	$F_{T,Rd}$: <u>179.79</u> kN

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-ala, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : \underline{179.79} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{299.91} \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 1.

$$F_{T,Rd} : \underline{179.79} \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{1.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{1.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

$$t_f : \underline{13.5} \text{ mm}$$

$$m : \underline{19} \text{ mm}$$

$$n : \underline{24} \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{121} \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{144} \text{ mm}$$

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

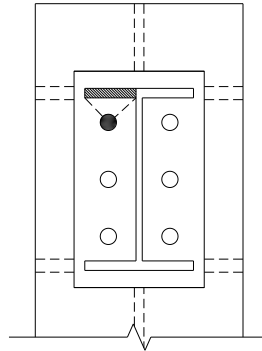
f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Fila	Área (mm ²)	N _{Ed} (kN)	N _{t,Rd} (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1155	0.77	302.49	0.26
Σ		0.77	302.49	0.26



- Alma

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$5.54 \text{ kN} \leq 149.81 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed}: Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : 5.54 \text{ kN}$$

N_{t,Rd}: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 149.81 \text{ kN}$$

Donde:

A: Área sometida a tracción

$$A : 572.00 \text{ mm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

f_y: Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si α > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si α < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas										
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)					
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00					
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00					
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00					
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00					
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00					
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00					
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00					
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00					
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w	
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del rigidizador superior a las alas	1.5	1.5	17.8	31.0	8.02	2.4	0.74	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	1.0	1.7	0.45	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	8.6	8.6	0.6	17.1	4.44	8.6	2.61	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	3.5	6.1	1.58	0.0	0.00	410.0	0.85	

Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w	
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del superior a las alas	rigidizador	0.7	0.7	17.8	30.9	7.99	3.4	1.05	410.0	0.85
Soldadura del superior al alma	rigidizador	0.0	0.0	1.5	2.7	0.69	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del inferior a las alas	rigidizador	8.9	8.9	0.6	17.8	4.62	8.9	2.71	410.0	0.85
Soldadura del inferior al alma	rigidizador	0.0	0.0	3.6	6.3	1.64	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 360

- Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$5.54 \text{ kN} \leq 174.94 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 5.54 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 174.94 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 174.94 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : 322.54 \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 1.

$$F_{T,Rd} : 174.94 \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : 2.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{2.66 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

t_f : Espesor de la chapa

$$t_f : \underline{14.0 \text{ mm}}$$

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

$$m : \underline{32 \text{ mm}}$$

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$$n : \underline{40 \text{ mm}}$$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{200 \text{ mm}}$$

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{207 \text{ mm}}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$19.18 \text{ kN} \leq 603.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{19.18 \text{ kN}}$$

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{603.08 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a compresión

$$A : \underline{2303 \text{ mm}^2}$$

f'_y : Tensión de límite elástico reducida.

$$f'_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

ρ : Factor de reducción

$$\rho : \underline{0.000}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$

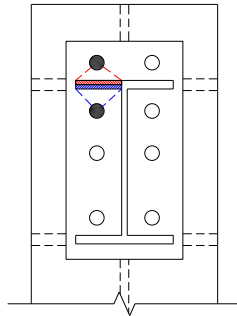
f_y : Tensión de límite elástico.

$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\gamma_{M0} : 1.05$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	1061	0.66	277.94	0.24
Inferior	1057	0.86	276.74	0.31
Σ		1.52	277.26	0.55



- Alma

Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$0.02 \leq 1$ ✓

Donde:

F_{Ed} : Valor de cálculo de la carga concentrada,

$F_{Ed} : 5.31 \text{ kN}$

$F_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas.

$F_{b,Rd} : 315.31 \text{ kN}$

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

Donde:

$L_{ef} : 150.00 \text{ mm}$

$\chi_F : 1.00$

$\bar{\lambda}_F : 0.46$

$$F_{cr} : \underline{1743.49 \text{ kN}}$$

Los valores de I_y y de k_F dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

$$k_F : \underline{6.03}$$

$$I_y : \underline{150}$$

viniendo cada coeficiente dado por las expresiones:

$$m_1 : \underline{21.25}$$

(cabe aproximar $\bar{\lambda}_F$ con la obtenida usando $m_2=0$ para aproximar I_y)

$$m_2 : \underline{0.00}$$

Donde:

s_s : Longitud de la entrega rígida de la carga.

t_w : Espesor del alma.

t_f : Espesor del ala.

f_{vw} : Tensión de límite elástico del alma.

f_{vb} : Tensión de límite elástico del ala.

E : Módulo de elasticidad.

d : distancia entre alas

$$s_s : \underline{8 \text{ mm}}$$

$$t_w : \underline{8 \text{ mm}}$$

$$t_f : \underline{13 \text{ mm}}$$

$$f_{vw} : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$f_{vb} : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$E : \underline{210000.0 \text{ N/mm}^2}$$

$$d : \underline{335 \text{ mm}}$$

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$4.29 \text{ kN} \leq 230.62 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{Ed} : \underline{4.29 \text{ kN}}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{230.62 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$A : \underline{881.00 \text{ mm}^2}$$

$$f_{vd} : \underline{261.90 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_\perp : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_\perp : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	83.48	
Soldadura del alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	83.48	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	338	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	69.65	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1400	8.0	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	76.17	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	1.8	1.6	7.7	13.7	3.56	3.6	1.10	410.0	0.85
Soldadura del alma	2.5	2.5	1.6	5.6	1.46	2.5	0.76	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.7	0.8	4.8	8.4	2.17	1.4	0.43	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	5.4	5.4	1.6	11.1	2.89	5.4	1.65	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	4.9	7.1	0.3	13.2	3.43	6.8	2.08	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.3	2.2	0.56	0.0	0.01	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n : número de planos de corte.

f_{ub} : resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$ por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$ dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

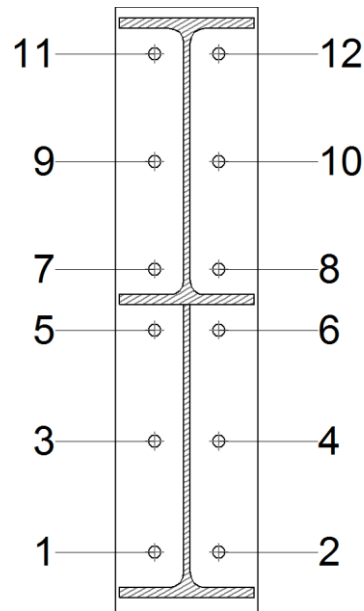
siendo

F_{v,Ed}: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

F_{t,Ed}: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

F_{v,Rd}: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.



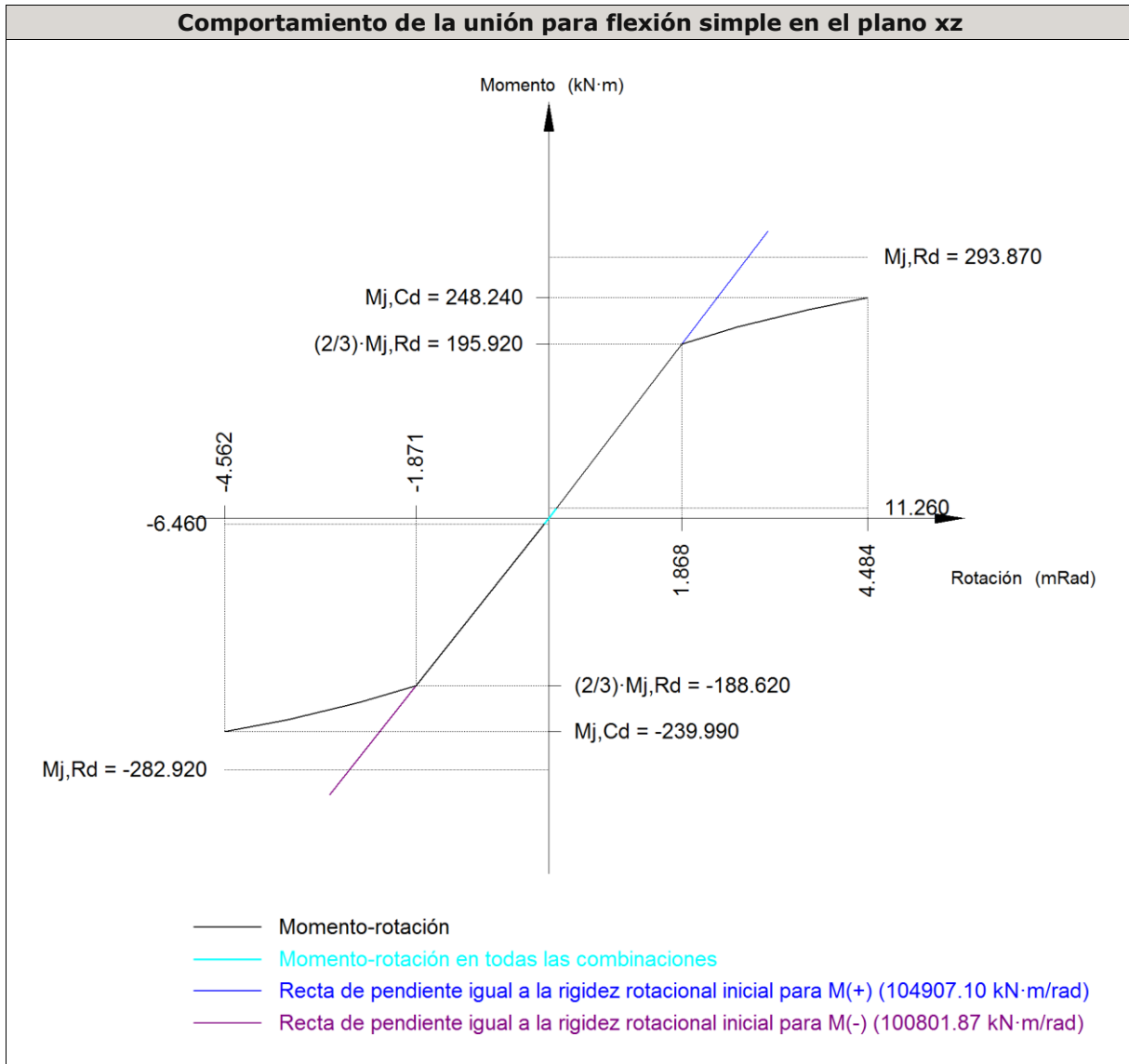
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	140	81	36.0
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	140	81	36.0
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	140	81	36.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	140	81	36.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.0
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.0
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.2
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.2
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	136	81	36.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	136	81	36.0
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	136	81	32.6
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	136	81	32.6

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.890	64.340	7.60	Vástago	2.865	90.432	3.17	7.60	7.60
	Aplastamiento	4.890	177.120	2.76	Punzonamiento	2.865	211.795	1.35		
2	Sección transversal	4.890	64.340	7.60	Vástago	2.723	90.432	3.01	7.60	7.60
	Aplastamiento	4.890	177.120	2.76	Punzonamiento	2.723	211.795	1.29		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
3	Sección transversal	2.018	64.340	3.14	Vástago	2.573	90.432	2.85	3.14	3.14
	Aplastamiento	2.018	177.105	1.14	Punzonamiento	2.573	211.795	1.21		
4	Sección transversal	2.653	64.340	4.12	Vástago	2.409	90.432	2.66	4.13	4.13
	Aplastamiento	2.653	177.109	1.50	Punzonamiento	2.409	211.795	1.14		
5	Sección transversal	2.011	64.340	3.13	Vástago	1.658	90.432	1.83	3.84	3.84
	Aplastamiento	2.011	164.607	1.22	Punzonamiento	1.658	211.795	0.78		
6	Sección transversal	1.891	64.340	2.94	Vástago	1.509	90.432	1.67	3.71	3.71
	Aplastamiento	1.891	177.120	1.07	Punzonamiento	1.509	211.795	0.71		
7	Sección transversal	2.482	64.340	3.86	Vástago	1.493	90.432	1.65	4.49	4.49
	Aplastamiento	2.482	164.056	1.51	Punzonamiento	1.493	211.795	0.71		
8	Sección transversal	2.385	64.340	3.71	Vástago	1.321	90.432	1.46	4.40	4.40
	Aplastamiento	2.385	177.120	1.35	Punzonamiento	1.321	211.795	0.62		
9	Sección transversal	3.332	64.340	5.18	Vástago	1.574	90.432	1.74	5.44	5.44
	Aplastamiento	3.332	163.591	2.04	Punzonamiento	1.574	211.795	0.74		
10	Sección transversal	3.260	64.340	5.07	Vástago	1.537	90.432	1.70	5.40	5.40
	Aplastamiento	3.260	177.120	1.84	Punzonamiento	1.537	211.795	0.73		
11	Sección transversal	4.193	64.340	6.52	Vástago	1.751	90.432	1.94	6.52	6.52
	Aplastamiento	4.193	163.378	2.57	Punzonamiento	1.751	211.795	0.83		
12	Sección transversal	4.136	64.340	6.43	Vástago	1.721	90.432	1.90	6.43	6.43
	Aplastamiento	4.136	177.120	2.34	Punzonamiento	1.721	211.795	0.81		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	16876.10	104907.10
Calculada para momentos negativos	16876.10	100801.87



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.66 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : 1.66$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1} : 299.91 \text{ kN}$

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3} : 180.86 \text{ kN}$

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$11.26 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 293.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : \underline{11.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : \underline{293.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.02 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{0.11} \text{ mRad}$$

ϕ_{Cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : \underline{4.48} \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{681} \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.66}$$

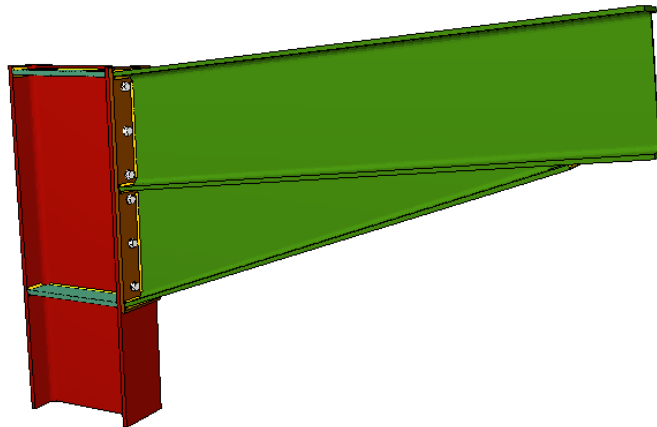


Figura 37. Detalle de la unión en CYPE 3D de Pilar-Jácena.

1.3.4. Pilar IPE 400 – IPE 330 – Tubo Arriostramiento



Material

Acero S 275

Ítem del proyecto CON1

Diseño

Nombre CON1
 Descripción
 Análisis Tensión, deformación/ Cargasimplificada

Elementos estructurales

Nombre	Sección	β – Dirección [°]	γ – Inclinación [°]	α – Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplaz ey [mm]	Desplaz ez [mm]	Fuerzas en
C	3 - IPE400	0,0	90,0	90,0	0	0	0	Nudo
B	4 - SHS80/80/3.0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Nudo
M3	5 - IPE100	180,0	0,0	0,0	0	0	0	Nudo

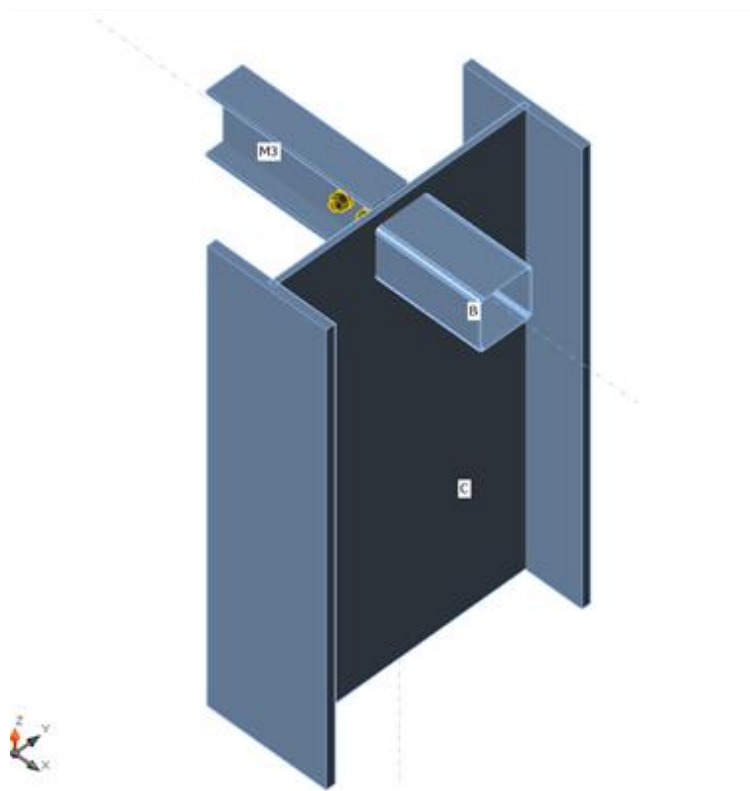


Figura 38. Detalle de la unión en IDEA StatiCa.

Secciones

Nombre	Material
3 - IPE400	S 275
4 - SHS80/80/3.0	S 275
5 - IPE100	S 275

Tornillos

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	Fu [MPa]	Área bruta [mm ²]
M 12 8.8	M 12 8.8	12	800,0	113

Cargas (No se requiere el equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3	37,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Verificación

Resumen

Nombre	Valor	Estado
Análisis	100,0%	Aceptar
Placas	0,1 < 5%	Aceptar
Tornillos	71,2 < 100%	Aceptar
Soldaduras	98,0 < 100%	Aceptar
Pandeo	No calculado	

Placas

Nombre	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	Estado
C-bfl 1	13,5	LE1	10,3	0,0	Aceptar
C-tfl 1	13,5	LE1	11,2	0,0	Aceptar
C-w 1	8,6	LE1	77,3	0,0	Aceptar
B	3,0	LE1	206,3	0,0	Aceptar
M3-bfl 1	5,7	LE1	61,3	0,0	Aceptar
M3-tfl 1	5,7	LE1	61,3	0,0	Aceptar
M3-w 1	4,1	LE1	275,1	0,1	Aceptar
FP1	8,0	LE1	217,1	0,0	Aceptar

Datos de diseño

Material	Fy [MPa]	ϵ_{lim} [1e-4]
S 275	275,0	500,0

Explicación del símbolo

ϵ_{pl}	Deformación
σ_{Ed}	Ectensión
f_y	Yieldstrength
ϵ_{lim}	Limit of plasticstrain

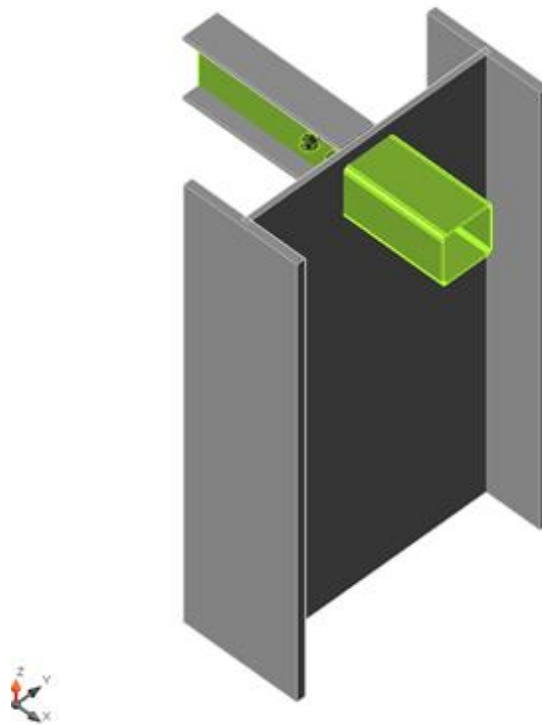


Figura 39. Verificación general, LE1

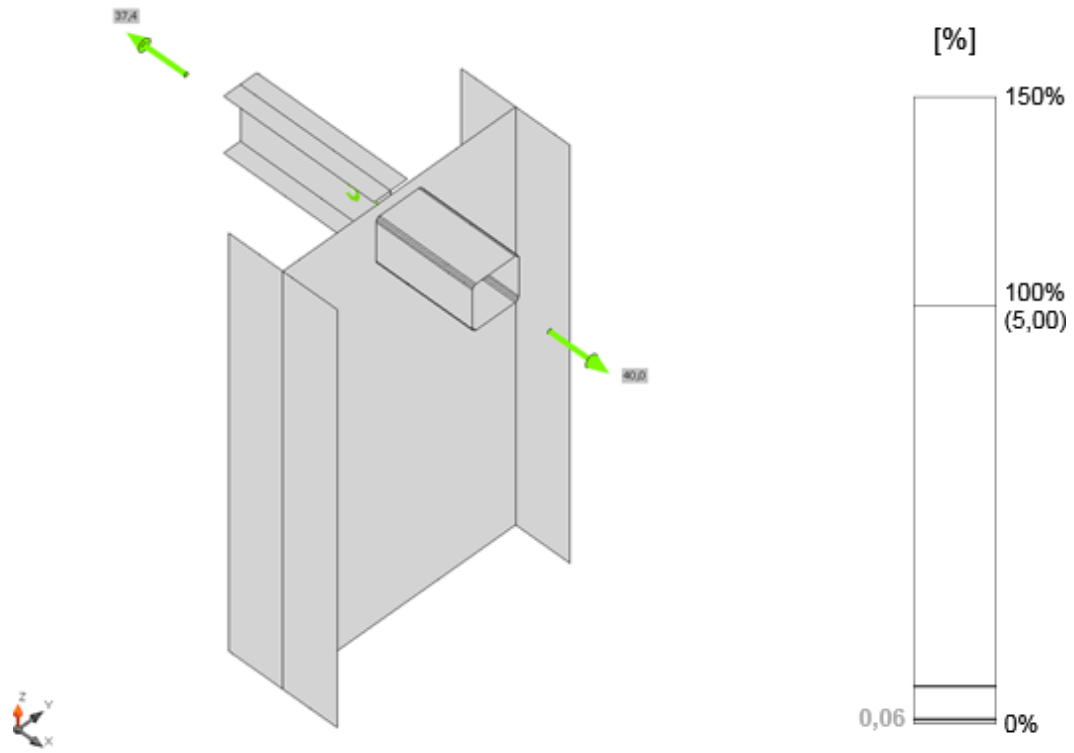


Figura 40. Verificación de deformación, LE1

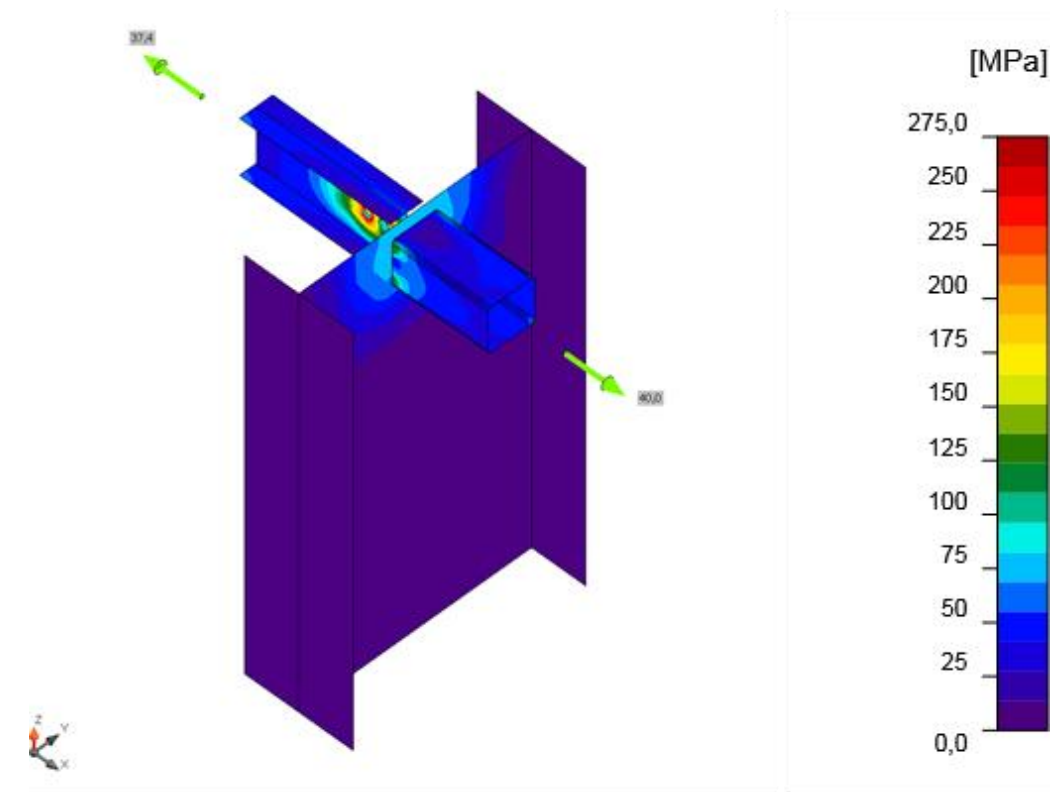
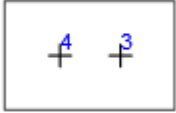


Figura 41. Tensión equivalente, LE1

Tornillos

	Nombre	Cargas	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Estado
	B3	LE1	4,7	18,7	9,7	28,7	65,2	65,0	Aceptar
	B4	LE1	3,7	18,7	7,6	26,2	71,2	63,3	Aceptar

Datos de diseño

Nombre	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{y,Rd}$ [kN]
M 12 8.8	48,4	53,2	32,3

Explicación del símbolo

$F_{t,Rd}$	Resistencia a atracción del tornillo EN1993-1-8 tabla. 3.4
$F_{t,Ed}$	Fuerza de atracción
$B_{p,Rd}$	Resistencia al cortante perforante
V	Resultante de las fuerzas cortantes V_y , V_z en el tornillo
$F_{v,Rd}$	Resistencia al cortante de los tornillos EN_1993-1-8 tabla 3.4
$F_{b,Rd}$	Resistencia a la plastificación de la placa, según EN1993-1-8 tab. 3.4
U_{t_t}	Utilización a atracción
U_{t_s}	Utilización al cortante
$U_{t_{ts}}$	Utilización a tensión y cortante EN 1993-1-8 tabla 3.4

Soldaduras (Redistribución plástica)

Ítem	Borde	Espesor de g. [mm]	Longitud [mm]	Cargas	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	$\tau_{ }$ [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	U_t [%]	U_{t_c} [%]	Estado
C-w 1	FP1	▲5,0▲	70	LE1	116,3	0,0	52,0	26,2	54,0	28,7	18,0	Aceptar
		▲5,0▲	70	LE1	137,0	0,0	65,5	-28,2	-63,5	33,8	22,2	Aceptar
C-w 1	B	▲2,0	65	LE1	379,9	0,0	-169,5	-2,0	-196,3	93,9	48,7	Aceptar
C-w 1	B	▲2,0	65	LE1	396,8	0,1	-227,3	2,1	187,7	98,0	60,6	Aceptar

Datos de diseño

	β_w	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S275	0,85	404,7	309,6

Explicación del símbolo

ϵ_{pl}	Deformación
$\sigma_{w,Ed}$	Tensión equivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Resistencia a tensión equivalente
σ_{\perp}	Tensión perpendicular
$T_{ }$	Tensión cortante paralela al eje de la soldadura
T_{\perp}	Tensión normal perpendicular al eje de la soldadura
0.9σ	Resistencia a tensión perpendicular $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Factor de correlación EN 1993-1-8 tabla.4.1
U_t	Utilización
U_{tc}	Utilización de la capacidad de la soldadura

Pandeo

El análisis de pandeo no se ha calculado.

Configuración de la norma

Ítem	Valor	Unidad	Referencia
YM0	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
YM1	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
YM2	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
YM3	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
YC	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
YInst	1,20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Coeficiente de unión β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Área efectiva - influencia del tamaño de la malla	0,10	-	
Coeficiente de fricción - hormigón	0,25	-	EN 1993-1-8
Coeficiente de fricción en la resistencia a deslizamiento	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Deformación plástica límite	0,05	-	EN 1993-1-5
Evaluación de la tensión de la soldadura	Redistribución plástica		
Detallado	No		
Distancia entre tornillos [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distancia entre tornillos y el borde [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3

Ítem	Valor	Unidad	Referencia
Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón	Sí		ETAG 001-C
Utilizar α_b calculada en la verificación por aplastamiento.	Sí		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Sí		

1.3.5. Pilar IPE 400 – Jácena IPE 360 – Viga perimetral IPE 100

1) Pilar IPE 400
Panel

Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

$$43.37 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

d_{wc} : Canto del alma

$$d_{wc} : \frac{373}{\text{mm}}$$

t_{wc} : Espesor del alma.

$$t_{wc} : \frac{8.6}{\text{mm}}$$

$$\varepsilon : \frac{0.92}{\text{mm}}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \frac{275.00}{\text{N/mm}^2}$$

Resistencia a cortante del alma del pilar (CTE DB SE-A 8.8.6)

Debe cumplirse:

$$597.60 \text{ kN} \leq 858.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$V_{wp,Ed}$: Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{wp,Ed} : \frac{597.60}{\text{kN}}$$

$V_{wp,Rd}$: Resistencia plástica de cálculo a cortante del alma

$$V_{wp,Rd} : \frac{858.58}{\text{kN}}$$

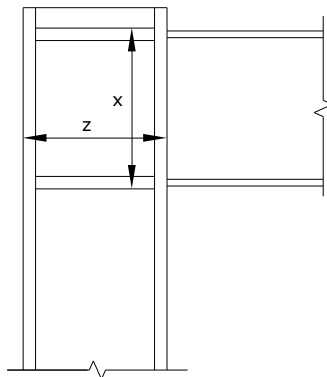
Donde:

A_{vc} : Área sometida a cortante

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\text{N/mm}^2}$$

Dirección	A_{vc} (mm ²)	$V_{wp,Ed}$ (kN)	$V_{wp,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
z	3440	320.98	468.15	68.56
x	6309	597.60	858.58	69.60



- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$139.10 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal $\sigma : \underline{139.10 \text{ N/mm}^2}$

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección $F_{\perp} : \underline{124.63 \text{ kN}}$

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales $L_{\perp} : \underline{64 \text{ mm}}$

τ : Tensión tangencial $\tau : \underline{-0.02 \text{ N/mm}^2}$

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección $F_{\parallel} : \underline{-0.02 \text{ kN}}$

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales $L_{\parallel} : \underline{64 \text{ mm}}$

t : Espesor $t : \underline{14.0 \text{ mm}}$

f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$163.19 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2$ ✓

Donde:

σ : Tensión normal $\sigma : \underline{-163.19 \text{ N/mm}^2}$

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección $F_{\perp} : \underline{-146.22 \text{ kN}}$

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales $L_{\perp} : \underline{64 \text{ mm}}$

τ : Tensión tangencial $\tau : \underline{-0.01 \text{ N/mm}^2}$

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección $F_{\parallel} : \underline{-0.01 \text{ kN}}$

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales $L_{\parallel} : \underline{64 \text{ mm}}$

t : Espesor $t : \underline{14.0 \text{ mm}}$

f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$139.09 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2$ ✓

Donde:

σ : Tensión normal $\sigma : \underline{139.09 \text{ N/mm}^2}$

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección $F_{\perp} : \underline{124.62}$ kN
 L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales $L_{\perp} : \underline{64}$ mm
 τ : Tensión tangencial $\tau : \underline{0.01}$ N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección $F_{\parallel} : \underline{0.01}$ kN
 L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales $L_{\parallel} : \underline{64}$ mm
 t : Espesor $t : \underline{14.0}$ mm
 f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : \underline{275.00}$ N/mm²
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$163.20 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal $\sigma : \underline{-163.20}$ N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección $F_{\perp} : \underline{-146.23}$ kN
 L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales $L_{\perp} : \underline{64}$ mm
 τ : Tensión tangencial $\tau : \underline{0.01}$ N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección $F_{\parallel} : \underline{0.01}$ kN
 L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales $L_{\parallel} : \underline{64}$ mm
 t : Espesor $t : \underline{14.0}$ mm
 f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : \underline{275.00}$ N/mm²
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

- Comprobaciones por unión con elemento

- Ala

Cortante en el ala por los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$211.99 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal $\sigma : \underline{211.99}$ N/mm²
 τ : Tensión tangencial $\tau : \underline{0.01}$ N/mm²
 f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : \underline{275.00}$ N/mm²
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (a) IPE 360'
- Ala

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$137.20 \text{ kN} \leq 180.86 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante $F_{T,Ed} : 137.20 \text{ kN}$
 $F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente $F_{T,Rd} : 180.86 \text{ kN}$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 187.79 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : 299.91 \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 1.

$$F_{T,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : 1.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : 1.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos	$\Sigma F_{t,Rd} : 180.86 \text{ kN}$
t_f : Espesor de la chapa	$t_f : 13.5 \text{ mm}$
m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela	$m : 19 \text{ mm}$
n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$	$n : 24 \text{ mm}$
$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*	$\Sigma l_{eff,1} : 121 \text{ mm}$
$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*	$\Sigma l_{eff,2} : 158 \text{ mm}$
f_y : Tensión de límite elástico.	$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	$\gamma_{M0} : 1.05$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90 \text{ N/mm}^2}$$

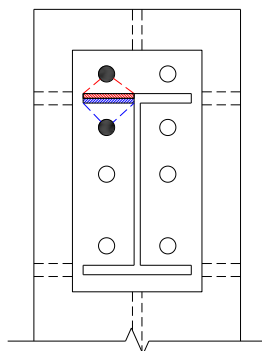
f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	1155	22.86	302.49	7.56
Inferior	1155	20.11	302.49	6.65
Σ		42.97	302.49	14.20



- Alma

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$118.82 \text{ kN} \leq 149.81 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$$N_{Ed} : \underline{118.82 \text{ kN}}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : \underline{149.81 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : \underline{572.00 \text{ mm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (c) IPE 100'
- Alma

Punzonamiento (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en Tabla 7.13 EN 1993-1-8: 2005)

Debe cumplirse:

$$24.29 \text{ kN} \leq 264.03 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Esfuerzo de cálculo N_{Ed} : 24.29 kN

N_{Rd} : Resistencia de cálculo a punzonamiento. Resistencia plástica a cortante en el perímetro de la chapa lateral, $V_{pl,Rd}$ N_{Rd} : 264.03 kN

Esfuerzo cortante

Donde:

A_v : Área sometida a cortante A_v : 1342 mm²

t : Espesor del elemento en la superficie de unión t : 8.6 mm

t_p : Espesor del elemento de unión t_p : 8.0 mm

h_p : Altura del elemento de unión h_p : 70 mm

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión. f_u : 410.00 N/mm²

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión. γ_{M2} : 1.25

Resistencia a flexión del alma (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en Tabla 7.13 EN 1993-1-8: 2005)

Debe cumplirse:

$$0.11 \text{ kN} \leq 49.76 \text{ kN} \quad \checkmark$$

N_{Ed} : Esfuerzo de cálculo N_{Ed} : 0.11 kN

N_{Rd} : Resistencia de cálculo del alma a flexión N_{Rd} : 49.76 kN

Donde:

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.6 mm

k_m : Coeficiente de interacción k_m : 1.00

μ : 0.21

h_p : Altura del elemento de unión h_p : 70 mm

h_{iw} : Canto del alma entre radios de acuerdo h_{iw} : 339 mm

β : 0.02

t_p : Espesor del elemento de unión t_p : 8.0 mm

W_{pl} : Modulo plástico resistente W_{pl} : 647 mm³

l_{ch} : Longitud de la línea de charnela

l_{ch} : 35 mm

f_y : Tensión de límite elástico.

f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M5} : Coeficiente parcial de seguridad para la resistencia en las uniones entre piezas de sección tubular.

γ_{M5} : 1.00

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (b) IPE 100'
- Alma

Punzonamiento (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en Tabla 7.13 EN 1993-1-8: 2005)

Debe cumplirse:

$$24.37 \text{ kN} \leq 264.03 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Esfuerzo de cálculo

N_{Ed} : 24.37 kN

N_{Rd} : Resistencia de cálculo a punzonamiento. Resistencia plástica a cortante en el perímetro de la chapa lateral, $V_{pl,Rd}$

N_{Rd} : 264.03 kN

Esfuerzo cortante

Donde:

A_v : Área sometida a cortante

A_v : 1342 mm²

t : Espesor del elemento en la superficie de unión

t : 8.6 mm

t_p : Espesor del elemento de unión

t_p : 8.0 mm

h_p : Altura del elemento de unión

h_p : 70 mm

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

f_u : 410.00 N/mm²

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

γ_{M2} : 1.25

Resistencia a flexión del alma (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en Tabla 7.13 EN 1993-1-8: 2005)

Debe cumplirse:

$$0.11 \text{ kN} \leq 49.76 \text{ kN} \quad \checkmark$$

N_{Ed} : Esfuerzo de cálculo

N_{Ed} : 0.11 kN

N_{Rd} : Resistencia de cálculo del alma a flexión

N_{Rd} : 49.76 kN

Donde:

t_w : Espesor del alma.

t_w : 8.6 mm

k_m : Coeficiente de interacción

k_m : 1.00

μ : 0.21

h_p : Altura del elemento de unión

h_p : 70 mm

h_{iw} : Canto del alma entre radios de acuerdo

h_{iw} : 339 mm

$$\beta : \underline{0.02}$$

t_p : Espesor del elemento de unión

$$t_p : \underline{8.0} \text{ mm}$$

W_{pl} : Modulo plástico resistente

$$W_{pl} : \underline{647} \text{ mm}^3$$

l_{ch} : Longitud de la línea de charnela

$$l_{ch} : \underline{35} \text{ mm}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M5} : Coeficiente parcial de seguridad para la resistencia en las uniones entre piezas de sección tubular.

$$\gamma_{M5} : \underline{1.00}$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	331	8.6	90.00				

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	114.7	114.7	0.0	229.5	59.47	114.8	34.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.1	81.5	21.13	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	134.6	134.6	0.0	269.3	69.78	134.6	41.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	55.2	95.7	24.79	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	114.8	114.8	0.0	229.5	59.48	114.8	34.99	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.1	81.5	21.13	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	134.6	134.6	0.0	269.3	69.78	134.6	41.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	55.2	95.7	24.79	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 360

- Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$137.20 \text{ kN} \leq 142.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

F_{T,Ed}: Fuerza de tracción solicitante

F_{T,Ed}: 137.20 kN

F_{T,Rd}: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

F_{T,Rd}: 142.27 kN

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : \underline{142.27 \text{ kN}}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-ala y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{188.07 \text{ kN}}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 1.

$$F_{T,Rd} : \underline{142.27 \text{ kN}}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{1.16 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{1.16 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

$$t_f : \underline{14.0 \text{ mm}}$$

$$m : \underline{25 \text{ mm}}$$

$$n : \underline{31 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{90 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{90 \text{ mm}}$$

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$307.17 \text{ kN} \leq 569.13 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{307.17 \text{ kN}}$$

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{569.13 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a compresión

$$A : \underline{2173 \text{ mm}^2}$$

f'_y : Tensión de límite elástico reducida.

$$f'_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$
 ρ : Factor de reducción $\rho : 0.000$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

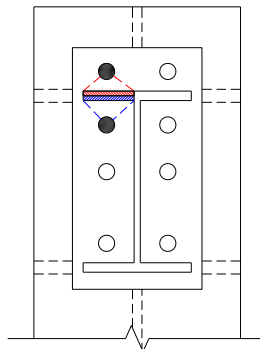
Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.
 $N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo. $f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$

f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	1151	27.74	301.54	9.20
Inferior	1122	68.60	293.91	23.34
Σ		96.34	296.07	32.54



- Alma

Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$$0.27 \leq 1 \quad \checkmark$$

Donde:

F_{Ed} : Valor de cálculo de la carga concentrada, $F_{Ed} : \underline{84.90}$ kN
 $F_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas. $F_{b,Rd} : \underline{315.31}$ kN

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

Donde:

$L_{ef} : \underline{150.00}$ mm

$\chi_F : \underline{1.00}$

$\bar{\lambda}_F : \underline{0.46}$

$F_{cr} : \underline{1743.49}$ kN

Los valores de I_y y de k_F dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

$k_F : \underline{6.03}$

$I_y : \underline{150}$

viniendo cada coeficiente dado por las expresiones:

$m_1 : \underline{21.25}$

(cabe aproximar $\bar{\lambda}_F$ con la obtenida usando $m_2=0$ para aproximar I_y)

$m_2 : \underline{0.00}$

Donde:

s_s : Longitud de la entrega rígida de la carga.

$s_s : \underline{8}$ mm

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{8}$ mm

t_f : Espesor del ala.

$t_f : \underline{13}$ mm

f_{vw} : Tensión de límite elástico del alma.

$f_{vw} : \underline{275.00}$ N/mm²

f_{yb} : Tensión de límite elástico del ala.

$f_{yb} : \underline{275.00}$ N/mm²

E : Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000.0}$ N/mm²

d : distancia entre alas

$d : \underline{335}$ mm

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$90.04 \text{ kN} \leq 230.62 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$$N_{Ed} : 90.04 \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 230.62 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : 881.00 \text{ mm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $a > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $a < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	83.48				
Soldadura del alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	83.48				
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	338	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	69.65				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1400	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	76.17				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	84.1	94.2	0.0	183.5	47.56	99.5	30.34	410.0	0.85
Soldadura del alma	85.2	85.2	13.5	172.0	44.57	85.2	25.97	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	24.0	26.9	0.0	52.4	13.58	28.2	8.61	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	93.8	93.8	13.5	189.1	49.00	93.8	28.61	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	83.5	120.1	0.0	224.1	58.08	114.0	34.76	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	7.4	12.8	3.32	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Sollicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

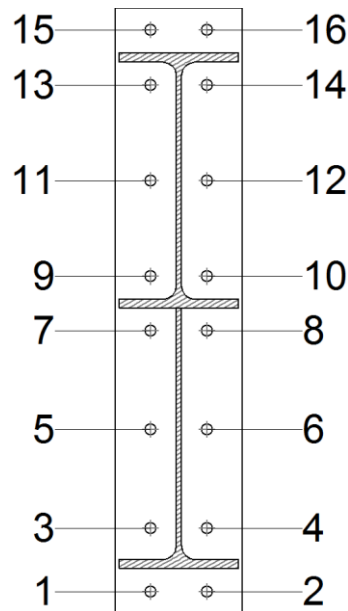
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.



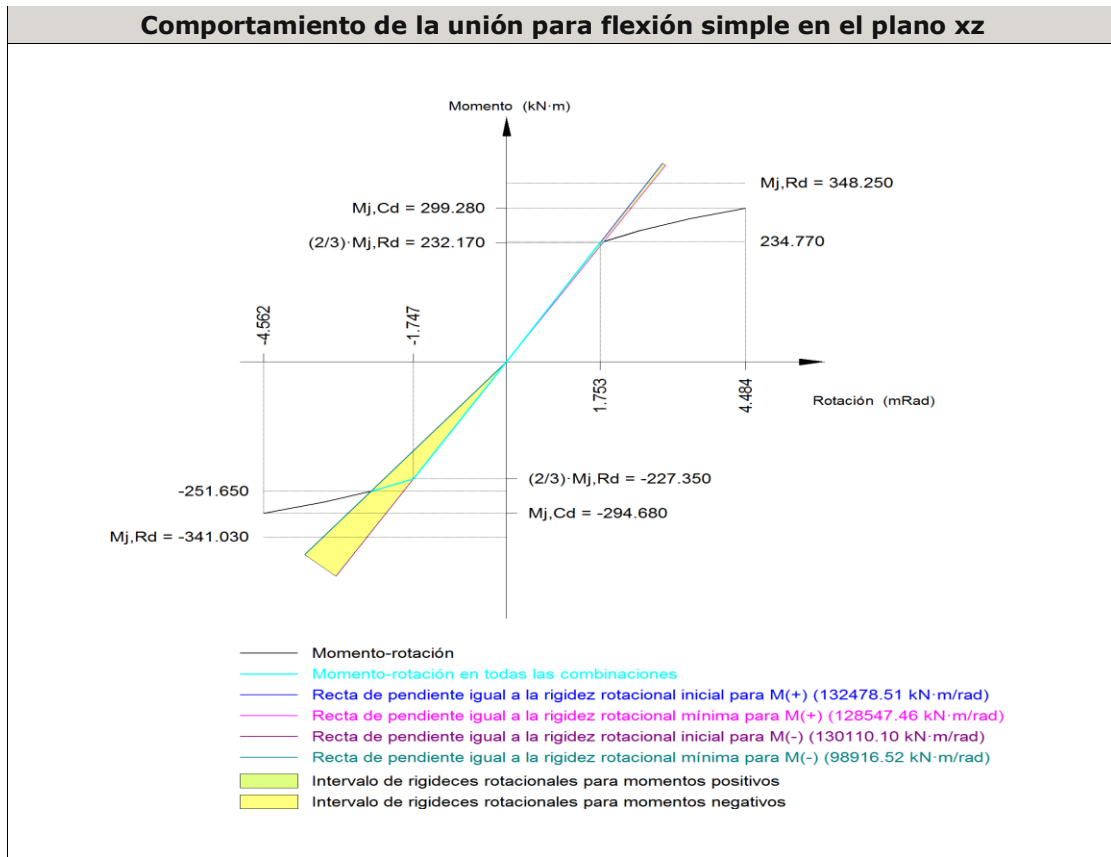
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	31	50	90	81	31.2
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	31	50	90	81	31.2
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	90	81	36.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	90	81	36.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	140	81	36.0
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	140	81	36.0
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.2
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	77	81	32.2
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	136	81	36.0
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	136	81	36.0
13	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	78	81	32.6
14	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	50	78	81	32.6
15	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	31	50	78	81	31.2
16	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	31	50	78	81	31.2

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	15.876	64.340	24.67	Vástago	87.205	90.432	96.43	68.88	96.43
	Aplastamiento	15.876	177.120	8.96	Punzonamiento	87.205	211.795	41.17		
2	Sección transversal	15.876	64.340	24.67	Vástago	87.205	90.432	96.43	68.88	96.43
	Aplastamiento	15.876	177.120	8.96	Punzonamiento	87.205	211.795	41.17		
3	Sección transversal	15.876	64.340	24.67	Vástago	61.422	90.432	67.92	48.51	67.92
	Aplastamiento	15.876	177.120	8.96	Punzonamiento	61.422	211.795	29.00		
4	Sección transversal	15.876	64.340	24.67	Vástago	61.422	90.432	67.92	48.51	67.92
	Aplastamiento	15.876	177.120	8.96	Punzonamiento	61.422	211.795	29.00		
5	Sección transversal	1.398	64.340	2.17	Vástago	53.956	90.432	59.66	42.62	59.66
	Aplastamiento	1.398	177.120	0.79	Punzonamiento	53.956	211.795	25.48		
6	Sección transversal	1.398	64.340	2.17	Vástago	53.956	90.432	59.66	42.62	59.66
	Aplastamiento	1.398	177.120	0.79	Punzonamiento	53.956	211.795	25.48		
7	Sección transversal	0.743	64.340	1.15	Vástago	33.341	90.432	36.87	26.33	36.87
	Aplastamiento	0.743	177.120	0.42	Punzonamiento	33.341	211.795	15.74		
8	Sección transversal	0.743	64.340	1.15	Vástago	33.341	90.432	36.87	26.33	36.87
	Aplastamiento	0.743	177.120	0.42	Punzonamiento	33.341	211.795	15.74		
9	Sección transversal	0.743	64.340	1.15	Vástago	28.764	90.432	31.81	22.72	31.81
	Aplastamiento	0.743	177.120	0.42	Punzonamiento	28.764	211.795	13.58		
10	Sección transversal	0.743	64.340	1.15	Vástago	28.764	90.432	31.81	22.72	31.81
	Aplastamiento	0.743	177.120	0.42	Punzonamiento	28.764	211.795	13.58		
11	Sección transversal	0.747	64.340	1.16	Vástago	42.070	90.432	46.52	33.23	46.52
	Aplastamiento	0.747	177.120	0.42	Punzonamiento	42.070	211.795	19.86		
12	Sección transversal	0.747	64.340	1.16	Vástago	42.070	90.432	46.52	33.23	46.52
	Aplastamiento	0.747	177.120	0.42	Punzonamiento	42.070	211.795	19.86		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
13	Sección transversal	17.216	64.340	26.76	Vástago	45.621	90.432	50.45	36.03	50.45
	Aplastamiento	17.216	177.120	9.72	Punzonamiento	45.621	211.795	21.54		
14	Sección transversal	17.216	64.340	26.76	Vástago	45.621	90.432	50.45	36.03	50.45
	Aplastamiento	17.216	177.120	9.72	Punzonamiento	45.621	211.795	21.54		
15	Sección transversal	17.216	64.340	26.76	Vástago	66.732	90.432	73.79	52.71	73.79
	Aplastamiento	17.216	177.120	9.72	Punzonamiento	66.732	211.795	31.51		
16	Sección transversal	17.216	64.340	26.76	Vástago	66.732	90.432	73.79	52.71	73.79
	Aplastamiento	17.216	177.120	9.72	Punzonamiento	66.732	211.795	31.51		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	10784.65	132478.51
Calculada para momentos negativos	10784.65	130110.10



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.66 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : \underline{1.66}$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$$F_{T,Rd1} : \underline{299.91} \text{ kN}$$

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$$F_{T,Rd3} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$251.65 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 341.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : \underline{251.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : \underline{341.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.56 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{2.54} \text{ mRad}$$

ϕ_{cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{cd} : \underline{4.56} \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{669} \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.66}$$

3) Viga (c) IPE 100

– Chapa lateral

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

El esfuerzo cortante de cálculo V_{Ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante, $V_{c,Rd}$, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$0.10 \text{ kN} \leq 43.40 \text{ kN} \quad \checkmark$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Resistencia plástica de las secciones a cortante $V_{pl,Rd}$

$$V_{c,Rd} : \underline{43.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área sometida a cortante
 f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$A_v : \frac{287}{\text{mm}^2}$$
$$f_{vd} : \frac{261.90}{\text{N/mm}^2}$$

Resistencia de las secciones a flexión (CTE DB SE-A, 6.2.6)

Debe cumplirse:

$$0.01 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 1.32 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Valor de cálculo del momento flector.

$$M_{Ed} : \frac{0.01}{\text{kN}\cdot\text{m}}$$

$M_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a flexión.

$$M_{c,Rd} : \frac{1.32}{\text{kN}\cdot\text{m}}$$

La resistencia de las secciones a flexión, $M_{c,Rd}$, será:

siendo

W_{pl} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión.

$$W_{pl} : \frac{5022.5}{\text{mm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\text{N/mm}^2}$$

Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A, 6.2.8)

Flexión y cortante:

La sección se comprobará a cortante según el apartado 6.2.4. Adicionalmente, si el cortante de cálculo es mayor que la mitad de la resistencia de la sección a cortante, se comprobará el momento flector de cálculo frente al resistente obtenido según:

siendo

En ningún caso podrá ser $M_{v,Rd} > M_{0,Rd}$

$$0.10 \text{ kN} \leq 21.70 \text{ kN}$$

No es necesario reducir el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Tensión de Von Mises en la chapa lateral (CTE DB SE-A, 6.1)

Para la comprobación del agotamiento de la chapa lateral se debe cumplir la siguiente expresión, donde σ , τ_{yz} y τ_{xz} son las tensiones del punto más desfavorable de la sección inicial:

$$45.64 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal

$$\sigma : \frac{45.63}{\text{N/mm}^2}$$

τ_{yz} : Tensión tangencial yz

$$\tau_{yz} : \frac{0.00}{\text{N/mm}^2}$$

τ_{xz} : Tensión tangencial xz

$$\tau_{xz} : \frac{-0.48}{\text{N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \frac{275.00}{\text{N/mm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \frac{1.05}{\text{---}}$$

Resistencia a pandeo local (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.3.2)

Debe cumplirse:

$$39.58 \text{ N/mm}^2 \leq 241.30 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$\sigma_{c,Ed}$: Valor de cálculo de la tensión normal de compresión.

$$\sigma_{c,Ed} : \underline{39.58} \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{b,Rd}$: Tensión resistente de cálculo a pandeo del elemento comprimido.

$$\sigma_{b,Rd} : \underline{241.30} \text{ N/mm}^2$$

La resistencia de cálculo a pandeo de un elemento sometido a compresión se determinará del siguiente modo:

Donde:

χ : coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado

$$\chi : \underline{0.92}$$

f_{yd} : resistencia de cálculo del acero, tomando $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$ con $\gamma_{M1} = 1.05$

$$f_{yd} : \underline{2.57} \text{ N/mm}^2$$

6.3.2.1 Barras de sección constante y axil constante

siendo

$$\varphi : \underline{0.60}$$

α : Coeficiente de imperfección

$$\alpha : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.35}$$

Donde:

β : Coeficiente de pandeo

$$\beta : \underline{2.00}$$

L: Longitud hasta la primera columna de tornillos

$$L : \underline{36} \text{ mm}$$

t: Espesor de la chapa

$$t : \underline{8.0} \text{ mm}$$

E: Módulo de elasticidad

$$E : \underline{210000.00} \text{ N/mm}^2$$

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, $F_{v,Ed}$ no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$.

$$0.21 \leq 1 \quad \checkmark$$

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

f_u : resistencia a tracción del material de la pieza

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

t: Espesor de la chapa

$$t : \underline{8.0} \text{ mm}$$

d: Diámetro del tornillo.

$$d : \underline{12} \text{ mm}$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

f_{ub} : Tensión última a tracción del tornillo.

$$f_{ub} : \underline{800.00} \text{ N/mm}^2$$

d₀: Diámetro del agujero.

$$d_0 : \underline{13} \text{ mm}$$

Dirección	α	e_1 (mm)	p_1 (mm)	$F_{v,Ed}$ (kN)	$F_{b,Rd,i}$ (kN)
y	0.75	74.5	39.0	12.15	59.04
z	0.90	35.0	--	-0.51	70.65

α : coeficiente igual al menor de los valores:

e_1 : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p_1 : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$24.29 \text{ kN} \leq 68.95 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : \underline{24.29 \text{ kN}}$$

$N_{ef,Rd}$: es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : \underline{68.95 \text{ kN}}$$

siendo

A_n : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : \underline{456.00 \text{ mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

f_u : Tensión de rotura.

$$f_u : \underline{410.00 \text{ N/mm}^2}$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

-Alma

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, $F_{v,Ed}$ no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$.

$$0.46 \leq 1 \quad \checkmark$$

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

f_u : resistencia a tracción del material de la pieza

$$f_u : \underline{410.00 \text{ N/mm}^2}$$

t : Espesor de la chapa

$$t : \underline{4.1 \text{ mm}}$$

d : Diámetro del tornillo.

$$d : \underline{12 \text{ mm}}$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

f_{ub} : Tensión última a tracción del tornillo.

$$f_{ub} : \underline{800.00 \text{ N/mm}^2}$$

d_0 : Diámetro del agujero.

$$d_0 : \underline{13 \text{ mm}}$$

Dirección	α	e_1 (mm)	p_1 (mm)	$F_{v,Ed}$ (kN)	$F_{b,Rd,i}$ (kN)
y	0.65	25.5	--	12.15	26.38
z	1.00	65.6	--	-0.51	40.34

α : coeficiente igual al menor de los valores:

e_1 : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.
 p_1 : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$24.29 \text{ kN} \leq 64.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : 24.29 \text{ kN}$$

$N_{ef,Rd}$: es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : 64.52 \text{ kN}$$

siendo

A_n : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : 427.00 \text{ mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

f_u : Tensión de rotura.

$$f_u : 410.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : 1.25$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a pandeo local (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.3.2)

La comprobación no procede.

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $a > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $a < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.

- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	24.5	24.5	0.4	49.1	12.72	24.5	7.48	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.

- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.

- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.

- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

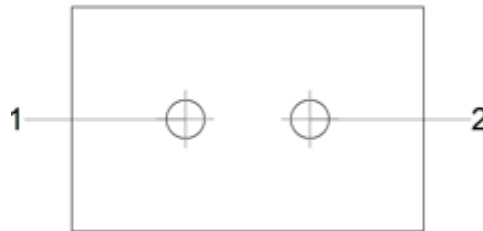
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	26	--	39	35.0
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	36	--	39	35.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	12.157	26.976	45.07	Vástago	0.000	48.557	0.00	45.07	45.07
	Aplastamiento	12.157	59.056	20.59	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		
2	Sección transversal	12.149	26.976	45.04	Vástago	0.000	48.557	0.00	45.04	45.04
	Aplastamiento	10.709	59.042	18.14	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

4) Viga (b) IPE 100

– Chapa lateral

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

El esfuerzo cortante de cálculo V_{Ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante, $V_{C,Rd}$, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$0.10 \text{ kN} \leq 43.40 \text{ kN} \quad \checkmark$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Resistencia plástica de las secciones a cortante $V_{pl,Rd}$

$$V_{c,Rd} : \underline{43.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área sometida a cortante

$$A_v : \underline{287} \text{ mm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

Resistencia de las secciones a flexión (CTE DB SE-A, 6.2.6)

Debe cumplirse:

$$0.01 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 1.32 \text{ kN}\cdot\text{m} \checkmark$$

M_{Ed} : Valor de cálculo del momento flector.

$$M_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a flexión.

$$M_{c,Rd} : \underline{1.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de las secciones a flexión, $M_{c,Rd}$, será:

siendo

W_{pl} : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión.

$$W_{pl} : \underline{5022.5} \text{ mm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A, 6.2.8)

Flexión y cortante:

La sección se comprobará a cortante según el apartado 6.2.4. Adicionalmente, si el cortante de cálculo es mayor que la mitad de la resistencia de la sección a cortante, se comprobará el momento flector de cálculo frente al resistente obtenido según:

siendo

En ningún caso podrá ser $M_{v,Rd} > M_{0,Rd}$

$$0.10 \text{ kN} \leq 21.70 \text{ kN}$$

No es necesario reducir el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Tensión de Von Mises en la chapa lateral (CTE DB SE-A, 6.1)

Para la comprobación del agotamiento de la chapa lateral se debe cumplir la siguiente expresión, donde σ , τ_{yz} y τ_{xz} son las tensiones del punto más desfavorable de la sección inicial:

$$45.77 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal

$$\sigma : \underline{45.76} \text{ N/mm}^2$$

τ_{yz} : Tensión tangencial yz

$$\tau_{yz} : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

τ_{xz} : Tensión tangencial xz

$$\tau_{xz} : \underline{-0.48} \text{ N/mm}^2$$

f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo local (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.3.2)

Debe cumplirse:

$$39.41 \text{ N/mm}^2 \leq 241.30 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$\sigma_{c,Ed}$: Valor de cálculo de la tensión normal de compresión.

$$\sigma_{c,Ed} : \underline{39.41} \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{b,Rd}$: Tensión resistente de cálculo a pandeo del elemento comprimido.

$$\sigma_{b,Rd} : \underline{241.30} \text{ N/mm}^2$$

La resistencia de cálculo a pandeo de un elemento sometido a compresión se determinará del siguiente modo:

Donde:

χ : coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado

$$\chi : \underline{0.92}$$

f_{yd} : resistencia de cálculo del acero, tomando $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$ con $\gamma_{M1} = 1.05$

$$f_{yd} : \underline{2.57} \text{ N/mm}^2$$

6.3.2.1 Barras de sección constante y axil constante

siendo

$$\varphi : \underline{0.60}$$

α : Coeficiente de imperfección

$$\alpha : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.35}$$

Donde:

β : Coeficiente de pandeo

$$\beta : \underline{2.00}$$

L : Longitud hasta la primera columna de tornillos

$$L : \underline{36} \text{ mm}$$

t : Espesor de la chapa

$$t : \underline{8.0} \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad

$$E : \underline{210000.00} \text{ N/mm}^2$$

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, $F_{v,Ed}$ no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$.

$$0.21 \leq 1 \quad \checkmark$$

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

f_u : resistencia a tracción del material de la pieza

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

t : Espesor de la chapa

$$t : \underline{8.0} \text{ mm}$$

d : Diámetro del tornillo.

$$d : \underline{12} \text{ mm}$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

f_{ub} : Tensión última a tracción del tornillo.

$$f_{ub} : \underline{800.00} \text{ N/mm}^2$$

d_0 : Diámetro del agujero.

$$d_0 : \underline{13} \text{ mm}$$

Dirección	α	e_1 (mm)	p_1 (mm)	$F_{v,Ed}$ (kN)	$F_{b,Rd,i}$ (kN)
y	0.75	74.5	39.0	12.18	59.04
z	0.90	35.0	--	-0.51	70.65

α : coeficiente igual al menor de los valores:

e_1 : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.
 p_1 : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$24.37 \text{ kN} \leq 68.95 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : \underline{24.37} \text{ kN}$$

$N_{ef,Rd}$: es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : \underline{68.95} \text{ kN}$$

siendo

A_n : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : \underline{456.00} \text{ mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

f_u : Tensión de rotura.

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Alma

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, $F_{v,Ed}$ no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$.

$$0.46 \leq 1 \checkmark$$

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

f_u : resistencia a tracción del material de la pieza

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

t : Espesor de la chapa

$$t : \underline{4.1} \text{ mm}$$

d : Diámetro del tornillo.

$$d : \underline{12} \text{ mm}$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

f_{ub} : Tensión última a tracción del tornillo.

$$f_{ub} : \underline{800.00} \text{ N/mm}^2$$

d_0 : Diámetro del agujero.

$$d_0 : \underline{13} \text{ mm}$$

Dirección	α	e_1 (mm)	p_1 (mm)	$F_{v,Ed}$ (kN)	$F_{b,Rd,i}$ (kN)
y	0.65	25.5	--	12.18	26.38
z	1.00	65.6	--	-0.51	40.34

α : coeficiente igual al menor de los valores:

e_1 : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.
 p_1 : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$24.37 \text{ kN} \leq 64.52 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : 24.37 \text{ kN}$$

$N_{ef,Rd}$: es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : 64.52 \text{ kN}$$

siendo

A_n : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : 427.00 \text{ mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

f_u : Tensión de rotura.

$$f_u : 410.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : 1.25$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a pandeo local (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.3.2)

La comprobación no procede.

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $a > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $a < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.

- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	24.6	24.6	0.4	49.2	12.76	24.6	7.50	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.

- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.

- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.

- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

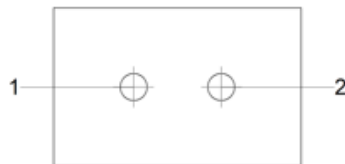
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.



Disposición										
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)			
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	26	--	39	35.0			
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	35	36	--	39	35.0			
--: La comprobación no procede.										
Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	12.194	26.976	45.20	Vástago	0.000	48.557	0.00	45.20	45.20
	Aplastamiento	12.194	59.056	20.65	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		
2	Sección transversal	12.185	26.976	45.17	Vástago	0.000	48.557	0.00	45.17	45.17
	Aplastamiento	10.663	59.042	18.06	Punzonamiento	0.000	48.201	0.00		

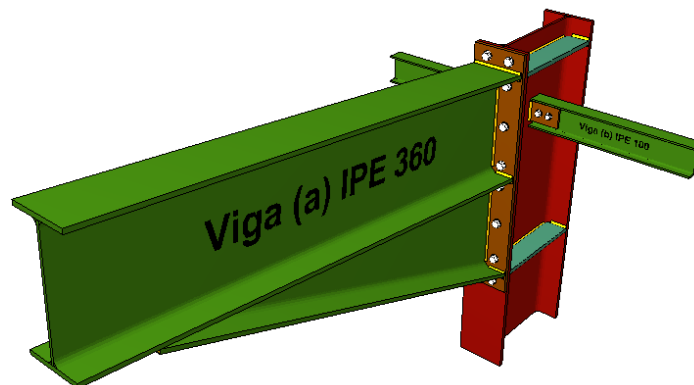


Figura 42. Detalle de la unión en CYPE 3D de Pilar-Jácena-Viga Perimetral.

1.3.6. Unión Jácena IPE 360

1) Viga (a) IPE 360

– Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$87.24 \text{ kN} \leq 180.86 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 87.24 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 197.91 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : 322.54 \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 6.

$$F_{T,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : 2.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : 3.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

$$\Sigma F_{t,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

t_f : Espesor de la chapa

$$t_f : 14.0 \text{ mm}$$

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

$$m : 28 \text{ mm}$$

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$$n : 36 \text{ mm}$$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$$\Sigma l_{eff,1} : 179 \text{ mm}$$

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

$$\Sigma l_{eff,2} : 243 \text{ mm}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$195.93 \text{ kN} \leq 569.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial. $N_{Ed} : 195.93 \text{ kN}$
 $N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión. $N_{c,Rd} : 569.13 \text{ kN}$

Donde:

A : Área sometida a compresión $A : 2173 \text{ mm}^2$
 f'_y : Tensión de límite elástico reducida. $f'_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$

f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$
 ρ : Factor de reducción $\rho : 0.000$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

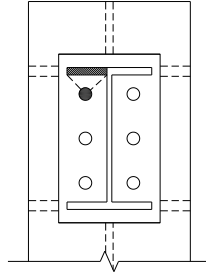
N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.
 $N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{vd} : Resistencia de cálculo. $f_{vd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$

f_y : Tensión de límite elástico. $f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1021	23.21	267.28	8.68
Σ		23.21	267.28	8.68



- Alma

Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$$0.23 \leq 1 \quad \checkmark$$

Donde:

F_{Ed} : Valor de cálculo de la carga concentrada,

$$F_{Ed} : \underline{70.95} \text{ kN}$$

$F_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas.

$$F_{b,Rd} : \underline{315.31} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

Donde:

$$L_{ef} : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$$\chi_F : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_F : \underline{0.46}$$

$$F_{cr} : \underline{1743.49} \text{ kN}$$

Los valores de I_y y de k_F dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

$$k_F : \underline{6.03}$$

$$I_y : \underline{150}$$

viniendo cada coeficiente dado por las expresiones:

$$m_1 : \underline{21.25}$$

(cabe aproximar $\bar{\lambda}_F$ con la obtenida usando $m_2=0$ para aproximar I_y) $m_2 : \underline{0.00}$

Donde:

s_s : Longitud de la entrega rígida de la carga.	$s_s : \underline{8}$ mm
t_w : Espesor del alma.	$t_w : \underline{8}$ mm
t_f : Espesor del ala.	$t_f : \underline{13}$ mm
f_{yw} : Tensión de límite elástico del alma.	$f_{yw} : \underline{275.00}$ N/mm ²
f_{yb} : Tensión de límite elástico del ala.	$f_{yb} : \underline{275.00}$ N/mm ²
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000.0}$ N/mm ²
d : distancia entre alas	$d : \underline{335}$ mm

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$67.38 \text{ kN} \leq 206.67 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.	$N_{Ed} : \underline{67.38}$ kN
$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.	$N_{t,Rd} : \underline{206.67}$ kN

Donde:

A : Área sometida a tracción	$A : \underline{789.00}$ mm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo.	$f_{yd} : \underline{261.90}$ N/mm ²
f_y : Tensión de límite elástico.	$f_y : \underline{275.00}$ N/mm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.

- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

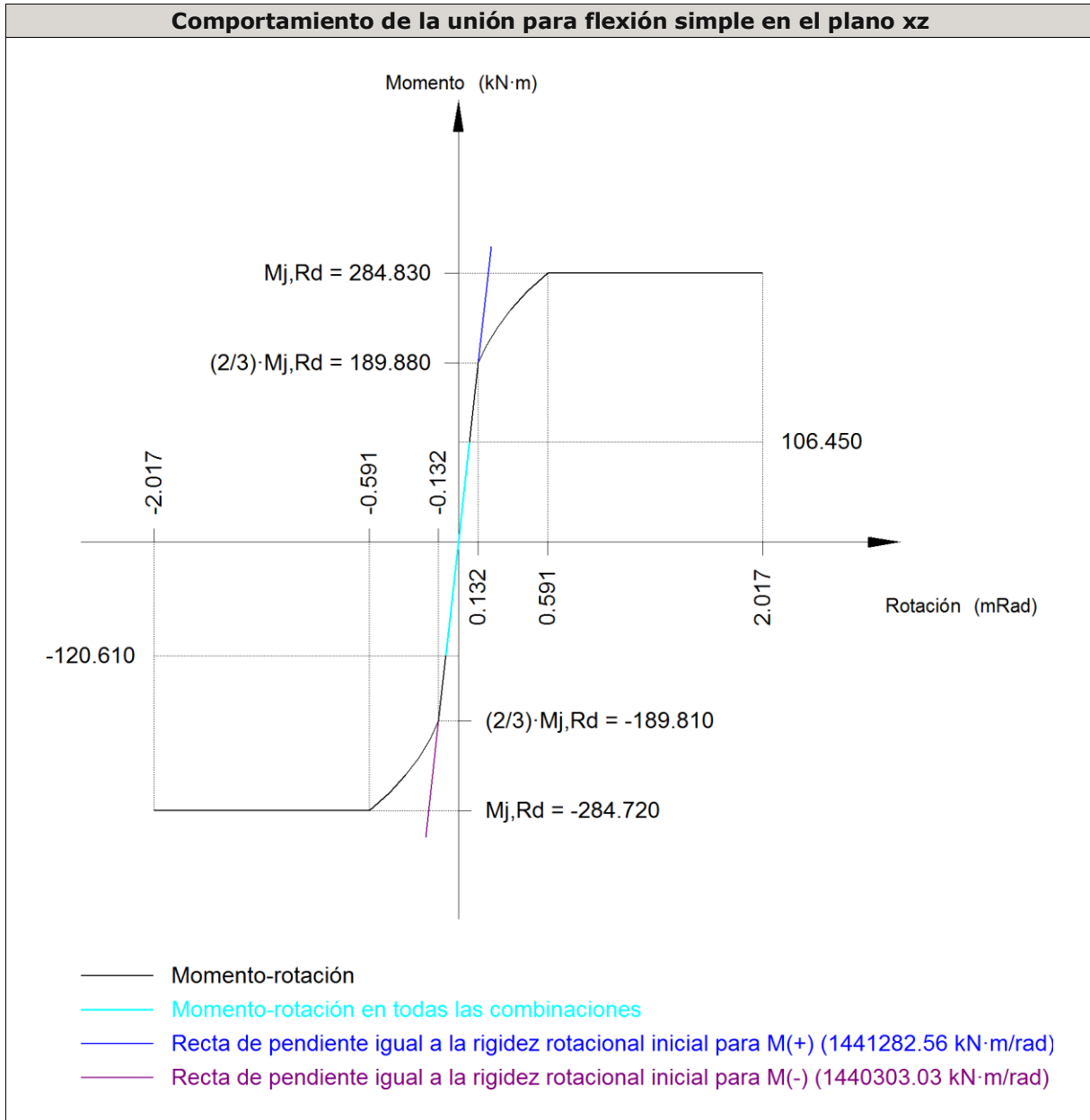
τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	83.48				
Soldadura del alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	83.48				
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	319	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	82.69				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1400	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	76.17				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	50.1	56.1	0.5	109.4	28.35	53.4	16.29	410.0	0.85
Soldadura del alma	64.9	64.9	0.4	129.8	33.63	64.9	19.78	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	25.1	28.1	0.6	54.8	14.21	25.1	7.65	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	53.7	53.7	0.3	107.4	27.83	53.7	16.37	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	42.4	48.1	0.1	93.5	24.24	45.4	13.84	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.7	2.9	0.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	109789.95	1441282.56
Calculada para momentos negativos	109789.95	1440303.03

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.78 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : 1.78$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1}$: 322.54 kN

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3}$: 180.86 kN

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento

resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$120.61 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 284.72 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : 120.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : 284.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.04 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : 0.08 \text{ mRad}$$

ϕ_{Cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : 2.02 \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : 661 \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : 1.78$$

2) Viga (b) IPE 360

- Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$87.24 \text{ kN} \leq 180.86 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 87.24 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 197.91 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : 322.54 \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 6.

$$F_{T,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{2.30 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{3.12 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

$$t_f : \underline{14.0 \text{ mm}}$$

$$m : \underline{28 \text{ mm}}$$

$$n : \underline{36 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{179 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{243 \text{ mm}}$$

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$195.93 \text{ kN} \leq 569.13 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{195.93 \text{ kN}}$$

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{569.13 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a compresión

$$A : \underline{2173 \text{ mm}^2}$$

f'_y : Tensión de límite elástico reducida.

$$f'_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

ρ : Factor de reducción

$$\rho : \underline{0.000}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

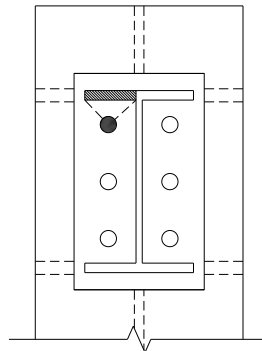
f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1021	23.21	267.28	8.68
Σ		23.21	267.28	8.68



- Alma

Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$$0.23 \leq 1 \quad \checkmark$$

Donde:

F_{Ed} : Valor de cálculo de la carga concentrada,

$$F_{Ed} : \underline{70.95} \text{ kN}$$

$F_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas.

$$F_{b,Rd} : \underline{315.31} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

Donde:

$$L_{ef} : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$$\chi_F : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_F : \underline{0.46}$$

$$F_{cr} : \underline{1743.49} \text{ kN}$$

Los valores de I_y y de k_F dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

$$k_F : \underline{6.03}$$

$$I_y : \underline{150}$$

viniendo cada coeficiente dado por las expresiones:

$$m_1 : \underline{21.25}$$

(cabe aproximar $\bar{\lambda}_F$ con la obtenida usando $m_2=0$ para aproximar I_y)

$$m_2 : \underline{0.00}$$

Donde:

s_s : Longitud de la entrega rígida de la carga.

t_w : Espesor del alma.

t_f : Espesor del ala.

f_{yw} : Tensión de límite elástico del alma.

f_{yb} : Tensión de límite elástico del ala.

E : Módulo de elasticidad.

d : distancia entre alas

$$s_s : \underline{8} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{8} \text{ mm}$$

$$t_f : \underline{13} \text{ mm}$$

$$f_{yw} : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yb} : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$E : \underline{210000.0} \text{ N/mm}^2$$

$$d : \underline{335} \text{ mm}$$

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$67.38 \text{ kN} \leq 206.67 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{Ed} : \underline{67.38} \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{206.67} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$A : \underline{789.00} \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

f_y : 275.00 N/mm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

γ_{MO} : 1.05

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_\perp : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{||}$: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_\perp : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{||}$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	83.48
Soldadura del alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	83.48

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	319	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	82.69				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1400	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	76.17				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	50.1	56.1	0.5	109.4	28.35	53.4	16.29	410.0	0.85
Soldadura del alma	64.9	64.9	0.4	129.8	33.63	64.9	19.78	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	25.1	28.1	0.6	54.8	14.21	25.1	7.65	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	53.7	53.7	0.3	107.4	27.83	53.7	16.37	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	42.4	48.2	0.1	93.6	24.24	45.4	13.84	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.8	3.0	0.79	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$ por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Sollicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

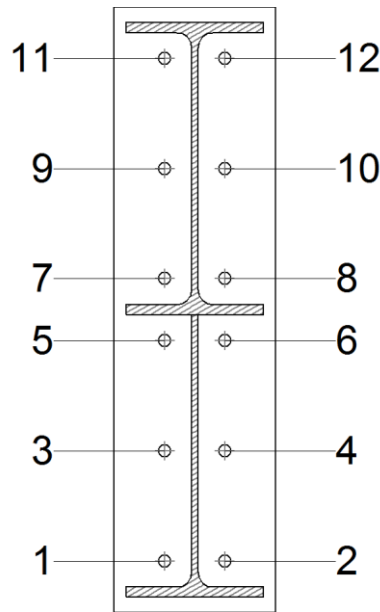
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.

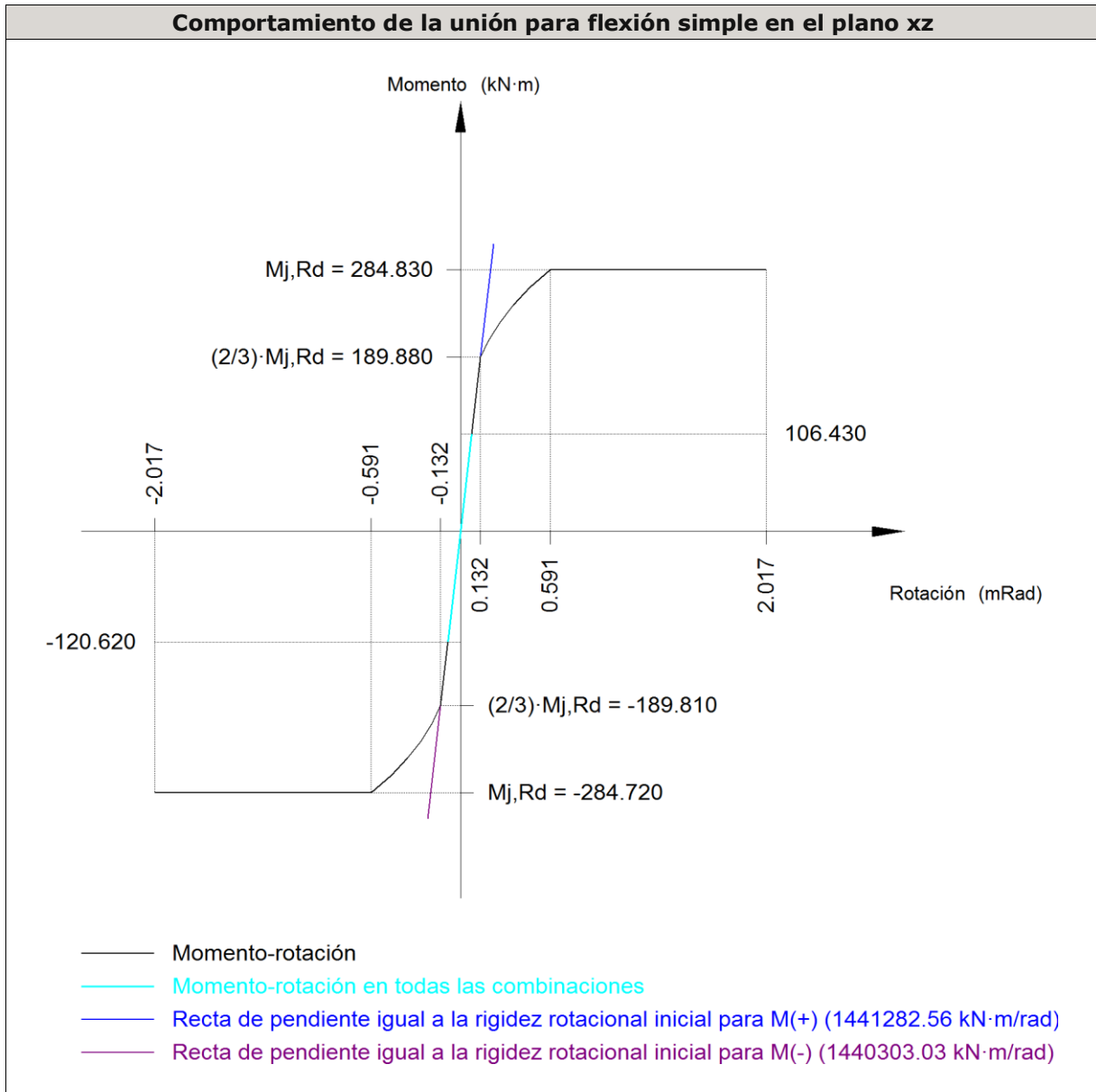


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.3
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.3
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.3
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.3
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.3
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.3

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	6.098	64.340	9.48	Vástago	36.083	90.432	39.90	28.50	39.90
	Aplastamiento	6.098	183.680	3.32	Punzonamiento	36.083	219.639	16.43		
2	Sección transversal	6.098	64.340	9.48	Vástago	36.083	90.432	39.90	28.50	39.90
	Aplastamiento	6.098	183.680	3.32	Punzonamiento	36.083	219.639	16.43		
3	Sección transversal	1.081	64.340	1.68	Vástago	32.019	90.432	35.41	25.29	35.41
	Aplastamiento	1.081	183.680	0.59	Punzonamiento	32.019	219.639	14.58		
4	Sección transversal	1.073	64.340	1.67	Vástago	32.019	90.432	35.41	25.29	35.41
	Aplastamiento	1.073	183.680	0.58	Punzonamiento	32.019	219.639	14.58		
5	Sección transversal	1.132	64.340	1.76	Vástago	19.431	90.432	21.49	15.35	21.49
	Aplastamiento	1.132	183.680	0.62	Punzonamiento	19.431	219.639	8.85		
6	Sección transversal	1.113	64.340	1.73	Vástago	19.431	90.432	21.49	15.35	21.49
	Aplastamiento	1.113	183.680	0.61	Punzonamiento	19.431	219.639	8.85		
7	Sección transversal	1.180	64.340	1.83	Vástago	24.447	90.432	27.03	19.88	27.03
	Aplastamiento	1.180	183.680	0.64	Punzonamiento	24.447	219.639	11.13		
8	Sección transversal	1.150	64.340	1.79	Vástago	24.431	90.432	27.02	19.83	27.02
	Aplastamiento	1.150	183.680	0.63	Punzonamiento	24.431	219.639	11.12		
9	Sección transversal	1.292	64.340	2.01	Vástago	39.292	90.432	43.45	31.79	43.45
	Aplastamiento	1.292	183.680	0.70	Punzonamiento	39.292	219.639	17.89		
10	Sección transversal	1.239	64.340	1.93	Vástago	39.274	90.432	43.43	31.73	43.43
	Aplastamiento	1.239	183.680	0.67	Punzonamiento	39.274	219.639	17.88		
11	Sección transversal	6.282	64.340	9.76	Vástago	43.622	90.432	48.24	35.40	48.24
	Aplastamiento	6.282	183.680	3.42	Punzonamiento	43.622	219.639	19.86		
12	Sección transversal	6.282	64.340	9.76	Vástago	43.607	90.432	48.22	35.36	48.22
	Aplastamiento	6.282	183.680	3.42	Punzonamiento	43.607	219.639	19.85		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	109789.95	1441282.56
Calculada para momentos negativos	109789.95	1440303.03



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.78 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : 1.78$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd1}$: 322.54 kN

$F_{T,Rd3}$: 180.86 kN

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$120.62 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 284.72 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : 120.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : 284.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.04 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : 0.08 \text{ mRad}$$

ϕ_{Cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : 2.02 \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : 661 \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : 1.78$$

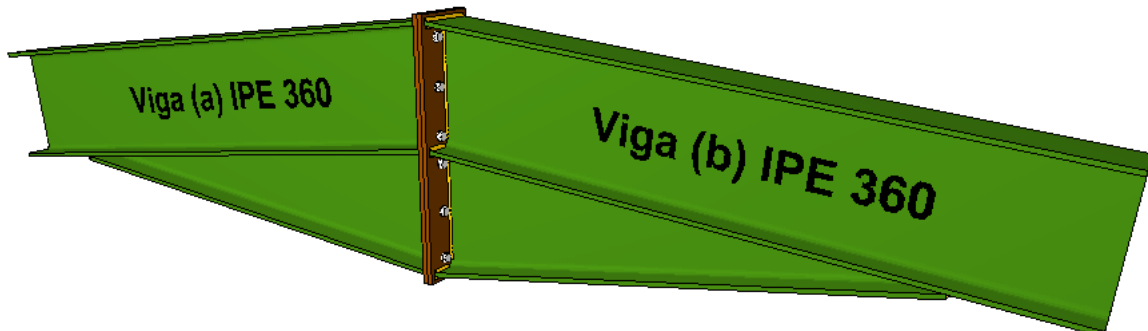


Figura 43. Detalle de la unión en CYPE 3D de Jácenas.

1.3.7. Pilar IPE 330 – Unión Jácena IPE 360

1) Pilar IPE 330

– Panel

Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

$$40.93 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

d_{wc} : Canto del alma

t_{wc} : Espesor del alma.

$$d_{wc} : \frac{307}{\text{mm}}$$

$$t_{wc} : \frac{7.5}{\text{mm}}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

Resistencia a cortante del alma del pilar (CTE DB SE-A 8.8.6)

Debe cumplirse:

$$96.46 \text{ kN} \leq 728.45 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$V_{wp,Ed}$: Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{wp,Ed} : \underline{96.46 \text{ kN}}$$

$V_{wp,Rd}$: Resistencia plástica de cálculo a cortante del alma

$$V_{wp,Rd} : \underline{728.45 \text{ kN}}$$

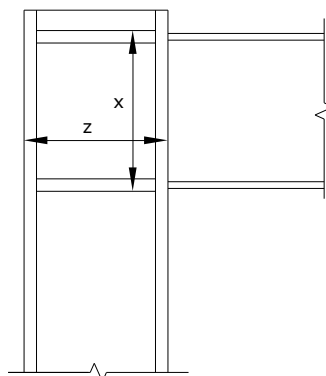
Donde:

A_{vc} : Área sometida a cortante

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90 \text{ N/mm}^2}$$

Dirección	A_{vc} (mm ²)	$V_{wp,Ed}$ (kN)	$V_{wp,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
z	2475	43.91	336.82	13.04
x	5353	96.46	728.45	13.24



- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$100.54 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 0.00 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 0.00 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 58 mm

τ : Tensión tangencial τ : 58.05 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 47.34 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 58 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$74.46 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 0.00 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 0.00 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 58 mm

τ : Tensión tangencial τ : 42.99 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 35.06 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 58 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$100.31 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 0.00 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 0.00 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 58 mm

τ : Tensión tangencial τ : -57.92 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : -47.23 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 58 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$74.68 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 0.00 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 0.00 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 58 mm

τ : Tensión tangencial τ : -43.12 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : -35.16 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 58 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

– Chapa frontal [Viga (a) IPE 360]

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

La comprobación no procede.

Resistencia de las secciones a flexión (CTE DB SE-A, 6.2.6)

La comprobación no procede.

Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A, 6.2.8)

La comprobación no procede.

Giro admisible de la chapa frontal (Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede.

– Chapa vertical [Viga (a) IPE 360]

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

El esfuerzo cortante de cálculo V_{Ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante, $V_{c,Rd}$, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$88.32 \text{ kN} \leq 199.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{Ed} : 88.32 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Resistencia plástica de las secciones a cortante $V_{pl,Rd}$

$$V_{c,Rd} : 199.60 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área sometida a cortante

$$A_v : 1320 \text{ mm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

– Chapa frontal [Viga (b) IPE 360]

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

La comprobación no procede.

Resistencia de las secciones a flexión (CTE DB SE-A, 6.2.6)

La comprobación no procede.

Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A, 6.2.8)

La comprobación no procede.

Giro admisible de la chapa frontal (Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede.

- Chapa vertical [Viga (b) IPE 360]

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

El esfuerzo cortante de cálculo V_{Ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante, $V_{c,Rd}$, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$88.30 \text{ kN} \leq 199.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{88.30} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Resistencia plástica de las secciones a cortante $V_{pl,Rd}$

$$V_{c,Rd} : \underline{199.60} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área sometida a cortante

$$A_v : \underline{1320} \text{ mm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

- Comprobaciones por unión con elemento "

- Ala

Desgarro del ala por tracción de los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$46.74 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal

$$\sigma : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

τ : Tensión tangencial

$$\tau : \underline{26.99} \text{ N/mm}^2$$

f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Cortante en el ala por los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$66.84 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal

$$\sigma : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

τ : Tensión tangencial

$$\tau : \underline{38.59} \text{ N/mm}^2$$

f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (a) IPE 360'

- Rigidizadores

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

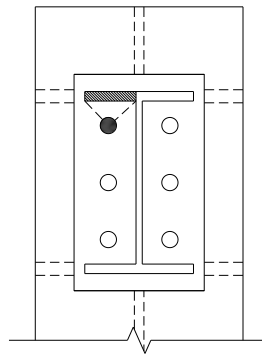
f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1102	14.78	288.60	5.12
Σ		14.78	288.60	5.12



- Chapa de apoyo

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$53.47 \text{ kN} \leq 131.35 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 53.47 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 131.35 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 131.35 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{138.89 \text{ kN}}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 3, 4, 5 y 6.

$$F_{T,Rd} : \underline{131.35 \text{ kN}}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{0.99 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{0.99 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

$$t_f : \underline{14.0 \text{ mm}}$$

$$m : \underline{28 \text{ mm}}$$

$$n : \underline{36 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{77 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{77 \text{ mm}}$$

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Chapa vertical

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$53.71 \text{ kN} \leq 161.43 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{53.71 \text{ kN}}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : \underline{161.43 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : \underline{616.00 \text{ mm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (b) IPE 360'
- Rigidizadores

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$

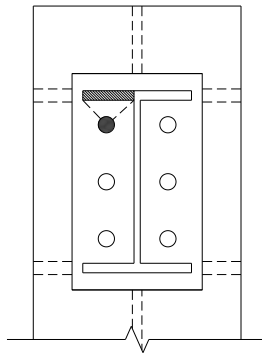
f_y : Tensión de límite elástico.

$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\gamma_{M0} : 1.05$

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1102	14.78	288.60	5.12
Σ		14.78	288.60	5.12



- Chapa de apoyo

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

53.47 kN ≤ 131.35 kN ✓

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$F_{T,Ed} : 53.47 \text{ kN}$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$F_{T,Rd} : 131.35 \text{ kN}$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

- b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : \underline{131.35 \text{ kN}}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{138.89 \text{ kN}}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 3, 4, 5 y 6.

$$F_{T,Rd} : \underline{131.35 \text{ kN}}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{0.99 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{0.99 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

$$t_f : \underline{14.0 \text{ mm}}$$

$$m : \underline{28 \text{ mm}}$$

$$n : \underline{36 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{77 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{77 \text{ mm}}$$

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Chapa vertical

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$53.71 \text{ kN} \leq 161.43 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{53.71 \text{ kN}}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : \underline{161.43 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : \underline{616.00 \text{ mm}^2}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

f_{yd} : 261.90 N/mm²

f_y : Tensión de límite elástico.

f_y : 275.00 N/mm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

γ_{MO} : 1.05

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	58	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	6	200	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	58	11.5	90.00

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	6	200	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	58	11.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	6	200	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	58	11.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	6	200	14.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	656	7.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	656	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	165	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	165	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	656	7.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	656	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	165	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	165	8.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w	
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	81.3	140.8	36.48	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	14.0	24.3	6.29	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	19.4	19.4	11.0	43.2	11.20	19.4	5.92	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	60.2	104.2	27.01	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	4.7	8.1	2.10	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	8.0	8.0	0.4	16.1	4.17	8.0	2.45	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	81.1	140.4	36.39	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	13.3	23.1	5.98	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	19.4	19.4	10.6	42.9	11.11	19.4	5.91	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	60.4	104.6	27.09	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	4.4	7.7	1.99	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	8.1	8.1	0.4	16.2	4.20	8.1	2.47	410.0	0.85	
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	3.5	6.0	1.56	0.0	0.00	410.0	0.85	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	2.6	4.5	1.17	0.0	0.00	410.0	0.85	

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	66.9	115.9	30.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	63.2	109.4	28.36	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	3.5	6.0	1.55	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	2.6	4.5	1.17	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	66.9	115.9	30.02	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	63.2	109.5	28.37	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 360

– Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$54.13 \text{ kN} \leq 155.00 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 54.13 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 155.00 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 155.00 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : 322.54 \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 5 y 6.

$$F_{T,Rd} : 155.00 \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{2.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{1.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

t_f : Espesor de la chapa

$$t_f : \underline{14.0} \text{ mm}$$

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

$$m : \underline{28} \text{ mm}$$

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$$n : \underline{36} \text{ mm}$$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{179} \text{ mm}$$

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{136} \text{ mm}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$99.33 \text{ kN} \leq 260.01 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{99.33} \text{ kN}$$

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{260.01} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a compresión

$$A : \underline{993} \text{ mm}^2$$

f'_y : Tensión de límite elástico reducida.

$$f'_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

ρ : Factor de reducción

$$\rho : \underline{0.000}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

f_{yd} : 261.90 N/mm²

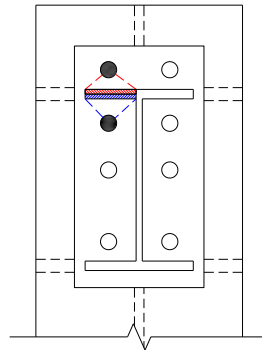
f_y : Tensión de límite elástico.

f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

γ_{M0} : 1.05

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	1015	14.36	265.77	5.40
Inferior	1021	14.23	267.28	5.32
Σ		28.59	266.52	10.73



- Alma

Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$$0.00 \leq 1 \quad \checkmark$$

Donde:

F_{Ed} : Valor de cálculo de la carga concentrada,

F_{Ed} : 1.12 kN

$F_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas.

$F_{b,Rd}$: 315.31 kN

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

Donde:

L_{ef} : 150.00 mm

$$\chi_F : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_F : \underline{0.46}$$

$$F_{cr} : \underline{1743.49} \text{ kN}$$

Los valores de I_y y de k_F dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

$$k_F : \underline{6.03}$$

$$I_y : \underline{150}$$

viniendo cada coeficiente dado por las expresiones:

$$m_1 : \underline{21.25}$$

(cabe aproximar $\bar{\lambda}_F$ con la obtenida usando $m_2=0$ para aproximar I_y)

$$m_2 : \underline{0.00}$$

Donde:

s_s : Longitud de la entrega rígida de la carga.

t_w : Espesor del alma.

t_f : Espesor del ala.

f_{vw} : Tensión de límite elástico del alma.

f_{vb} : Tensión de límite elástico del ala.

E : Módulo de elasticidad.

d : distancia entre alas

$$s_s : \underline{8} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{8} \text{ mm}$$

$$t_f : \underline{13} \text{ mm}$$

$$f_{vw} : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vb} : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$E : \underline{210000.0} \text{ N/mm}^2$$

$$d : \underline{335} \text{ mm}$$

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$54.13 \text{ kN} \leq 206.67 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{Ed} : \underline{54.13} \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{206.67} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$A : \underline{789.00} \text{ mm}^2$$

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

f_y : 275.00 N/mm²

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

γ_{Mo} : 1.05

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	83.48
Soldadura del alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	83.48
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	319	8.0	90.00
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	82.69

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1400	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	76.17				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.1	108.9	6.1	212.4	55.03	108.7	33.15	410.0	0.85
Soldadura del alma	41.9	41.9	0.8	83.7	21.70	41.9	12.76	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	28.4	31.8	3.5	62.3	16.13	28.4	8.65	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	41.0	41.0	0.8	82.0	21.26	41.0	12.50	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	93.8	106.6	0.4	207.2	53.69	106.7	32.52	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.3	2.2	0.58	0.1	0.04	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

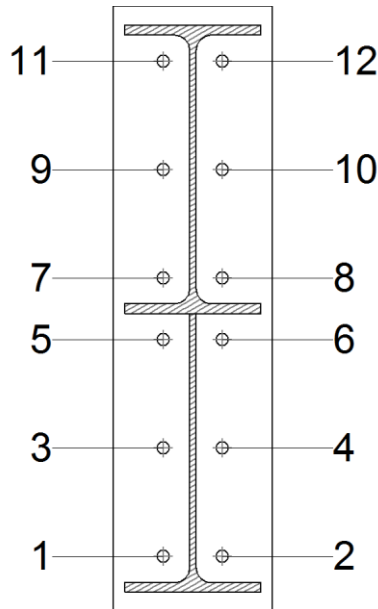
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axil de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.

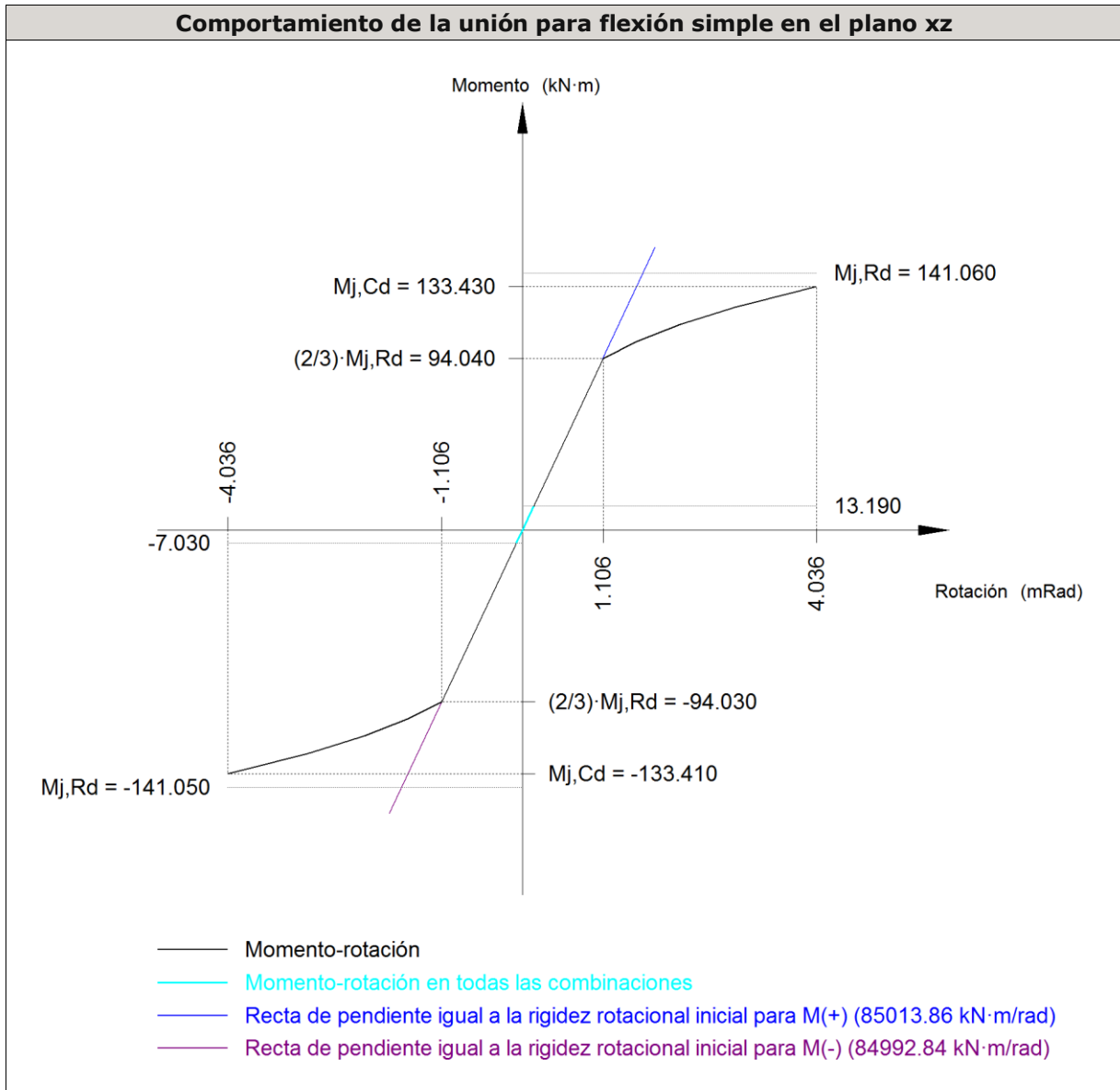


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.3
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.3
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	1.605	64.340	2.50	Vástago	27.220	90.432	30.10	22.58	30.10
	Aplastamiento	1.605	183.680	0.87	Punzonamiento	27.220	219.639	12.39		
2	Sección transversal	0.961	64.340	1.49	Vástago	22.409	90.432	24.78	18.11	24.78
	Aplastamiento	0.961	183.680	0.52	Punzonamiento	22.409	219.639	10.20		
3	Sección transversal	1.686	64.340	2.62	Vástago	30.935	90.432	34.21	25.58	34.21
	Aplastamiento	1.686	183.680	0.92	Punzonamiento	30.935	219.639	14.08		
4	Sección transversal	1.091	64.340	1.70	Vástago	26.066	90.432	28.82	21.09	28.82
	Aplastamiento	1.091	183.680	0.59	Punzonamiento	26.066	219.639	11.87		
5	Sección transversal	2.608	64.340	4.05	Vástago	36.813	90.432	40.71	31.29	40.71
	Aplastamiento	2.608	183.680	1.42	Punzonamiento	36.813	219.639	16.76		
6	Sección transversal	2.269	64.340	3.53	Vástago	26.005	90.432	28.76	21.17	28.76
	Aplastamiento	2.269	183.680	1.24	Punzonamiento	26.005	219.639	11.84		
7	Sección transversal	3.268	64.340	5.08	Vástago	33.448	90.432	36.99	27.76	36.99
	Aplastamiento	3.268	183.680	1.78	Punzonamiento	33.448	219.639	15.23		
8	Sección transversal	3.004	64.340	4.67	Vástago	30.675	90.432	33.92	24.93	33.92
	Aplastamiento	3.004	183.680	1.64	Punzonamiento	30.675	219.639	13.97		
9	Sección transversal	4.519	64.340	7.02	Vástago	31.584	90.432	34.93	29.12	34.93
	Aplastamiento	4.519	183.680	2.46	Punzonamiento	31.584	219.639	14.38		
10	Sección transversal	4.332	64.340	6.73	Vástago	25.957	90.432	28.70	21.51	28.70
	Aplastamiento	4.332	183.680	2.36	Punzonamiento	25.957	219.639	11.82		
11	Sección transversal	5.818	64.340	9.04	Vástago	27.280	90.432	30.17	27.01	30.17
	Aplastamiento	5.818	183.680	3.17	Punzonamiento	27.280	219.639	12.42		
12	Sección transversal	5.674	64.340	8.82	Vástago	22.995	90.432	25.43	19.53	25.43
	Aplastamiento	5.674	183.680	3.09	Punzonamiento	22.995	219.639	10.47		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	17819.75	85013.86
Calculada para momentos negativos	17819.75	84992.84



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.78 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : 1.78$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1} : 322.54 \text{ kN}$

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3} : 180.86 \text{ kN}$

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$13.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 141.06 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : 13.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : 141.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.04 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : 0.16 \text{ mRad}$$

ϕ_{Cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : 4.04 \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : 661 \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : 1.78$$

3) Viga (b) IPE 360

- Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$54.13 \text{ kN} \leq 155.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 54.13 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 155.00 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 155.00 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{322.54 \text{ kN}}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 5 y 6.

$$F_{T,Rd} : \underline{155.00 \text{ kN}}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{2.30 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{1.75 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86 \text{ kN}}$$

$$t_f : \underline{14.0 \text{ mm}}$$

$$m : \underline{28 \text{ mm}}$$

$$n : \underline{36 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{179 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{136 \text{ mm}}$$

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$99.17 \text{ kN} \leq 259.80 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{99.17 \text{ kN}}$$

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{259.80 \text{ kN}}$$

Donde:

A : Área sometida a compresión

$$A : \underline{992 \text{ mm}^2}$$

f'_y : Tensión de límite elástico reducida.

$$f'_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

ρ : Factor de reducción ρ : 0.000
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

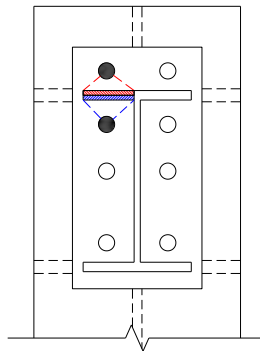
N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.
 $N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{vd} : Resistencia de cálculo. f_{vd} : 261.90 N/mm²

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	1015	14.36	265.77	5.40
Inferior	1021	14.23	267.28	5.32
Σ		28.59	266.52	10.73



- Alma

Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$$0.00 \leq 1 \quad \checkmark$$

Donde:

F_{Ed}: Valor de cálculo de la carga concentrada, **F_{Ed}** : 1.10 kN
F_{b,Rd}: Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas. **F_{b,Rd}** : 315.31 kN

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

Donde:

L_{ef} : 150.00 mm

χ_F : 1.00

λ̄_F : 0.46

F_{cr} : 1743.49 kN

Los valores de I_y y de k_F dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

k_F : 6.03

I_y : 150

viniedo cada coeficiente dado por las expresiones:

m₁ : 21.25

(cabe aproximar $\bar{\lambda}_F$ con la obtenida usando $m_2=0$ para aproximar I_y)

m₂ : 0.00

Donde:

s_s : Longitud de la entrega rígida de la carga.	s_s : <u>8</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8</u> mm
t_f : Espesor del ala.	t_f : <u>13</u> mm
f_{yw} : Tensión de límite elástico del alma.	f_{yw} : <u>275.00</u> N/mm ²
f_{yb} : Tensión de límite elástico del ala.	f_{yb} : <u>275.00</u> N/mm ²
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000.0</u> N/mm ²
d : distancia entre alas	d : <u>335</u> mm

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$54.13 \text{ kN} \leq 206.67 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : 54.13 \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 206.67 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : 789.00 \text{ mm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	170	12.7	83.48				
Soldadura del alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	170	12.7	83.48				
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	4	319	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	6	170	12.7	82.69				
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	6	1400	8.0	90.00				
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	9	170	12.7	76.17				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.1	108.8	5.8	212.3	55.01	108.7	33.14	410.0	0.85
Soldadura del alma	41.9	41.9	0.8	83.7	21.70	41.9	12.76	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	28.4	31.8	3.3	62.2	16.13	28.4	8.65	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	41.0	41.0	0.8	82.1	21.26	41.0	12.51	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	93.8	106.6	0.3	207.1	53.67	106.6	32.50	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.3	2.2	0.58	0.1	0.04	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Sollicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

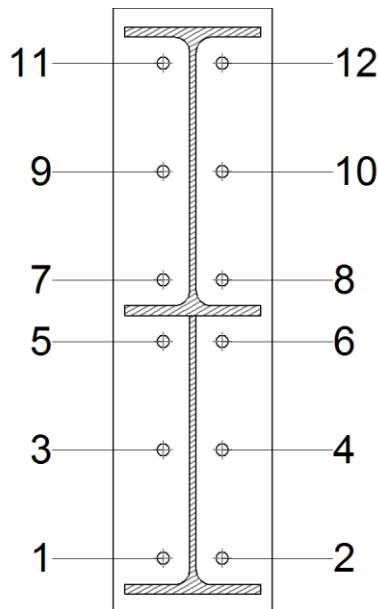
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.

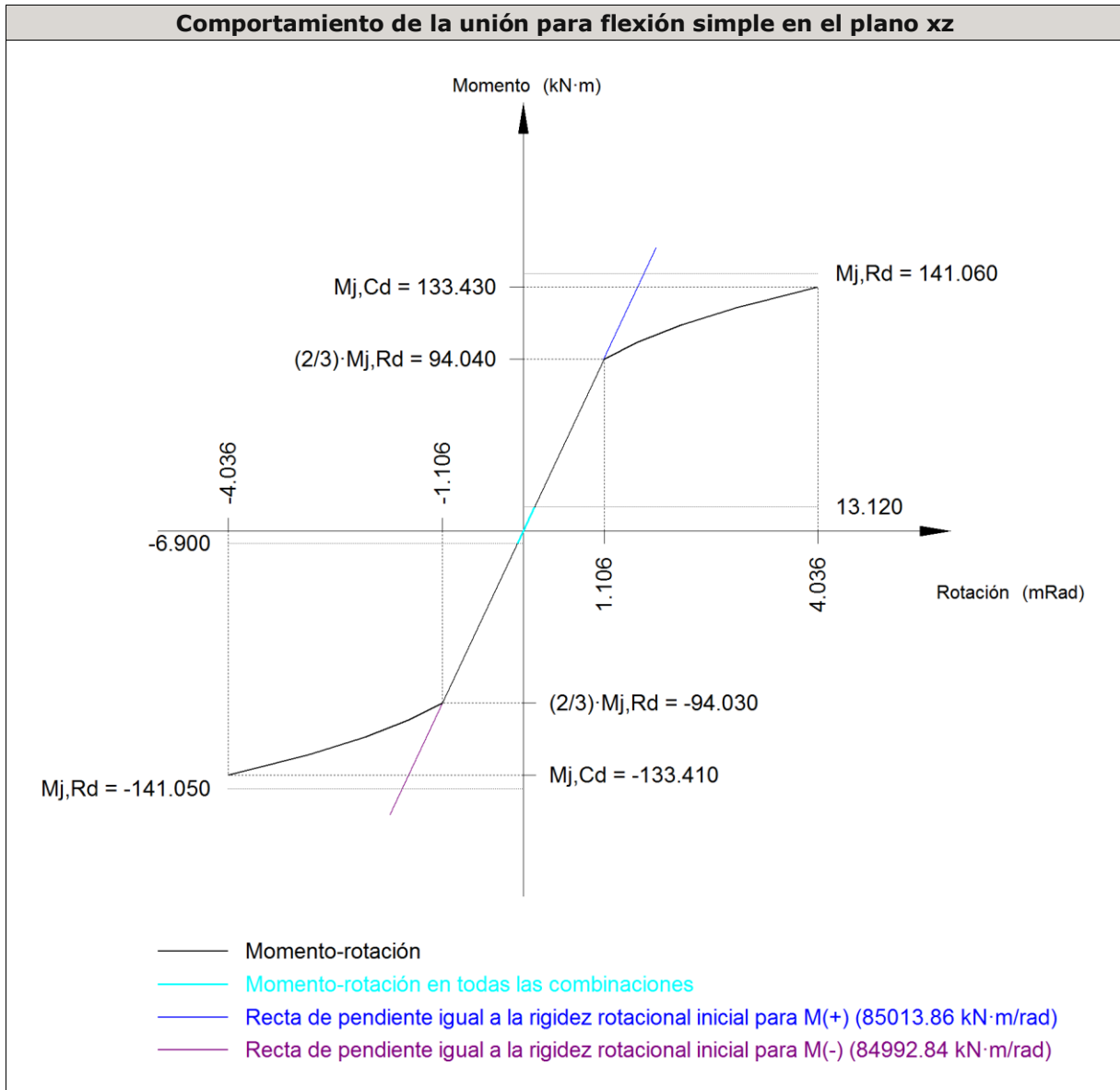


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.3
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.3
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	77	74	32.0
9	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
10	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	33.0
11	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6
12	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	63	136	74	32.6

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.959	64.340	1.49	Vástago	22.402	90.432	24.77	18.09	24.77
	Aplastamiento	0.959	183.680	0.52	Punzonamiento	22.402	219.639	10.20		
2	Sección transversal	1.585	64.340	2.46	Vástago	27.229	90.432	30.11	22.55	30.11
	Aplastamiento	1.585	183.680	0.86	Punzonamiento	27.229	219.639	12.40		
3	Sección transversal	1.080	64.340	1.68	Vástago	26.062	90.432	28.82	21.08	28.82
	Aplastamiento	1.080	183.680	0.59	Punzonamiento	26.062	219.639	11.87		
4	Sección transversal	1.661	64.340	2.58	Vástago	30.941	90.432	34.21	25.54	34.21
	Aplastamiento	1.661	183.680	0.90	Punzonamiento	30.941	219.639	14.09		
5	Sección transversal	2.186	64.340	3.40	Vástago	26.005	90.432	28.76	21.16	28.76
	Aplastamiento	2.186	183.680	1.19	Punzonamiento	26.005	219.639	11.84		
6	Sección transversal	2.525	64.340	3.92	Vástago	36.816	90.432	40.71	31.18	40.71
	Aplastamiento	2.525	183.680	1.37	Punzonamiento	36.816	219.639	16.76		
7	Sección transversal	2.884	64.340	4.48	Vástago	30.677	90.432	33.92	24.93	33.92
	Aplastamiento	2.884	183.680	1.57	Punzonamiento	30.677	219.639	13.97		
8	Sección transversal	3.148	64.340	4.89	Vástago	33.568	90.432	37.12	27.56	37.12
	Aplastamiento	3.148	183.680	1.71	Punzonamiento	33.568	219.639	15.28		
9	Sección transversal	4.148	64.340	6.45	Vástago	25.962	90.432	28.71	21.52	28.71
	Aplastamiento	4.148	183.680	2.26	Punzonamiento	25.962	219.639	11.82		
10	Sección transversal	4.335	64.340	6.74	Vástago	31.580	90.432	34.92	28.88	34.92
	Aplastamiento	4.335	183.680	2.36	Punzonamiento	31.580	219.639	14.38		
11	Sección transversal	5.427	64.340	8.43	Vástago	23.002	90.432	25.44	19.54	25.44
	Aplastamiento	5.427	183.680	2.95	Punzonamiento	23.002	219.639	10.47		
12	Sección transversal	5.572	64.340	8.66	Vástago	27.273	90.432	30.16	26.69	30.16
	Aplastamiento	5.572	183.680	3.03	Punzonamiento	27.273	219.639	12.42		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	17819.75	85013.86
Calculada para momentos negativos	17819.75	84992.84



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.78 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : 1.78$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1} : 322.54 \text{ kN}$

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3} : 180.86 \text{ kN}$

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$13.12 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 141.06 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : \underline{13.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : \underline{141.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.04 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{0.15} \text{ mRad}$$

ϕ_{Cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : \underline{4.04} \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{661} \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.78}$$

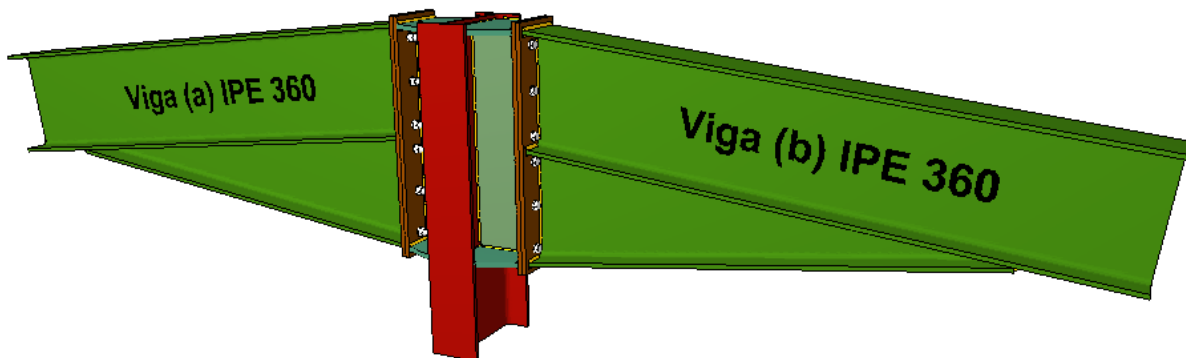


Figura 44. Detalle de la unión en CYPE 3D de Pilar de fachada – dos Jácenas.

1.3.8. Pilar IPE 330 – Jácena IPE 360

1) Viga IPE 360

– Rigidizadores

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

El esfuerzo cortante de cálculo V_{Ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante, $V_{c,Rd}$, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$13.42 \text{ kN} \leq 397.72 \text{ kN} \quad \checkmark$$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{Ed} : 13.42 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Resistencia plástica de las secciones a cortante $V_{pl,Rd}$

$$V_{c,Rd} : 397.72 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área sometida a cortante

$$A_v : 2630 \text{ mm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$13.42 \text{ kN} \leq 140.38 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : 13.42 \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 140.38 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : 536.00 \text{ mm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

– Ala

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$5.69 \text{ kN} \leq 97.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 5.69 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 97.11 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 97.11 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : \underline{105.49} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{193.15} \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 1.

$$F_{T,Rd} : \underline{97.11} \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{1.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{1.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{97.11} \text{ kN}$$

$$t_f : \underline{12.7} \text{ mm}$$

$$m : \underline{26} \text{ mm}$$

$$n : \underline{22} \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{117} \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{136} \text{ mm}$$

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, $F_{v,Ed}$ no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$.

$$0.04 \leq 1 \quad \checkmark$$

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

f_u : resistencia a tracción del material de la pieza

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

t : Espesor de la chapa	t : $\frac{12.7}{\quad}$ mm
d : Diámetro del tornillo.	d : $\frac{12}{\quad}$ mm
γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.	γ_{M2} : $\frac{1.25}{\quad}$
f_{ub} : Tensión última a tracción del tornillo.	f_{ub} : $\frac{800.00}{\quad}$ N/mm ²
d₀ : Diámetro del agujero.	d₀ : $\frac{13}{\quad}$ mm

Dirección	α	e_1 (mm)	p_1 (mm)	$F_{v,Ed}$ (kN)	$F_{b,Rd,i}$ (kN)
y	0.54	21.0	--	0.06	67.21
z	0.56	22.0	--	-2.54	70.49

α : coeficiente igual al menor de los valores:

e_1 : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.
 p_1 : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	4	301	8.0	90.00				
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	4	53	8.0	83.48				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	5.6	9.7	2.50	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Pilar IPE 330

- Chapa frontal

Resistencia conjunta del alma del pilar y la chapa frontal (Criterio de CYPE Ingenieros)

Debe cumplirse:

$$0.13 \text{ kN} \leq 129.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

F_{Ed} : Valor de cálculo de la carga concentrada,

$$F_{Ed} : 0.13 \text{ kN}$$

F_{Rd} : Resistencia del alma

$$F_{Rd} : 129.29 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área

$$A : 940 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha : 0.24$$

$$\beta : 34.93$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 7.5 \text{ mm}$$

h_{iw} : Canto del alma entre radios de acuerdo

$$h_{iw} : 278 \text{ mm}$$

h_p : Altura del elemento de unión

$$h_p : 270 \text{ mm}$$

γ_{M5} : Coeficiente parcial de seguridad para la resistencia en las uniones entre piezas de sección tubular.

$$\gamma_{M5} : 1.00$$

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$10.15 \text{ kN} \leq 590.33 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : \underline{10.15} \text{ kN}$$

$N_{ef,Rd}$: es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : \underline{590.33} \text{ kN}$$

siendo

A_n : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : \underline{3904.00} \text{ mm}^2$$

f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

f_u : Tensión de rotura.

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Tensión de Von Mises en el alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$16.00 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal

$$\sigma : \underline{8.82} \text{ N/mm}^2$$

τ_{yz} : Tensión tangencial yz

$$\tau_{yz} : \underline{0.03} \text{ N/mm}^2$$

τ_{xz} : Tensión tangencial xz

$$\tau_{xz} : \underline{-7.71} \text{ N/mm}^2$$

f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Ala

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$5.69 \text{ kN} \leq 65.80 \text{ kN} \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : \underline{5.69} \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : \underline{65.80} \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : \underline{97.11} \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : \underline{65.80} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-ala y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{81.13 \text{ kN}}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 1 y 2.

$$F_{T,Rd} : \underline{65.80 \text{ kN}}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{0.53 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{0.53 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{97.11 \text{ kN}}$$

$$t_f : \underline{8.0 \text{ mm}}$$

$$m : \underline{26 \text{ mm}}$$

$$n : \underline{21 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{126 \text{ mm}}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{126 \text{ mm}}$$

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Alma

Resistencia a pandeo del alma (Criterio de CYPE Ingenieros)

Debe cumplirse:

$$11.30 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

σ_{Ed} : Valor de cálculo de la tensión normal de compresión.

$$\sigma_{Ed} : \underline{11.30 \text{ N/mm}^2}$$

σ_{Rd} : Tensión resistente de cálculo a pandeo del elemento comprimido.

$$\sigma_{Rd} : \underline{261.90 \text{ N/mm}^2}$$

Donde:

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{7.5 \text{ mm}}$$

h_w : Canto exterior del alma

$$h_w : \underline{170 \text{ mm}}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00 \text{ N/mm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_\perp : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{||}$: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_\perp : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{||}$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	5	270	7.5	83.48				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_\perp (N/mm ²)	τ_\perp (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_\perp (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	2.4	3.4	3.6	9.0	2.32	4.4	1.33	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$ por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

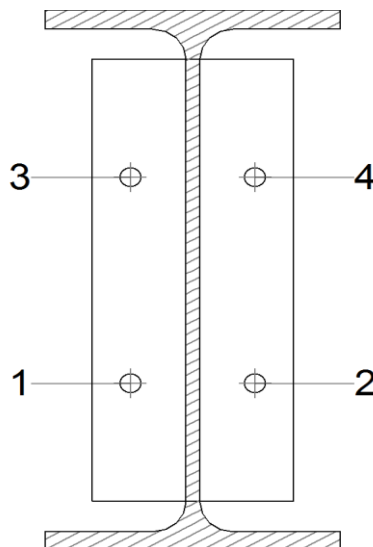
siendo

F_{v,Ed}: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

F_{t,Ed}: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

F_{v,Rd}: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

F_{t,Rd}: resistencia de cálculo en tracción.



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	72	21	126	68	21.0
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	72	21	126	68	21.0
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	72	21	126	68	21.0
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	72	21	126	68	21.0

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	2.538	36.191	7.01	Vástago	4.156	48.557	8.56	12.84	12.84
	Aplastamiento	2.538	78.660	3.23	Punzonamiento	4.156	94.051	4.42		
2	Sección transversal	2.538	36.191	7.01	Vástago	4.156	48.557	8.56	12.84	12.84
	Aplastamiento	2.538	78.720	3.22	Punzonamiento	4.156	94.051	4.42		
3	Sección transversal	2.538	36.191	7.01	Vástago	4.205	48.557	8.66	12.91	12.91
	Aplastamiento	2.538	78.660	3.23	Punzonamiento	4.205	94.051	4.47		
4	Sección transversal	2.538	36.191	7.01	Vástago	4.205	48.557	8.66	12.91	12.91
	Aplastamiento	2.538	78.720	3.22	Punzonamiento	4.205	94.051	4.47		

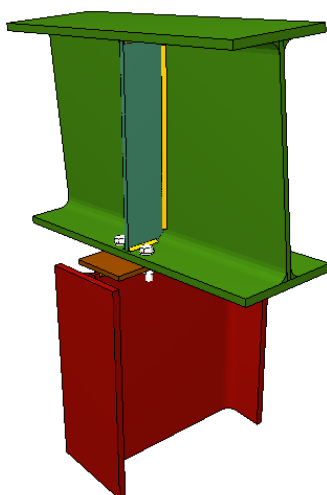


Figura 45. Detalle de la unión en CYPE 3D de Pilar fachada-Jácena.

1.3.9. Puente grúa

1.3.9.1. Ménsula

1) Pilar IPE 400

– Panel

Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

$$43.37 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

d_{wc} : Canto del alma

$$d_{wc} : \frac{373}{\quad} \text{ mm}$$

t_{wc} : Espesor del alma.

$$t_{wc} : \frac{8.6}{\quad} \text{ mm}$$

$$\varepsilon : \frac{0.92}{\quad}$$

f_v : Tensión de límite elástico.

$$f_v : \frac{275.00}{\quad} \text{ N/mm}^2$$

Resistencia a cortante del alma del pilar (CTE DB SE-A 8.8.6)

Debe cumplirse:

$$199.43 \text{ kN} \leq 468.15 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$V_{wp,Ed}$: Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{wp,Ed} : \frac{199.43}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{wp,Rd}$: Resistencia plástica de cálculo a cortante del alma

$$V_{wp,Rd} : \frac{468.15}{\quad} \text{ kN}$$

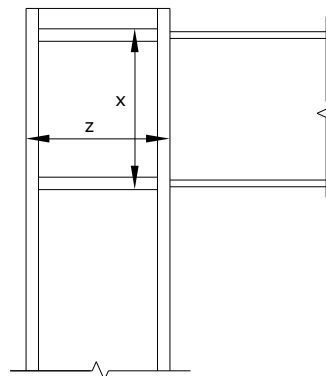
Donde:

A_{vc} : Área sometida a cortante

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ N/mm}^2$$

Dirección	A_{vc} (mm ²)	$V_{wp,Ed}$ (kN)	$V_{wp,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
z	3440	199.43	468.15	42.60
x	2331	132.61	317.17	41.81



- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$96.42 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : -96.41 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : -86.39 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : 0.16 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 0.15 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$94.67 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 94.60 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 84.76 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : -2.18 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : -1.95 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$96.44 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : -96.44 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : -86.41 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : -0.16 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : -0.14 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$94.68 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal σ : 94.61 N/mm²

F_{\perp} : Esfuerzo de cálculo normal de la sección F_{\perp} : 84.77 kN

L_{\perp} : Anchura efectiva para esfuerzos normales L_{\perp} : 64 mm

τ : Tensión tangencial τ : 2.18 N/mm²

F_{\parallel} : Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección F_{\parallel} : 1.95 kN

L_{\parallel} : Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales L_{\parallel} : 64 mm

t : Espesor t : 14.0 mm

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

- Comprobaciones por unión con elemento "
- Ala

Desgarro del ala por tracción de los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$94.78 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal	σ : <u>94.67</u> N/mm ²
τ : Tensión tangencial	τ : <u>2.68</u> N/mm ²
f_y : Tensión de límite elástico.	f_y : <u>275.00</u> N/mm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

Cortante en el ala por los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$152.22 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

σ : Tensión normal	σ : <u>152.22</u> N/mm ²
τ : Tensión tangencial	τ : <u>0.13</u> N/mm ²
f_y : Tensión de límite elástico.	f_y : <u>275.00</u> N/mm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga HE 280 A'
- Ala

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$104.72 \text{ kN} \leq 126.28 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante	$F_{T,Ed}$: <u>104.72</u> kN
$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente	$F_{T,Rd}$: <u>126.28</u> kN

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-arma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : \underline{181.23} \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 2 y 3.

$$F_{T,Rd} : \underline{126.28} \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : \underline{1.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : \underline{0.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

t_f : Espesor de la chapa

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

f_y : Tensión de límite elástico.

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

$$t_f : \underline{13.5} \text{ mm}$$

$$m : \underline{22} \text{ mm}$$

$$n : \underline{28} \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} : \underline{84} \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,2} : \underline{54} \text{ mm}$$

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

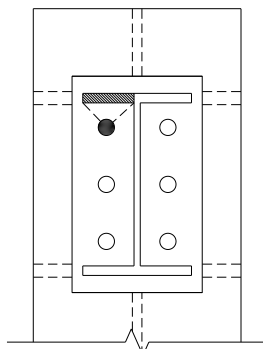
f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Fila	Área (mm ²)	N _{Ed} (kN)	N _{t,Rd} (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1182	33.70	309.45	10.89
Σ		33.70	309.45	10.89



- Alma

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$104.72 \text{ kN} \leq 147.42 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed}: Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : 104.72 \text{ kN}$$

N_{t,Rd}: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 147.42 \text{ kN}$$

Donde:

A: Área sometida a tracción

$$A : 563.00 \text{ mm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

f_y: Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.

- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas										
Ref.		Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas		En ángulo	7	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma		En ángulo	4	331	8.6	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas		En ángulo	7	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma		En ángulo	4	331	8.6	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas		En ángulo	7	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma		En ángulo	4	331	8.6	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas		En ángulo	7	64	13.5	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma		En ángulo	4	331	8.6	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w	
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del rigidizador superior a las alas		68.2	68.2	0.2	136.4	35.33	68.2	20.79	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma		0.0	0.0	32.6	56.5	14.64	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas		66.9	66.9	2.2	133.8	34.68	66.9	20.39	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma		0.0	0.0	32.1	55.5	14.39	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas		68.2	68.2	0.2	136.4	35.35	68.2	20.79	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma		0.0	0.0	32.6	56.5	14.65	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas		66.9	66.9	2.2	133.9	34.69	66.9	20.40	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma		0.0	0.0	32.1	55.5	14.39	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga HE 280 A

– Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$104.72 \text{ kN} \leq 118.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{T,Ed}$: Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : 104.72 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : 118.19 \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} : 118.19 \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} : 159.43 \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en el grupo de filas: 2 y 3.

$$F_{T,Rd} : 118.19 \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} : 1.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} : 0.69 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos

$$\Sigma F_{t,Rd} : 180.86 \text{ kN}$$

t_f : Espesor de la chapa

$$t_f : 14.0 \text{ mm}$$

m : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela

$$m : 35 \text{ mm}$$

n : Igual e_{min} pero $n \leq 1,25 \cdot m$

$$n : 43 \text{ mm}$$

$\Sigma l_{eff,1}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.*

$$\Sigma l_{eff,1} : 108 \text{ mm}$$

$\Sigma l_{eff,2}$: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.*

$$\Sigma l_{eff,2} : 54 \text{ mm}$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$246.51 \text{ kN} \leq 612.86 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil. N_{Ed} : 246.51 kN
 $N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión. $N_{c,Rd}$: 612.86 kN

Donde:

A : Área sometida a compresión A : 2340 mm²
 f'_y : Tensión de límite elástico reducida. f'_y : 275.00 N/mm²

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²
 ρ : Factor de reducción ρ : 0.000

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

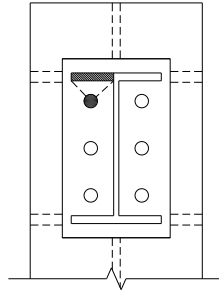
N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.
 $N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

f_{vd} : Resistencia de cálculo. f_{vd} : 261.90 N/mm²

f_y : Tensión de límite elástico. f_y : 275.00 N/mm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. γ_{M0} : 1.05

Fila	Área (mm ²)	N_{Ed} (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	1129	41.02	295.72	13.87
Σ		41.02	295.72	13.87



- Alma

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$104.72 \text{ kN} \leq 182.77 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : 104.72 \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 182.77 \text{ kN}$$

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : 698.00 \text{ mm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120° . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.

- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.

- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	280	13.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	5	196	8.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	280	13.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	59.9	59.9	0.0	119.7	31.02	59.9	18.25	410.0	0.85
Soldadura del alma	169.0	169.0	64.7	356.0	92.27	169.0	51.52	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	40.2	40.2	0.4	80.4	20.84	40.2	12.26	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e₁: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p₁: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d₀: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

A_s: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

siendo

t_p: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Sollicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

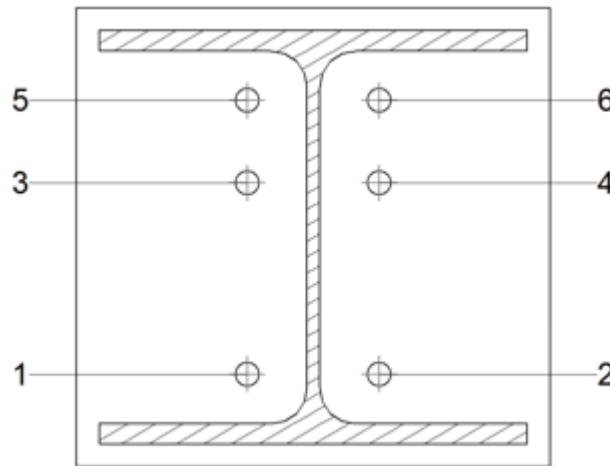
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.



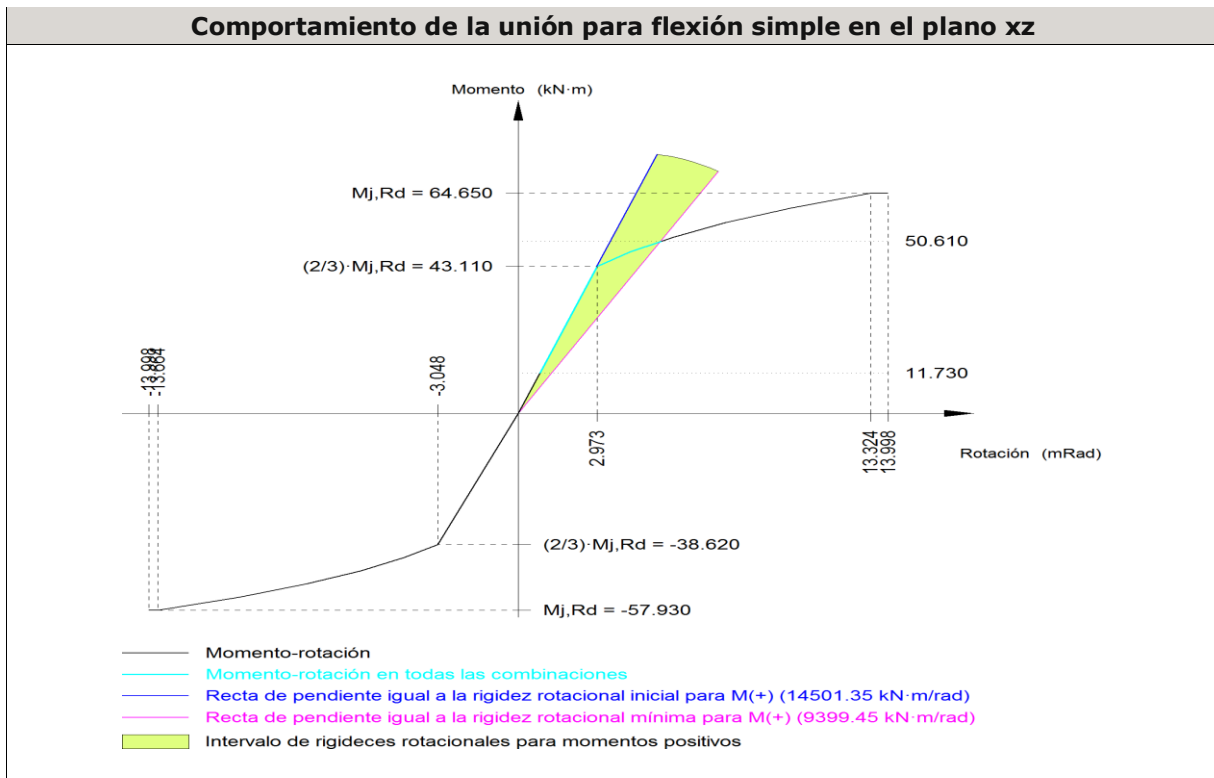
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	47	125	87	32.5
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	47	125	87	32.5
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	47	54	87	39.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	47	54	87	39.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	47	54	87	32.5
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	47	54	87	32.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	21.121	64.340	32.83	Vástago	10.482	90.432	11.59	41.11	41.11
	Aplastamiento	21.121	177.120	11.92	Punzonamiento	10.482	211.795	4.95		
2	Sección transversal	21.124	64.340	32.83	Vástago	10.486	90.432	11.60	41.11	41.11

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Aplastamiento	21.124	177.120	11.93	Punzonamiento	10.486	211.795	4.95		
3	Sección transversal	21.121	64.340	32.83	Vástago	80.097	90.432	88.57	96.09	96.09
	Aplastamiento	21.121	132.840	15.90	Punzonamiento	80.097	211.795	37.82		
4	Sección transversal	21.124	64.340	32.83	Vástago	80.124	90.432	88.60	96.12	96.12
	Aplastamiento	21.124	132.840	15.90	Punzonamiento	80.124	211.795	37.83		
5	Sección transversal	21.121	64.340	32.83	Vástago	70.676	90.432	78.15	88.65	88.65
	Aplastamiento	21.121	177.120	11.92	Punzonamiento	70.676	211.795	33.37		
6	Sección transversal	21.124	64.340	32.83	Vástago	70.697	90.432	78.18	88.67	88.67
	Aplastamiento	21.124	177.120	11.93	Punzonamiento	70.697	211.795	33.38		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	24135.96	14501.35
Calculada para momentos negativos	24135.96	12670.20



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$1.66 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta : 1.66$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$$F_{T,Rd1} : 299.91 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd3}$: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$$F_{T,Rd3} : 180.86 \text{ kN}$$

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$50.61 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 64.65 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

M_{Ed} : Momento solicitante

$$M_{Ed} : 50.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : 64.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$0.38 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

ϕ_{Ed} : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : 5.38 \text{ mRad}$$

ϕ_{Cd} : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : 14.00 \text{ mRad}$$

Donde:

h : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : 218 \text{ mm}$$

β : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : 1.66$$

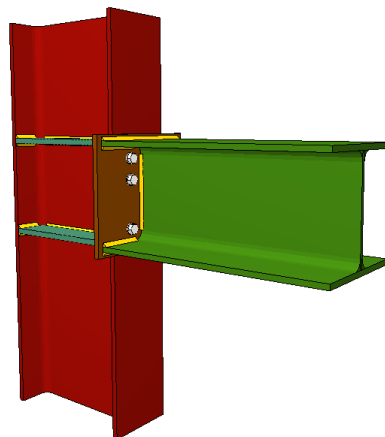


Figura 46. Detalle de la unión en CYPE 3D de Pilar-Ménsula.

1.3.9.2. Viga Carrilera

Perfil: HE 280 A 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)
N19	N2	5.000	97.30	13670.00	4763.00	62.10
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		5.000	5.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ̄	λ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N19/N2	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m λ _w < λ _{w,max} Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 0.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 0.6	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 0.9
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$30.50 \leq 223.68 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \frac{244.00}{1} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \frac{8.00}{1} \text{ mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \frac{19.52}{1} \text{ cm}^2$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \frac{36.40}{1} \text{ cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
Siendo:

$$\begin{aligned} k &: \underline{0.40} \\ E &: \underline{210000} \text{ MPa} \\ f_{yf} &: \underline{275.00} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·PGmín+0.8·PGmáx.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{291.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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**: 2

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,y}**: 1112.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}**: 261.90 MPa

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot P_{Gmín} + 0.8 \cdot P_{Gmáx}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 3.05$ kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : 480.55$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 31.78$ cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : 270.00$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : 8.00$ mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : 261.90$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00$ MPa

γ_{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:

$24.50 < 64.71$ ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : 24.50$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx} : 64.71$

ϵ : Factor de reducción. $\epsilon : 0.92$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

3.05 kN ≤ 240.27 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N19, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot PGMín + 0.8 \cdot PGMáx$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{3.05} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{480.55} \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

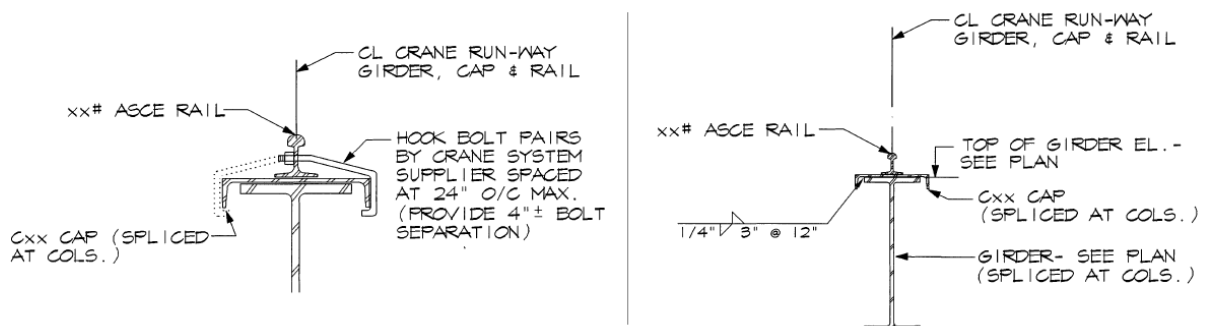


Figura 47. Detalle de la unión Viga carrilera-Puente grúa. Fuente: McGraw-Hill.

ANEXO II. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Introducción

1.1. Justificación del Estudio de Seguridad y Salud

Conforme al artículo 4, "Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en obras", del capítulo II del R.D.1627/1997 de 24 Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes(entre otros):

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

En consecuencia, el presente proyecto, no requiere tener presente el "Estudio de Seguridad y Salud" para la ejecución de la nueva unidad constructiva debido a que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es 410.719,46 €, inferior a 75 millones de pesetas (450.000,00 euros).

En consecuencia se elaborará un estudio básico de seguridad y salud.

1.2. Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud

El objeto de este Estudio Básico de Seguridad y Salud será establecer, durante el desarrollo de las obras, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios necesarios a los trabajadores.

Para ello, se identificarán los riesgos laborales existentes en la obra, indicando las medidas preventivas y protecciones técnicas necesarias para evitar, controlar y/o reducir dichos riesgos.

Igualmente, se identificarán los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos; por último, debe contemplar las previsiones necesarias e informaciones útiles para efectuar las condiciones de seguridad y salud en los trabajos posteriores.

1.3. Datos generales

1.3.1. Emplazamiento

El presente proyecto abarca la ampliación de la empresa Talleres Pascual Mata Carda S.L., mediante una nueva estructura metálica que permita desarrollar el proceso productivo de forma lineal.

El emplazamiento de obra esta ubicado en la calle Camí de les Trencaes 37, Onda (Castellón).

1.3.2. Agentes y Responsabilidad

Los agentes que intervienen en relación a la seguridad y salud del presente proyecto son:

- Promotor y constructor, función implementada por Talleres Pascual Mata Carda; dado que su principal dedicación es la construcción de estructuras metálicas y que el proyecto se ha desarrollado en la propia empresa, el promotor y constructor coinciden. Una de sus obligaciones primordiales es asignar un Coordinador de Seguridad y Salud previamente al inicio de la obra.
- Autor del proyecto.
- Jefe de obra.
- Coordinador de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, según el RD 1627/1997, deberá desarrollar las siguientes funciones:
 - Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
 - Coordinar las actividades de la obra para garantizar que se apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva.
 - Aprobar el plan de seguridad y salud.
 - Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
 - Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

2. Normativa de Seguridad aplicada a la obra

Las referencias legales considerar en la ejecución de las obras son las siguientes:

La **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, que como se indica en el capítulo I artículo 2, "tiene por objeto promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo".

La **Ley 50/1998**, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social, cuyo artículo 36 modifica los artículos 45, 47, 48 y 49 de la *Ley 31/1995*.

El **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, regula los procedimientos de evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores y de las modalidades de organización, funcionamiento y control de los servicios de prevención, así como de las capacidades y aptitudes que han de reunir dichos servicios y los trabajadores designados para desarrollar la actividad preventiva. La necesidad de que tales fases o aspectos reciban un tratamiento específico por la vía normativa adecuada aparece prevista en el artículo 6 apartado 1, párrafos "d" y "e", de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (*Ley 31/1995*).

No obstante, este real decreto ha tenido algunas modificaciones con el paso del tiempo mediante:

- El *Real Decreto 337/2010*, de 19 de marzo. El contenido del real decreto se dirige a la modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención aprobado por *RD 39/1997*, de 17 de enero. Además, se incluyen modificaciones puntuales en el *RD 1109/2007*, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la *Ley 32/2006*, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y se deroga expresamente el artículo 18 del *RD 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, por necesidades derivadas de la adaptación de la Directiva sobre servicios de mercado interior
- El *Real Decreto 298/2009*, de 6 de marzo, por el que se modifica el *RD 39/1997*, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia. Esta modificación normativa no reduce el nivel de protección ya establecido en nuestro país respecto a las trabajadoras embarazadas y madres en período de lactancia, sino que pretende facilitar la realización de la evaluación de riesgos sin que ello suponga una regresión respecto a las cotas de seguridad ya alcanzadas.
- El *Real Decreto 604/2006*, de 19 de mayo, por el que se modifican el *RD 39/1997*, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el *RD 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Estas modificaciones se deben a la nueva redacción de los artículos 14.2, 16.1 y 16.2 de la *Ley 31/1995*, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, introducidos por la *Ley 54/2003*, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Además, con el fin de precisar y asegurar una auténtica integración de la actividad preventiva, el real decreto, presenta una nueva redacción al artículo 19 y una modificación del artículo 20, junto con una amplia reforma del capítulo V del *RD 39/1997*. También se desarrolla la presencia de recursos preventivos que regula el artículo 32 bis de la *Ley 31/1995*, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, mediante la introducción de un nuevo artículo 22 bis en el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- El *Real Decreto 780/1998*, de 30 de abril, por el que se modifica el *RD 39/1997*, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención. Esta modificación permite el reconocimiento de aquellos profesionales por la autoridad laboral competente mediante la correspondiente certificación que, una vez comprobado el cumplimiento de los requisitos exigidos, les habilitará para el ejercicio de las funciones de la actividad preventiva correspondientes al nivel intermedio y superior, en los términos señalados.

- El *Real Decreto 688/2005*, de 10 de junio, por el que se regula el régimen de funcionamiento de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social como servicio de prevención ajeno. Este real decreto, presenta la modificación del artículo 22 del reglamento de los servicios de prevención, aprobado por el *RD 39/1997*, de 17 de enero, y los artículos 13 y 37 del reglamento general sobre colaboración en la gestión de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, aprobado por el *RD 1993/1995*, de 7 de diciembre.

El **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo. En este real decreto se indican tanto las obligaciones generales del empresario (*artículo 3*) y así como los criterios para el empleo de la señalización (*artículo 4*).

El **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo. En este real decreto se indican tanto las obligaciones generales del empresario (*capítulo II*), y más concretamente las obligaciones del empresario respecto a los servicios higiénicos y locales de descanso (*capítulo II - artículo 9*) o el material y los locales de primeros auxilios (*capítulo II - artículo 10*), entre otros.

El **Real Decreto 487/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. Este real decreto se centra en las obligaciones del empresario de cara a la adopción de las medidas necesarias para cumplimentar las disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores en la manipulación manual de cargas.

El **Real Decreto 488/1997**, de 14 de abril, disposiciones mínimas de seguridad y salud relativos al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. Al igual que el anterior real decreto, el objetivo de este es presentar las obligaciones del empresario para implementar las disposiciones mínimas requeridas por la normativa.

El **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Este real decreto, como se indica en el artículo 1 tiene como objeto: "establecer, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la elección, utilización por los trabajadores en el trabajo y mantenimiento de los equipos de protección individual".

El **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, establece en el marco de la *Ley 31/1995*, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Sin embargo, el *Real Decreto 2177/2004*, de 12 de noviembre, por el que se modifica el *RD 1215/1997* de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. Estas modificaciones se deben

a la nueva redacción del punto 6 del apartado 1 del anexo I con la cual se introducen disposiciones específicas aplicables a los trabajos verticales; otra modificación es la introducción de un nuevo apartado 4 en el anexo II, en el que se incluyen disposiciones en lo relacionado con la utilización de los equipos de trabajo para la realización de los trabajos en altura; por último, se añade un párrafo a la disposición derogatoria con el fin de reflejar la derogación de determinadas disposiciones.

El **Real Decreto 1627/1997**, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción en el marco de la *Ley 31/1995*, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Este Real Decreto, entre otros puntos, define las obligaciones del promotor, proyectista, contratista, subcontratista y trabajadores autónomos e introduce las figuras del coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto y durante la ejecución de las obras. El Real Decreto establece mecanismos específicos para la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y del *RD 39/1997* de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

El **Real Decreto 842/2002**, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias que lo desarrollan (ITC) BT 01 a BT 51. La instrucción técnica complementaria que más interviene en este proyecto es la *ITC-BT-33*, correspondiente a las instrucciones técnicas complementaria que hacen referencia a la instalaciones con fines especiales, y teniendo como campo de aplicación las instalaciones provisionales y temporales de obras.

La **Ley 54/2003**, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Esta ley es fruto de las consecuencias del esfuerzo dedicado a la integración de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (*Ley 31/1995*); esfuerzos que derivaron en una serie de problemas durante un período de siete años que dificultaron su aplicación. El análisis de los problemas revelan una deficiente incorporación del modelo propuesto de prevención de riesgos junto con la no integración de la prevención en la empresa, que influye en la forma de cumplir con la normativa; además, se pone de manifiesto la falta de adaptación de la normativa de Prevención de Riesgos Laborales a las nuevas formas de organización del trabajo. En consecuencia a finales de año del 2002, se reinicia la Mesa de Diálogo Social en materia de Prevención de Riesgos Laborales en la que se concretan una serie de medidas para solventar los problemas mediante una reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales. Esa reforma constituye la presente *Ley 54/2003*, que tiene por objeto, como se indica en las disposiciones generales, apartado IV, "afrontar la ejecución de las medidas contenidas en el Acuerdo de 30 de diciembre de 2002, que requieren para su puesta en práctica una norma con rango de ley formal y que se refieren a dos ámbitos estrechamente relacionados: por un lado, la reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales; por otro, el reforzamiento de la función de vigilancia y control del sistema de Inspección de Trabajo y Seguridad Social".

El **Real Decreto 171/2004**, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la *Ley 31/1995* de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de

coordinación de actividades empresariales. Además, como se indica en el artículo 1, "las disposiciones establecidas en este real decreto tienen el carácter de normas mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores en los supuestos de coordinación de actividades empresariales".

El **RD 286/2006**, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Como indica el artículo 1, "el presente real decreto tiene por objeto, en el marco de la *Ley 31/1995*, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición".

La **Ley 32/2006**, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, que como se indica en el capítulo I - artículo 1, "tiene por objeto, "mejorar las condiciones de trabajo del sector, en general, y las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores del mismo, en particular".

El **Real Decreto 1109/2007**, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la *Ley 32/2006*, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción. Concretamente, como se indica en el capítulo I - artículo 1, "este real decreto tiene por objeto establecer las normas necesarias para la aplicación y desarrollo de la *Ley 32/2006*, de 18 de octubre".

El **Real Decreto 1644/2008**, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Este real decreto tiene por objeto, como se indica en el capítulo I - artículo 1, "establecer las prescripciones relativas a la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, con el fin de garantizar la seguridad de las mismas y su libre circulación, de acuerdo con las obligaciones establecidas en la *Directiva 2006/42/CE* del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la *Directiva 95/16/CE*".

La **Normativa Urbanística** - Plan General de Ordenación Urbana (**PGOU**) del municipio de Onda.

3. Instalaciones provisionales y servicios higiénicos

Las instalaciones provisionales y los servicios higiénicos requeridos seguirán las indicaciones del Anexo V del *RD 486/1997*, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo; y las indicaciones del Anexo IV del *RD 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

3.1. Agua potable

El punto A.1 del Anexo V del *RD 486/1997* refleja que, "los lugares de trabajo dispondrán de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible. Se evitará toda circunstancia

que posibilite la contaminación del agua potable. En las fuentes de agua se indicará si ésta es o no potable, siempre que puedan existir dudas al respecto”.

3.2. Vestuarios y aseos

El punto A.2 del Anexo V del RD 486/1997 y el punto A.15 del Anexo IV del RD 1627/1997 especifican que:

- Los lugares de trabajo dispondrán de vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo y no se les pueda pedir, por razones de salud o decoro, que se cambien en otras dependencias. Cuando las circunstancias lo exijan, la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.
- Los lugares de trabajo dispondrán, en las proximidades de los puestos de trabajo y de los vestuarios, de locales de aseo con espejos, lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón toallas individuales u otro sistema de secado con garantías higiénicas.
- Las dimensiones de los vestuarios, de los locales de aseo, así como las respectivas dotaciones de asientos, armarios o taquillas, colgadores, lavabos, duchas(deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos) e inodoros (en los utilizados por mujeres se instalarán recipientes especiales y cerrados), deberán permitir la utilización de estos equipos e instalaciones sin dificultades o molestias, teniendo en cuenta en cada caso el número de trabajadores que vayan a utilizarlos simultáneamente. Los inodoros dispondrán de descarga automática de agua y papel higiénico.
- Tanto los vestuarios como los aseos serán de fácil acceso.

3.3. Locales de descanso

El punto A.3 del Anexo V del RD 486/1997 y el punto A.16 del Anexo IV del RD 1627/1997 se resumen en los siguientes puntos a tener en cuenta:

- Con el objetivo de mantener la seguridad o la salud de los trabajadores, ya sea debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso de fácil acceso.
- Lo locales de descanso deberán disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de esparcimiento. Dichos locales deberán estar equipados de camas, armarios, mesas y sillas con respaldo acordes al número de trabajadores que deban utilizarlos simultáneamente.
- En los locales de descanso deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.
- Los lugares de trabajo en los que sin contar con locales de descanso, el trabajo se interrumpa regular y frecuentemente, dispondrán de espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, si su presencia durante las mismas

en la zona de trabajo supone un riesgo para su seguridad o salud o para la de terceros.

4. Aplicaciones de la seguridad del proceso constructivo

4.1. Previo a ejecución de la nueva unidad constructiva

Previamente al inicio de nueva unidad constructiva, no se iniciarán los trabajos sin la aprobación del Plan de Seguridad y Salud y sin que se haya verificado con antelación por el coordinador de seguridad y salud.

Además, antes de llevar a cabo cualquier tipo de trabajo preparatorio, el empresario deberá informar de los aspectos relacionados con las condiciones de seguridad y salud. En relación con todos aquellos aspectos que puedan influir en las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores, se deberán realizar las inspecciones necesarias para comprobar y rectificar las medidas preventivas consideradas en el proyecto y en el estudio de seguridad y salud.

Entre otras cosas, se comprobará y se verificará la dotación a los trabajadores de los equipos de protección individual (EPI); la señalización de la zona de acción del camión grúa; la formación de los trabajadores sobre los riesgos existentes y las medidas a adoptar; el entorno de las zonas de trabajo (elementos punzante, salientes, abrasivos o resbaladizos...); y las estructuras provisionales, medios auxiliares y el resto de elementos necesarios para la correcta ejecución del trabajo.

En cuanto a los EPI, deberán garantizar una protección adecuada contra los riesgos. Éstos reunirán las condiciones normales de uso previsible a que estén destinados, de modo que el usuario tenga una protección apropiada y de nivel tan elevado como sea posible. El grado de protección óptimo que se deberá tener en cuenta será aquel por encima del cual las molestias resultantes del uso del EPI se opongan a su utilización efectiva mientras dure la exposición al peligro o el desarrollo normal de la actividad. Además, no ocasionarán riesgos ni molestias en condiciones normales, y se adaptarán al máximo a la morfología del usuario. Antes de su utilización debe comprobarse la ficha técnica del equipo de protección para asegurar que cumplirá con el riesgo que supone el trabajo a realizar.

Igualmente, el empresario deberá disponer a los trabajadores los equipos de protección colectivos necesarios, y advertirá e instruirá a los trabajadores en lo relacionado al uso, conservación y mantenimiento de dichos equipos para la obra a ejecutar.

4.2. Ejecución de la nueva unidad constructiva

Durante la ejecución de la nueva unidad constructiva, se observarán, en relación con la salud y seguridad de los trabajadores, las indicaciones del presente estudio, las normas contenidas en el Plan de Seguridad y Salud y las instrucciones dadas por el coordinador de seguridad y salud.

Además, se deberán revisar y registrar en el Plan de Seguridad y Salud, de forma periódica, las medidas de seguridad y salud implementadas.

Asimismo, la directiva ordenará suspender los trabajos cuando existan condiciones climatológicas desfavorables (fuertes vientos, lluvias, nieve, etc.).

Para la seguridad y salud de los trabajadores durante la ejecución de la nueva unidad constructiva, se expone: la descripción de cada uno de los trabajos a realizar junto con sus riesgos más frecuentes, las medidas preventivas indicándose como normas básicas de seguridad y las protecciones individuales y colectivas requeridas.

4.2.1. Movimiento de tierras y excavación

A. Descripción de los trabajos

El movimiento de tierras es el conjunto de las actuaciones necesarias que se deben realizar en la superficie en la cual se ejecutará la nueva unidad constructiva. Para ello, el primer paso es realizar el despeje o desbroce de la superficie con la que se realiza una limpieza del terreno; en segundo lugar, se realiza el replanteo mediante el cual se identifican en el terreno las dimensiones y formas finales indicadas en los planos del proyecto. Por último, se efectúa la excavación, que es el movimiento de tierras mediante el cual se obtiene el estado de la superficie apto para el desarrollo del plano de las cimentaciones.

B. Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Atropellos y choques.
- Atrapamientos con la maquinaria.
- Caídas a zanjas.
- Vuelcos.
- Ruidos.
- Vibraciones por uso de compresores.
- Sobreesfuerzos.
- Inundaciones.

C. Normas básicas de seguridad

- Antes de realizar esta operación se deberá conocer:
 - La estabilidad del terreno.
 - Las zonas de distribución de trabajo (acceso, almacenamiento de material, circulación, zonas de carga y descarga,...).
 - El orden o la simultaneidad de las de los trabajos a ejecutar.
- Durante la ejecución de la operación:
 - En primer lugar, se indicará la señalización de: las zonas de trabajo, los accesos, la circulación de vehículos y las zonas de carga y descarga.

- Se comprobarán los avisadores acústicos de la maquinaria.
- Se dispondrá de personal especializado para la utilización de la maquinaria.
- No se accederá a la zona delimitada para los trabajos de excavación.
- Se respetará un perímetro de seguridad de 5 metros en maquinaria en funcionamiento.
- No se realizarán de forma simultánea los trabajos manuales con los trabajos de maquinaria.
- Si fuese necesario el paso por las zanjas, se utilizarán pasarelas.
- Se limitará el tiempo de utilización de la maquinaria que genere altos niveles de vibración.
- En el caso de realizar una comprobación del trabajo realizado en la excavación, se detendrán todos los trabajos de dicha operación hasta nueva orden.
- Se suspenderán los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.
- Se deberá utilizar de forma adecuada los EPI's asignados

D. Protecciones individuales

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Protector auditivo.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad antipartículas y anti-polvo.
- Fajas y cinturones antivibratorios

E. Protecciones colectivas

- Vallas de contención en desbordes.
- Señalización con cinta de balizamiento reflectante y señales de riesgo de caída a distinto nivel.
- Avisador acústico de máquinas.

4.2.2. Cimentación

A. Descripción de los trabajos

Las secuencias de ejecución de la cimentación de zapatas consta de los siguientes pasos:

- Preparación de la plataforma de trabajo (movimiento de tierras y excavación), visto en el punto anterior.
- Ejecución de la capa de limpieza a través de la creación de una capa de espesor reducido de hormigón de baja calidad.

- Colocación del encofrado, en función de la estabilidad del terreno, se puede hormigonar contra él o en su defecto, colocar encofrados de madera o metal.
- Colocación de las armaduras y juntas de hormigonado.
- Hormigonado. El hormigón vertido en cimentación será vibrado con vibrador eléctrico, teniendo la precaución de no inferir con dicho vibrador las armaduras. Sobre el hormigón vertido en cimentaciones, y una vez llenos los pozos, se podrá hacer a mano el retoque necesario para poder conseguir una superficie más o menos plana y de aspecto homogéneo.
- Desencofrado: Pasados tres o cuatro días, cuando el curado ha finalizado, se retira el encofrado.

B. Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Atropellos y choques.
- Atrapamientos con la maquinaria.
- Caídas a zanjas.
- Vuelcos.
- Proyección de partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Inundaciones

C. Normas básicas de seguridad

- Se deberá considerar:
 - Las zonas de distribución de trabajo (acceso, zonas acopio de material, circulación de vehículos y maquinaria,...).
 - El orden o la simultaneidad de las de los trabajos a ejecutar.
 - La comprobación de los avisadores acústicos de la maquinaria.
 - La disposición de personal especializado para la utilización de la maquinaria.
 - La no acumulación de residuos (tierras, escombros,...) en los bordes de las excavaciones.
 - Los encofrados se ubicaran de forma ordenada y siempre horizontalmente en lugares adecuados, fuera de las zonas de paso.
 - La verificación del estado de las placas de encofrar.
 - Siempre que sea posible, se utilizará maquinaria en el transporte de los elementos del encofrado.
 - En la colocación del encofrado, únicamente estarán en la zona de trabajo los operarios encargados de realizar la actividad.
 - Para las zonas discontinuas entre mallas y otros materiales, se utilizarán pasarelas de mínimo 60 cm de ancho.
 - El hormigón se distribuirá de forma uniforme.
 - Los desencofrados prematuros.

- Un perímetro de seguridad con la maquinaria en funcionamiento.
- Un mantenimiento correcto de la maquinaria desde el punto de vista mecánico.
- En las instalaciones eléctricas de la maquinaria, se debe disponer de una sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos de clase B. Preferentemente se utilizará un sistema de protección "toma de tierra" de las masas.
- La suspensión de los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.
- La utilización de forma adecuada los EPI's asignados.

D. Protecciones individuales

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante y botas de goma de caña alta para hormigonado.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad antipartículas y anti-polvo.

E. Protecciones colectivas

- Vallas de contención en desbordes. Se utilizarán brandillas perimetrales a la excavación, y en el caso de que la altura sea inferior a 2 m, simplemente se procederá a la señalización de la zona.
- Señalización con cinta de balizamiento reflectante y señales de riesgo de caída a distinto nivel.
- Avisador acústico de máquinas.

4.2.3. Estructura metálica

A. Descripción de los trabajos

El ensamble de la estructura metálica (pilares, cerchas y correas) se realizará mediante la utilización de la grúa móvil, medios auxiliares como plataforma elevadora y/o plataforma de tijera, herramientas eléctricas y manuales, y el equipo de soldadura y oxicorte.

B. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios a distinto y al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome o manipulación.
- Golpes y cortes con herramientas y/u objetos.
- Atropellos al personal de obra por la maquinaria.
- Atrapamientos entre objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.

- Quemaduras y contactos térmicos.
- Exposición a radiaciones.
- Incendios y/o explosiones (en trabajos de soldadura).
- Sobreesfuerzos.

C. Normas básicas de seguridad

Por considerarse trabajos con riesgo de caídas en altura y para la coordinación en la concurrencia de operaciones diversas que se desarrollan sucesivamente, durante la ejecución de las distintas unidades constructivas será necesaria la presencia del Recurso Preventivo de acuerdo al artículo 22 bis del *R.D. 604/2006*.

- Se deberá considerar y respetar:
 - Las zonas de distribución de trabajo (acceso, zonas acopio de material, circulación de vehículos, maquinaria y material, puntos de amarre para el uso de arnés de seguridad...).
 - El orden o la simultaneidad de las de los trabajos a ejecutar.
 - La señalización de las zonas de trabajo.
 - La disposición de personal especializado tanto para el movimiento de cargas suspendidas como para la utilización de la maquinaria.
 - El acopio de material estructural se ubicará lo más próximo posible a la zona de trabajo y alejado de la circulación de la maquinaria.
 - El material estructural, en la zona de almacenamiento provisional, se posicionará horizontalmente y sobre durmientes de madera.
 - No se permite la permanencia de operarios en las zonas donde se ejecute la carga y descarga de material.
 - La descarga de material se realizará por medio mecánicos, lentamente y evitando movimientos bruscos con el fin de evitar su caída.
 - En las operaciones de altura se emplearán medios auxiliares adecuado (plataforma elevadora o plataforma de tijera), y por tanto se seguirán las instrucciones técnicas sobre la correcta utilización de dichos medios.
 - En las operaciones de altura es obligatorio el uso de los cinturones de seguridad.
 - Las cargas movilizadas por la grúa, permanecerán sujetas hasta que estén fijadas correctamente.
 - La suspensión de los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.
 - La utilización de forma adecuada los EPI's asignados.

D. Protecciones individuales

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.

- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad antipartículas y anti-polvo.
- Casco de protección.
- Arnés o cinturón de seguridad.
- Pantalla de soldador, protección vía respiratoria, mandil, guantes y calzado para realizar soldaduras.
- Protector auditivo.

E. Protecciones colectivas

- Vallas de contención en las plataformas mediante barandillas de altura mínima de 0,9 m y que dispondrán de una protección inferior con el fin de impedir el paso o la caída de objetos sobre personas.
- Señalización con cinta de balizamiento reflectante, señales de zonas concretas de trabajo y señalización para el movimiento de las cargas y los trabajos de altura.
- Avisador acústico de máquinas.
- Disposición de extintores en obra (por los posibles trabajos de soldadura y oxicorte).

4.2.4. Cubiertas

A. Descripción de los trabajos

En el montaje de las cubiertas, para el cual previamente se montará una red horizontal de protección, se realizará mediante el uso de grúa móvil para el transporte de las placas de cubierta a montar y de la plataforma elevadora móvil para el transporte de los operarios.

B. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios a distinto y al mismo nivel.
- Caída de objetos.
- Derrumbamiento o desplome de cubiertas.
- Golpes y cortes con herramientas y/u objetos.
- Atropellos al personal de obra por la maquinaria.
- Quemaduras y contactos térmicos.
- Sobreesfuerzos.

C. Normas básicas de seguridad

Por considerarse trabajos con riesgo de caídas en altura y hundimiento de cubierta, durante la ejecución de las distintas unidades constructivas será necesaria la presencia del Recurso Preventivo de acuerdo al artículo 22 bis del *R.D. 604/2006*.

- Se deberá considerar y respetar:
 - Las zonas de distribución de trabajo (acceso, zonas acopio de material, circulación de vehículos, maquinaria y material, puntos de amarre para el uso de arnés de seguridad...).
 - El orden o la simultaneidad de las de los trabajos a ejecutar.
 - La señalización de las zonas de trabajo.
 - La disposición de personal especializado tanto para el movimiento de cargas suspendidas como para la utilización de la maquinaria.
 - La descarga de material se realizará por medio mecánicos, lentamente y evitando movimientos bruscos con el fin de evitar su caída.
 - Las plataformas elevadoras para el transporte de personal dispondrán de barandillas reglamentarias según la normativa.
 - En las operaciones de altura es obligatorio el uso de los cinturones de seguridad, anclados a puntos previamente certificados. Si fuera necesario, se montaría una 'línea de vida' provisional.
 - La instalación de redes de seguridad siempre que las condiciones de la nave lo permitan con el objetivo de prevenir el riesgo de caída a distinto nivel. Esta red de seguridad será horizontal y se instalarán bajo la zona de trabajo, intentando siempre el montaje más cercano posible a la superficie de trabajo, ya que en caso de caída, el operario recorra la mínima distancia posible; además, en caso de caída, esta no debe superar los 6 m.
 - La red de seguridad horizontal, permanecerá montada hasta la finalización de los trabajos.
 - No se depositarán en la cubierta materiales o herramientas que puedan dañarla o que puedan deslizarse, por lo que se utilizará el cinturón portaherramientas.
 - No se permite la permanencia de operarios en las zonas donde se ejecute la actividad, por lo que dichas zonas deberán estar señalizadas.
 - No se permite el paso por los traslúcidos de la cubierta.
 - Las cargas movilizadas por la grúa, permanecerán sujetas hasta que estén fijadas correctamente.
 - La suspensión de los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.
 - La utilización de forma adecuada los EPI's asignados.

D. Protecciones individuales

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad antipartículas.
- Casco de protección.
- Arnés o cinturón de seguridad.

E. Protecciones colectivas

- Montaje de la red horizontal de seguridad, siempre que las condiciones de la estructura lo permitan con el objetivo de prevenir el riesgo de caída a distinto nivel.
- Señalización de las zonas inferiores donde se realicen trabajos de altura y señalización del movimiento de las cargas.

4.2.5. Solera

A. Descripción de los trabajos

Una solera es un revestimiento del terreno con hormigón que apoya sobre el terreno que en el presente proyecto estará destinado a una sobrecarga estática superior a 5 t/m². Para la nueva unidad constructiva, se procederá a distribuir lo más uniforme posible la arena de río con tamaño máximo de grano 0,5 cm formando una capa de 15 cm de espesor, conformando así la subbase de la solera; sobre esta capa, se situará una lámina aislante de polietileno y por último se extenderá sobre la lámina el hormigón HA- 25 N/mm² formando una capa de 20 cm de espesor.

B. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Golpes y cortes con herramientas y/u objetos.
- Atropellos al personal de obra por la maquinaria o vehículos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Contactos eléctricos.
- Proyección de partículas.

C. Normas básicas de seguridad

- Se deberá considerar y/o respetar:
 - El orden o la simultaneidad de las de los trabajos a ejecutar.
 - La iluminación, señalización y delimitación de las zonas de trabajo.
 - La limpieza, cuando sea posible, de la zona de trabajo.

- La disposición de personal especializado tanto para el trabajo con hormigón como para la utilización de la maquinaria.
- El mantenimiento adecuado y la revisión completa de los equipos y maquinarias necesarias para la realización del trabajo.
- La utilización de forma adecuada los EPI's asignados.

D. Protecciones individuales

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada, antideslizante e impermeables.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad antipartículas.
- Casco de protección.
- Mascarilla antipolvo.

E. Protecciones colectivas

- Señalización perimetral de las zonas de trabajo.

4.2.6. Cerramientos

A. Descripción de los trabajos

Los cerramientos restantes, cuya función es proteger el interior de los agentes externos, se ejecutará con la ayuda de medios auxiliares como grúas móviles para la carga de las piezas del cerramiento y de plataformas elevadoras para realizar los trabajos en altura.

B. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios a distinto y al mismo nivel.
- Caída de objetos.
- Golpes y cortes con herramientas y/u objetos.
- Atropellos al personal de obra por la maquinaria.
- Atrapamientos entre objetos.
- Sobreesfuerzos.

C. Normas básicas de seguridad

Por considerarse trabajos con riesgo de caídas en altura y por la posibilidad de concurrir varias empresas realizando trabajos de forma simultánea, aumentando la posibilidad de riesgos de accidentes, durante la ejecución de las distintas unidades constructivas será necesaria la presencia del Recurso Preventivo de acuerdo al artículo 22 bis del *R.D. 604/2006*.

- Se deberá considerar y respetar:

- Las zonas de distribución de trabajo (acceso, zonas acopio de material, circulación de vehículos, maquinaria y material, puntos de amarre para el uso de arnés de seguridad...).
- El orden o la simultaneidad de las de los trabajos a ejecutar.
- La señalización de las zonas de trabajo.
- La disposición de personal especializado tanto para el movimiento de cargas suspendidas como para la utilización de la maquinaria.
- La utilización de cinturones portaherramientas.
- La utilización de medios auxiliares y plataformas adecuadas (andamios metálicos, escaleras manuales, plataformas elevadoras,...) para las operaciones de altura, quedando totalmente prohibido el trabajo directo sobre la estructura.
- Las plataformas elevadoras para el transporte de personal al a zona de altura, deberán ir provistas de barandillas y sistemas de seguridad.
- No se permite la permanencia de operarios en las zonas donde se ejecute la actividad, por lo que dichas zonas deberán estar señalizadas.
- El mantenimiento de las herramientas y maquinarias utilizadas, así como la elección y uso adecuado de las mismas.
- Las cargas movilizadas por la grúa, permanecerán sujetas hasta que estén fijadas correctamente.
- La suspensión de los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.
- La utilización de forma adecuada los EPI's asignados.

D. Protecciones individuales

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.
- Arnés o cinturón de seguridad.

E. Protecciones colectivas

- Vallas de contención en las plataformas mediante barandillas de altura mínima de 0,9 m y que dispondrán de una protección inferior con el fin de impedir el paso o la caída de objetos sobre personas.
- Señalización con cinta de balizamiento reflectante, señales de zonas concretas del tipo de trabajo y señales indicativas de riesgo de caída de objetos en manipulación o suspensión.
- Avisador acústico de máquinas.

5. Maquinaria de Obra

5.1. Condiciones generales

La maquinaria a utilizar deberá cumplir con las disposiciones vigentes en materia de seguridad, con el fin de establecer los requisitos necesarios para obtener un nivel de seguridad suficiente. No obstante, si en las revisiones de la maquinaria se detectara un riesgo potencial, de inmediato se paralizará la máquina y se adoptarán las medidas necesarias para eliminar o reducir el peligro o riesgo.

Por otra parte, las máquinas eléctricas deberán disponer de los sistemas de seguridad adecuados para eliminar el riesgo de contacto eléctrico o minimizar sus consecuencias en caso de accidente.

No se podrán emplear las máquinas en trabajos distintos para los que han sido diseñadas y fabricadas, y no la utilizarán aquellos trabajadores que no tengan la formación requerida para el correcto funcionamiento de la maquinaria.

Para la seguridad y salud de los trabajadores durante la ejecución de la nueva unidad constructiva, se expone: la descripción de cada uno de los trabajos a realizar por la maquinaria o herramientas junto con sus riesgos más frecuentes, las protecciones individuales y las protecciones colectivas requeridas.

5.2. Retroexcavadora giratorio y/o mixta

Esta máquina se utilizará para los trabajos de movimientos de tierra.

A. Riesgos más frecuentes

- Golpes y atrapamientos.
- Choques con otros vehículos.
- Caída de carga.
- Vuelco de la máquina.
- Atropellos de personas.
- Caída de personal al subir y bajar de la máquina.
- Ambiente con polvo y vibraciones.

B. Equipos de protección individual

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.
- Protector auditivo.
- Mascarillas.

C. Medidas preventivas

- Organizar el espacio necesario para maniobrar, se guardarán las distancias a las zanjas y toda alteración del terreno que pueda posibilitar el vuelco de la máquina.
- No se abandonará la retroexcavadora sin apoyar el equipo en el suelo, parar el motor y colocar el freno. Asimismo, se colocará el equipo de la cuchara apoyado en el suelo, aunque sea para paradas de poca duración.
- Para la extracción de material se trabajará siempre cara a la pendiente, quedando prohibido derribar elementos que sean más altos que la máquina con la cuchara extendida. Los desplazamientos de la máquina se realizarán con la cuchara apoyada sobre ella en el sentido de la marcha.
- Queda prohibido la utilización de la cuchara como grúa.
- En cuanto a la cabina, conviene que sea antivuelco, ya que protege del atrapamiento del conductor en caso de vuelco, junto con el cinturón de seguridad que mantendría al conductor fijo en el asiento. Además, la cabina debe proteger contra la inhalación del polvo y del ruido que se produce en la zona de trabajo.

5.3. Bulldozer

Esta máquina se utilizará para los trabajos de movimientos de tierra.

A. Riesgos más frecuentes

- Golpes y atrapamientos.
- Choques con otros vehículos.
- Caída de carga.
- Vuelco de la máquina.
- Atropellos de personas.
- Caída de personal al subir y bajar de la máquina.
- Ambiente con polvo y vibraciones.

B. Equipos de protección individual

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.
- Protector auditivo.
- Mascarillas.

C. Medidas preventivas

- Organizar el espacio necesario para maniobrar, se guardarán las distancias a las zanjas y toda alteración del terreno que pueda posibilitar el vuelco de la máquina.
- No se abandonará la retroexcavadora sin apoyar el equipo en el suelo, parar el motor y colocar el freno.
- Para la extracción de material se trabajará siempre cara a la pendiente, quedando prohibido derribar elementos que sean más altos que la máquina con la cuchara extendida. Los desplazamientos de la máquina se realizarán con la cuchara en la posición más baja posible, garantizando así la estabilidad.
- Queda prohibido la utilización de la cuchara como grúa.
- En cuanto a la cabina, conviene que sea antivuelco, ya que protege del atrapamiento del conductor en caso de vuelco, junto con el cinturón de seguridad que mantendría al conductor fijo en el asiento. Además, la cabina debe proteger contra la inhalación del polvo y del ruido que se produce en la zona de trabajo.

5.4. Hormigonera

Esta máquina se utilizará para el transporte del hormigón.

A. Riesgos más frecuentes

- Proyección de partículas de hormigón.
- Golpes y atrapamientos.
- Caída de carga.
- Choques con otros vehículos.
- Atropellos de personas.
- Caída de personal.
- Vuelco de la máquina.
- Contactos térmicos y eléctricos.
- Ambiente con polvo y vibraciones.

B. Equipos de protección individual

- Ropa de trabajo adecuada y chaleco reflectante.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.
- Protector auditivo.
- Mascarillas.

C. Medidas preventivas

- Se debe señalar el recorrido de la obra.
- Es recomendable que la máquina disponga de avisador luminoso y acústico.
- Se debe realizar una revisión del estado de los dispositivos de la máquina: frenos, neumáticos, cisterna, canaleta, etc.
- No se cargará la cuba por encima de la carga máxima permitida.
- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.
- La alimentación eléctrica de la hormigonera estará conectada a tierra.
- El margen de separación respecto a la excavación no será superior a dos metros de los bordes.
- No se permite la presencia de trabajadores en el radio de acción de la máquina.
- En caso de que las operaciones se deban realizar con maniobras complejas o peligrosas, el maquinista debe disponer de un guía.
- No se superará las pendientes fijadas en el manual de instrucciones de la máquina.
- Se suspenderán los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.

5.5. Grúa móvil y Camión grúa

Estas máquinas se utilizarán para el izado de cargas.

A. Riesgos más frecuentes

- Golpes y atrapamientos.
- Caída de carga.
- Vuelco de la máquina.
- Atropellos de personas.
- Caída de personal al subir y bajar de la máquina.
- Rotura de cables o eslingas.

B. Medidas preventivas

- No se sobrepasará la carga máxima de la máquina.
- La cabina debe contener un botiquín de primeros auxilios y un extintor.
- La máquina debe disponer de un avisador luminoso y acústico.
- El emplazamiento de la máquina se efectuará evitando las irregularidades del terreno con la finalidad de que la grúa quede perfectamente nivelada.
- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.
- Se debe respetar la secuencia para desplegar la grúa definida en el Manual de Uso del fabricante de la máquina.
- Cada uno de los elementos auxiliares que se utilicen en las maniobras (eslingas, ganchos,...) deben tener capacidad de carga suficiente para soportar evitando la deformación, las sollicitaciones a las que se enfrentará.

- Los cables con hilos rotos se deben desechar.
- No se permite el funcionamiento simultáneo desde diferentes puestos, si los hubiese.
- El puesto de mando debe estar en ubicado donde el operario disponga de perfecta visibilidad del movimiento y donde el operario no corra peligro al realizar el trabajo.
- No deben encontrarse ni el operario ni otras personas en el radio de giro de la máquina.
- El movimiento de cargas se realizará evitando operaciones bruscas.
- Las cargas se levantarán siempre por la vertical de su centro de gravedad.
- Antes de soltar las cargas, deberán estar fijadas correctamente en su lugar.
- No se debe trepar a la máquina.
- Se suspenderán los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.

5.6. Plataforma elevadora y de tijera

Esta máquina se utilizará para la elevación del personal encargado de los trabajos en altura.

A. Riesgos más frecuentes

- Golpes y atrapamientos.
- Choques contra objetos fijos o móviles.
- Caída a distinto o al mismo nivel.
- Vuelco de la máquina.
- Atropellos de personas.
- Caída de personal al subir y bajar de la máquina.
- Contactos eléctricos directos o indirectos.

B. Medidas preventivas

- Antes de la utilización de la máquina, se debe revisar a fonda para detectar los posibles fallos que puedan afectar a la seguridad de los trabajadores.
- Se delimitará la zona de trabajo y se mantendrá una distancia de seguridad con los posibles obstáculos, escombros, desniveles, agujeros, rampas, etc, que comprometan la seguridad.
- La máquina no puede moverse cuando está en posición de transporte; debe disponer de un dispositivo que indique la inclinación y además debe disponer de una señal sonora que advierta cuando alcanza los límites de inclinación.
- La plataforma tendrá barandillas de contención de altura mínima de 0,9 m y que dispondrán de una protección inferior con el fin de impedir el paso o la caída de objetos sobre personas.
- El suelo de la plataforma debe ser antideslizante y debe permitir la salida del agua.

- La plataforma debe disponer de puntos de anclaje para los cinturones de seguridad.
- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.
- La plataforma debe estar equipada con un sistema de paro de emergencia de fácil acceso.
- Se comprobará la existencia de conductores eléctricos de alta tensión en la vertical del equipo, y se mantendrá una distancia mínima de seguridad, a la aislación o al corte de la corriente en el caso que impida el trabajo a realizar.
- Se suspenderán los trabajos cuando las condiciones meteorológicas sean adversas.

5.7. Carretillas elevadoras

Esta máquina se utilizará para el transporte de material.

A. Riesgos más frecuentes

- Golpes y atrapamientos.
- Choques contra objetos fijos o móviles.
- Caída de material.
- Rotura de material transportados.
- Vuelco de la máquina.
- Atropellos de personas.
- Caída de personal al subir y bajar de la máquina.

B. Medidas preventivas

- La carretilla deberá disponer del dispositivo antivuelco y del cinturón de seguridad.
- Se circulará con el mástil inclinado hacia atrás y las horquillas a 15 cm del suelo.
- Reducir la velocidad en el transporte, no sobrepasar los 10 Km/h.
- No sobrepasar los límites de carga de la carretilla.
- Revisar el estado de la carretilla.
- Eliminar los elementos punzantes de suelo.
- El operador utilizará la señal acústica y luminosa en cruces y al entrar/salir de los recintos.
- Delimitar el recorrido para evitar paso de personal durante el trabajo con la carretilla.
- Se procurará tener siempre una buena visibilidad del camino a seguir.
- Si la carga lo impide, se circulará marcha atrás extremando las precauciones; para ello, se requiere la guía de otro operario.
- El descenso de pendientes se realizará siempre marcha atrás.
- No se girará en las rampas.
- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.

5.8. Equipos de Soldadura y Oxicorte

Esta máquina se utilizará para unir o cortar el material.

A. Riesgos más frecuentes

- Caídas de objetos al mismo nivel.
- Incendios.
- Explosiones.
- Quemaduras.
- Intoxicación.
- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Proyección de partículas.

B. Equipos de protección

- Extintor.
- Ropa adecuada.
- Guantes contra cortes y vibraciones.
- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Mandil de protección.
- Pantalla de protección.
- Gafas de seguridad antiimpactos.
- Casco de seguridad.

C. Medidas preventivas

- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.
- La distancia de seguridad para los materiales inflamables o explosivos será de 10 metros respecto al área de trabajo de la soldadura.
- La zona de trabajo se mantendrá libre de residuos.
- Es necesario revisar las protecciones de los equipos eléctricos de forma periódica.
- La superficie de trabajo debe permanecer seca y debe disponer de banquetas aislantes.
- No se permite realizar los trabajos sin los equipos de protección requeridos.
- No se permite trabajar o mirar el trabajo sin protección visual.
- En trabajos de altura, no se permite el tránsito o la estancia de personas debajo de los trabajos de soldadura.
- Se colocarán pantallas para evitar que caigan partículas de metal incandescente sobre los operarios o las mangueras de gas.
- No se soldarán superficies manchadas de grasas o aceites.
- No se fumará en las inmediaciones de los trabajos de soldadura.

- Todas las botellas estarán correctamente etiquetadas y cumplirán con los requisitos impuestos por el Reglamento de Aparatos a Presión.
- El soplete se refrigerará sumergiéndolo en agua y durante las paradas dispondrá de su propio soporte.
- El mechero debe disponer de un mango.
- Las mangueras se revisarán periódicamente.
- Siempre debe haber un extintor en las áreas de trabajo.

5.9. Vibrador

Esta máquina se utilizará para homogeneizar el hormigón vertido para realizar estructuras de hormigón.

A. Riesgos más frecuentes

- Sobre esfuerzos.
- Golpes y atrapamientos.
- Choques contra objetos fijos o móviles.
- Descargas eléctricas.
- Caída de personal.
- Proyección de partículas

B. Equipos de protección individual

- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.
- Protector auditivo.
- Sobre cargas.

C. Medidas preventivas.

- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.
- La operación se debe realizar siempre desde una posición estable y segura.
- El operario no permanecerá en ningún momento sobre el encofrado ni sobre elementos inestables.
- Se limitarán las vibraciones transmitidas a los trabajadores.
- Tanto la manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico como su conexión al transformador, estará protegida si discurre por zonas de paso.
- El vibrador no puede permanecer en funcionamiento sin un operario.

5.10. Escaleras de mano

Este dispositivo se utilizará para ascender o descender de lugar a distinta altura.

A. Riesgos más frecuentes

- Caída a distinto nivel.
- Caída de objetos a distinto nivel.

B. Equipos de protección individual

- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.

C. Medidas preventivas

- Las escaleras de madera serán revisadas antes del uso.
- Las escaleras de tijeras dispondrán de dispositivos de control de apertura.
- El apoyo inferior dispondrá de dispositivos antideslizantes.
- Subir y bajar las escaleras de cara a la misma y con las manos libres.
- Las herramientas se transportarán en cinturones adaptados para ello.
- No subir pesos superiores a 25 Kg.
- No se utilizará las escaleras para improvisar andamios o pasarelas.

5.11. Herramientas eléctricas

Estas herramientas se utilizarán para la obtención de las unidades constructivas. Las herramientas eléctricas pueden ser amoladoras, sierras, taladros, atornilladores, etc.)

A. Riesgos más frecuentes

- Contactos eléctricos.
- Golpes y cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Proyección de partículas.
- Incendio.
- Ruido.

B. Equipos de protección individual

- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.

- Protector auditivo.

C. Medidas preventivas

- La utilización de la máquina queda restringida al personal autorizado.
- Se deberá realizar una comprobación de las herramientas previo a su utilización; así como una revisión del estado de los elementos que se acoplan a las herramientas en relación con el trabajo a realizar.
- No se transportarán las herramientas cogiéndolas por el cable de alimentación.
- La herramienta debe permanecer desconectada para realizar un recambio de útil.
- Se utilizarán herramientas que tengan doble aislamiento de protección.
- Evitar los trabajos en las proximidades de materiales combustibles.
- Fijar los materiales por medio de mordazas adecuadas, antes de trabajar sobre ellos.
- Las herramientas se sujetarán con las dos manos.

5.12. Herramientas manuales

Estas herramientas se utilizarán para realizar el resto de trabajos que las herramientas eléctricas no pueden realizar.

A. Riesgos más frecuentes

- Golpes y cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Proyección de partículas.
- Ruido.

B. Equipos de protección individual

- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas de seguridad con plantilla de acero, de puntera reforzada y antideslizante.
- Uso de guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Casco de protección.
- Protector auditivo.

C. Medidas preventivas

- Se utilizarán herramientas adecuadas para el trabajo a realizar.
- Las herramientas dispondrán de un recubrimiento aislante.
- Se realizará un mantenimiento periódico de las herramientas.

- Los trabajadores deben ser formados correctamente para la utilización de cada herramienta.

6. Plan de Seguridad y Salud

El Plan de Seguridad y Salud se elaborará con el objetivo de analizar, estudiar, desarrollar y complementar las previsiones contenidas en el Estudio Básico y en función del sistema de ejecución de obra.

El Plan de Seguridad y Salud lo desarrolla el contratista, sin embargo, todo aquel que intervenga en la obra, ya sean las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma justificada las sugerencias y alternativas oportunas.

Ahora bien, en dicho plan en el que se incluirán las propuestas de medidas alternativas de prevención con la correspondiente justificación técnica, siempre que no implique una disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Antes del inicio de la obra, el Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud. No obstante, podrá ser modificado por el contratista, aunque siempre bajo la aprobación del Coordinador, en función de: el proceso de ejecución de la obra, la evolución de los trabajos, los posibles incidentes y las posibles modificaciones.

7. Presencia de recurso preventivo

La presencia de los recursos preventivos no es más que una medida preventiva con la que se pretende vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas en relación con los riesgos que puedan existir en las diferentes operaciones.

La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos cualquiera que sea la modalidad de organización de dichos recursos, de acuerdo con el artículo 22 bis del R.D. 604/2006, de conformidad con el artículo 32 bis de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, será necesaria en los siguientes casos:

- Cuando debido a la sucesión o simultaneidad de las operaciones los riesgos puedan verse agravados o modificados.
- Cuando se desarrollen operaciones peligrosas que implican riesgos especiales como:
 - Operaciones con alto riesgo de caída desde altura debido al tipo de trabajo o a las condiciones del entorno de trabajo.
 - Operaciones con riesgo de sepultamiento o hundimiento.
 - Operaciones que implican la utilización de maquinaria sin la acreditación CE u operaciones en las que la seguridad del operario no esté garantizada a pesar de desarrollarse las medidas reglamentarias de aplicación.

- Operaciones en las que el entorno de trabajo consta de aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable.
- Operaciones con riesgos de ahogamiento por inmersión, exceptuando las operaciones en inmersión con equipo subacuático.
- Cuando lo requiera la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El empresario deberá facilitar a los trabajadores los datos de referencia de las personas que llevarán a cabo la presencia de los recursos preventivos, personas previstas en los apartados 2 y 4 del artículo 32 bis de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. La estancia o ubicación de dichos encargados, será un emplazamiento seguro que no suponga un riesgo adicional para ellos y para el resto de trabajadores.

La supervisión de la presencia de los recursos preventivos incluye la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas y la adaptación de las medidas a los riesgos existentes o no previstos. En función del resultado de la supervisión se puede obtener dos tipos de conclusiones:

- Si el resultado es la existencia de una deficiencia en el cumplimiento las actividades preventivas, las personas previstas para la supervisión de la presencia de recursos preventivos deberán:
 - Indicar las pautas o medidas necesarias para el cumplimiento de dichas prevenciones.
 - Informar al empresario para subsanar las deficiencias encontradas.
- Si el resultado consiste en la falta de adaptación de las medidas preventivas, las personas previstas para la supervisión de la presencia de recursos preventivos deberán informar directamente al empresario.

8. Medicina preventiva y primeros auxilios

La medicina preventiva y los primeros auxilios seguirán las indicaciones dadas en el Anexo VI del *R.D. 486/1997*, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo; y en el Anexo IV del *R.D. 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción:

- El empresario en el encargado de garantizar la formación necesaria para que el personal puedan aplicar los primeros auxilios. Asimismo, se debe disponer del material para primeros auxilios en caso de requerirse en un lugar visible y accesible. Este material, que se revisará periódicamente y se repondrá cuando se utilice, debe ajustarse en cuanto a cantidad y características al número de trabajadores, a los diferentes riesgos a los que estén expuestos y a las facilidades de acceso al centro de asistencia médica más cercano. Según la normativa, se debe disponer de un botiquín portátil que contenga según el *R.D. 486/1997*, Anexo VI parte A.3:
 - Desinfectantes y antisépticos autorizados.
 - Gasas estériles.
 - Algodón hidrófilo.

- Vendas.
 - Esparadrapo.
 - Apósitos adhesivos.
 - Tijeras.
 - Pinzas.
 - Guantes desechables.
- En cuanto a la asistencia a los accidentados, se deben adoptar medidas necesarias para garantizar la evacuación, para recibir cuidados médicos requeridos. Para ello, en la obra se informará de los centros médicos adecuados (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, ...) donde deberán ser trasladados lo más rápido posible. Además, es recomendable disponer en un lugar visible de la obra un listado telefónico y un listado de las direcciones de los centros asignados para garantizar que el transporte de los accidentados a los centros asistenciales.
 - Si se debe esperar la llegada de la asistencia médica a la obra, en ningún caso se le moverá cuando sea imprescindible para su integridad; se comprobarán los signos vitales (pulso, respiración y consciencia), se le intentará tranquilizar y se le cubrirá para mantener su temperatura corporal. No se le suministrará ningún tipo de líquido sin la aprobación del médico y en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

9. Documentos de obra

9.1. Estudio Básico de Seguridad y Salud

El Estudio Básico de Seguridad y Salud, es un documento relacionado con el proyecto, que contiene las medidas de prevención y protección requeridas para subsanar los riesgos identificados en la realización de la obra bajo condiciones de seguridad y salud.

Además, incluye la totalidad de operaciones que se realizarán en la obra, así como la información necesaria para efectuar la obra con éxito en las condiciones de seguridad y salud.

9.2. Plan de Seguridad y Salud

A modo de aplicación del estudio de seguridad y salud, el contratista desarrolla el plan de seguridad y salud con el objetivo de analizar, estudiar, desarrollar y complementar las previsiones contenidas en el Estudio Básico y en función del sistema de ejecución de obra.

En el apartado 6. Plan de Seguridad y Salud del presente Estudio de Seguridad y Salud se especifica con mayor claridad qué es y en qué consiste el Plan de Seguridad y Salud. No obstante, y a modo de resumen, a pesar de que el plan lo desarrolla en contratista, pueden intervenir en dicho plan personas u organismos responsables en materia de prevención, siempre que: se realice de manera justificada; no disminuya los niveles de protección previstos; y lo apruebe el Coordinador de Seguridad y Salud asignado.

9.3. Acta de aprobación del plan

El Plan de Seguridad y Salud desarrollado por el contratista debe ser aprobado, como se ha indicado en el apartado 6 del presente Estudio de Seguridad y Salud, por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la nueva unidad constructiva.

Sin embargo, existen otras entidades que pueden aprobar dicho plan, esto es la Dirección de la obra o la Administración en caso de que la obra sea pública.

9.4. Libro de incidencias

El libro de incidencias, seguirá las indicaciones dadas en el artículo 13 del capítulo II del *R.D. 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

Según lo indicado en dicho artículo, el libro de incidencias dispondrá de hojas por duplicado y con la finalidad de controlar y realizar un seguimiento exhaustivo del plan de seguridad. Por tanto, con la finalidad de estandarizar el formato del libro, este será facilitado bien por el colegio profesional al que pertenece el técnico que ha aprobado el plan de seguridad y salud, o bien, por la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias estará a cargo del coordinador de seguridad y salud en la ejecución de la obra o en su defecto, a cargo de la dirección facultativa. No obstante, tendrán acceso y podrán hacer anotaciones en el mismo, los contratistas, los subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas u órganos con responsabilidades en prevención de las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados de las administraciones públicas en materia de seguridad y salud.

Las anotaciones durante la ejecución de la obra en el libro de incidencias, deberán ser notificadas por el coordinador de seguridad y salud al contratista y a los representantes de los trabajadores. Si la anotación indica un incumplimiento de las advertencias, será necesario remitir una copia en el plazo de veinticuatro horas a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, especificando si se trata de una reiteración de una observación previa o si, por el contrario, se trata de una observación nueva.

10. Paralización de los trabajos

La paralización de los trabajos, seguirá las indicaciones dadas en el artículo 14 del capítulo II del *R.D. 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

Según lo indicado en dicho artículo, la paralización de los trabajos, cuando se observe el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, ya sea el coordinador de seguridad y salud o cualquier persona de la dirección, se deberá advertir al contratista del incumplimiento y se indicará en el libro de incidencias, de tal forma que si supone un riesgo

grave para la seguridad y salud de los trabajadores, se lleve a cabo la paralización parcial o total de la obra.

La persona que ordena la paralización de los trabajos, deberá justificar a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, a los contratistas y subcontratistas, y a los representantes de los trabajadores el motivo de la paralización.

11. Derecho de los trabajadores (formación en seguridad)

Los derechos de los trabajadores, seguirán las indicaciones dadas en el artículo 15 y 16 del capítulo III del *R.D. 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

11.1. Información a los trabajadores

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que todo el personal que acceda a la obra (desde la directiva hasta los trabajadores no cualificados), disponga de suficiente formación en lo referente a:

- Los riesgos para la seguridad y salud a los que se enfrentarán los trabajadores.
- Las medidas de prevención aplicadas a dichos riesgos.
- Las medidas de emergencias adoptadas.

11.2. Consulta y participación de los trabajadores

El empresario, conforme a lo establecido en el artículo 18 de la *Ley 31/1995*, de Prevención de Riesgos Laborales, deberá consultar y permitir la participación de los trabajadores en el marco de todas las cuestiones que afecten a su seguridad y salud en el trabajo.

Los trabajadores tendrán el derecho de realizar propuestas al empresario, y cuando se requiera, en función del nivel de riesgo de los trabajos, se podrán acordar la realización de reuniones de los comités de seguridad y salud o, en su defecto, de los delegados de prevención y empresarios de las empresas que carezcan de dichos comités, de acuerdo con el apartado 3 del artículo 39 de la *Ley 31/1995*, de Prevención de Riesgos Laborales.

Además, el contratista deberá facilitar a los representantes de los trabajadores, una copia del plan de seguridad y salud junto con sus posibles modificaciones.

12. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras

Las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras, seguirán las indicaciones previstas en el Anexo IV del *R.D. 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción; y se aplicarán siempre que las características de la obra, las circunstancias o los riesgos lo exijan. El anexo, indica las disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras (parte A), en el interior de los locales (parte B) y en el exterior de los locales (parte C).

ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS

1. Capa de imprimación



Telf.: +34 961 450 854
Fax: +34 961 451 367
Móvil: 636 477 439
e-mail: info@maper.es

Fabrica de Pinturas Plásticas,
Revestimientos, Esmaltes, Barnices,
Imprimaciones, Epoxis, Poliuretanos,
Acrílicas, Señalización Vial, Marinas,
Ignífugas e Intumescentes

MAPERFIRE PRIMER IMPRIMACIÓN IGNÍFUGA M-1

maper
recubrimientos, s.l.

DESCRIPCIÓN

Imprimación sintética de secado rápido, ignífuga, antioxidante y anticorrosiva.

USO RECOMENDADO

Imprimación adecuada para el tratamiento anticorrosivo de superficies de hierro o acero y que además deban ser protegidas contra el fuego.

Protección pasiva contra el fuego en puertas cortafuegos, materiales ignífugos, sellados de penetraciones, sistemas intumescentes, pinturas ignífugas, carpintería metálica, estructuras etc.

Su rápido secado le hace útil en los herrajes que deban ser colocados inmediatamente.

PROPIEDADES

Clasificada como A2-s1-d0 según normas UNE EN-13501-1:07 y UNE EN ISO 1716:02 UNE EN 13823-02

Imprimación ignífuga clasificada como M-1 por su reacción ante el fuego, según norma UNE 23727.

Excelentes propiedades anticorrosivas y antioxidantes.

Posibilidad de ser pintada con sistemas epoxi ó poliuretano. (previo ensayo)

Repintable con pinturas intumescentes.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Peso específico	1,7gr/ c.c aproximadamente.
Espesor seco recomendado	80 micras.
Materia no volátil	63%
Diluyente	DS-X MAPER.
Secado	20 minutos al tacto a 20° C.
Repintado	24 horas.
Rendimiento	6m ² / Kg. Aproximadamente.
Color	Gris, Roja, Blanca. Otros colores de la gama bajo pedido.
Envasado	6 Kg. 25 Kg.
Caducidad	6 meses en envase original cerrado. Manténgase en lugar seco y entre 5° y 25 ° C.

APLICACIÓN

Brocha, rodillo o pistola.

Si se aplica a pistola debe diluirse con DISOLVENTE DS-X MAPER.

Aplicar sobre metal limpio y desengrasado.

El nivel de preparación no deberá ser inferior a St.2 de la norma ISO 8501-1.

SEGURIDAD

Inflamable. Protéjase de las fuentes de ignición. No fumar.

Noctivo por inhalación, ingestión y en contacto con la piel.

Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

Manténgase fuera del alcance de los niños.

Consultar la hoja de seguridad del producto.


HOMOLOGACIÓN Y CERTIFICADOS

Clasificado como A2-s1-d0 según norma UNE EN-13501-1:07 clasificación del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Según ensayos 0911037-01 BC-SBI y 0911037-03 BC+SBI realizados por el Centro Técnico del Fuego de AIDIMA.

Esta información corresponde al conocimiento actual del producto y sus posibles aplicaciones. No se garantiza las propiedades específicas del mismo o su aptitud para un uso concreto. REV. 2010/11

Recubrimientos Maper, S.L. C/Dos, 36 y 38 – Pgno. Industrial Bobalar Apdo. de correos nº 20 - 46130 Massamagrell (Valencia)

2. Mercado CE

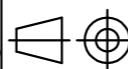
	 DECLARACIÓN DE PRESTACIONES (DdP) Declaration of Performance Anexo III Reglamento Delegado (UE) nº 574/2014		
Nº DdP	2018-60		
1.- Código de identificación única del producto tipo: <small>(proyecto/obra destino)</small>	TM, ESTRUCTURA		
Nº lote identificativos de los componentes amparados por esta DdP (Nº O.F.):	2018-60. 01,02,03,04,05.		
2.- Usos previstos:	Componentes de acero para su uso en elementos estructurales		
3.- Fabricante (4.- representante autorizado)	TALLERES PASCUAL MATA CARDA, S.L. Ctra. De Onda, Km. 1 s/n 12540 VILLAREAL (Castellón) 15 2375/CPR/15/1026		
5.- Sistema de evaluación:	Sistema 2+		
6a.- Norma armonizada:	EN 1090-1:2009 + A1:2011		
Organismo notificado:	2375		
7.- Prestaciones declaradas (d/a ZA.3.5 EN 1090-1:2009 + A1:2011)			
características esenciales <small>(essential characteristics)</small>	prestación declarada <small>(performance)</small>		
Tolerancias dimensionales y geométricas	clase	1	EN 1090-2:2008+A1:2011
Soldabilidad	clase	S275JR	EN 10025-2:2004
Tenacidad a la fractura <small>(Resistencia a la flexión por choque)</small>	clase	27 J a 20°C	EN 10025-2:2004
Reacción frente al fuego	clase	F	EN 1090-1:2009+A1:2011
Emisión de cadmio y sus compuestos	valor declarado	P.N.D.	EN 1090-1:2009+A1:2011
Emisión de radioactividad	valor declarado	P.N.D.	EN 1090-1:2009+A1:2011
Durabilidad	valor declarado	P.N.D.	EN 1090-1:2009+A1:2011
Calculo estructural	metodo de declaración	3a	EN 1090-1:2009+A1:2011 (tabla A.1)
Capacidad portante	valor declarado	-	proyecto THESIZE. Ingeniería PICAD
			EN 1090-1:2009+A1:2011
			DB SE-A Acero (CTE 2007)
			Instrucción de Acero Estructural (EAE) 2011
Deformación en el estado límite de servicio	valor declarado	-	proyecto THESIZE. Ingeniería PICAD
Resistencia a la fatiga	valor declarado	-	proyecto THESIZE. Ingeniería PICAD
Resistencia al fuego	valor declarado	-	EN 1090-1:2009+A1:2011
Fabricación	valor declarado	cumple	EN 1090-2:2008+A1:2011
			de acuerdo a las especificaciones de los componentes (d/a nº lote (O.F.))
Clase de ejecución	metodo de declaración	EXC2	EN 1090-1:2009+A1:2011

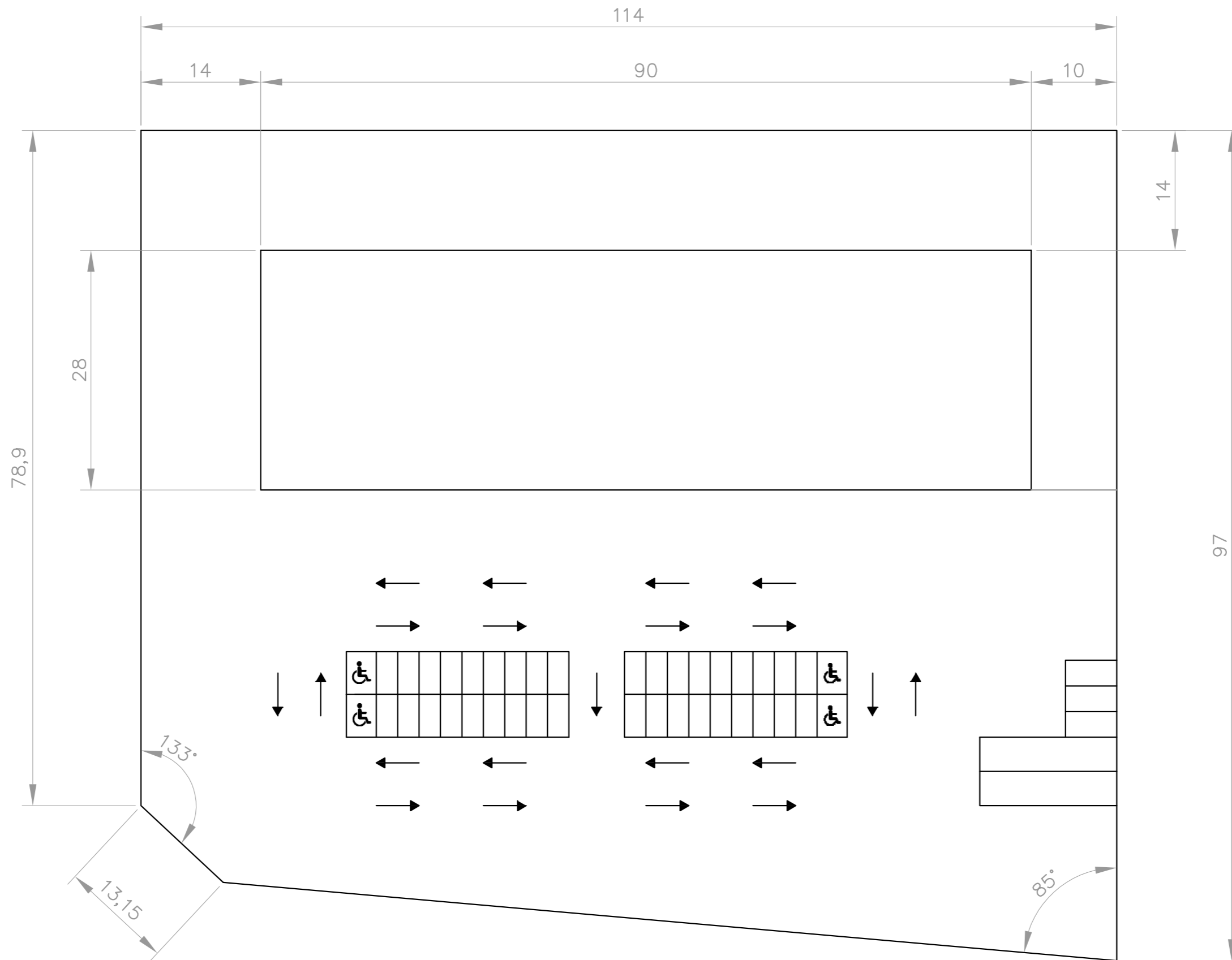
8.- Documentación técnica adecuada/específica:	proyecto TM. Ingeniería y calculos estructurales asociados
<p>P.N.D.: Prestación No Determinada</p> <p>Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de las prestaciones declaradas.</p> <p>La presente declaración de prestaciones se emite de conformidad con el Reglamento (UE) no 305/2011 bajo la única responsabilidad del fabricante arriba identificado</p> <p>Firmado por y en nombre del fabricante: Ruben Mata</p> <p>Lugar y fecha de emisión: El En Vila-real a __ de ____ de ____</p> <p style="text-align: center;">RUBEN MATA FONT</p> <p style="text-align: right;">Anexo II-3a MSCPF Rev.3</p>	

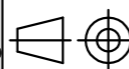
PLANOS

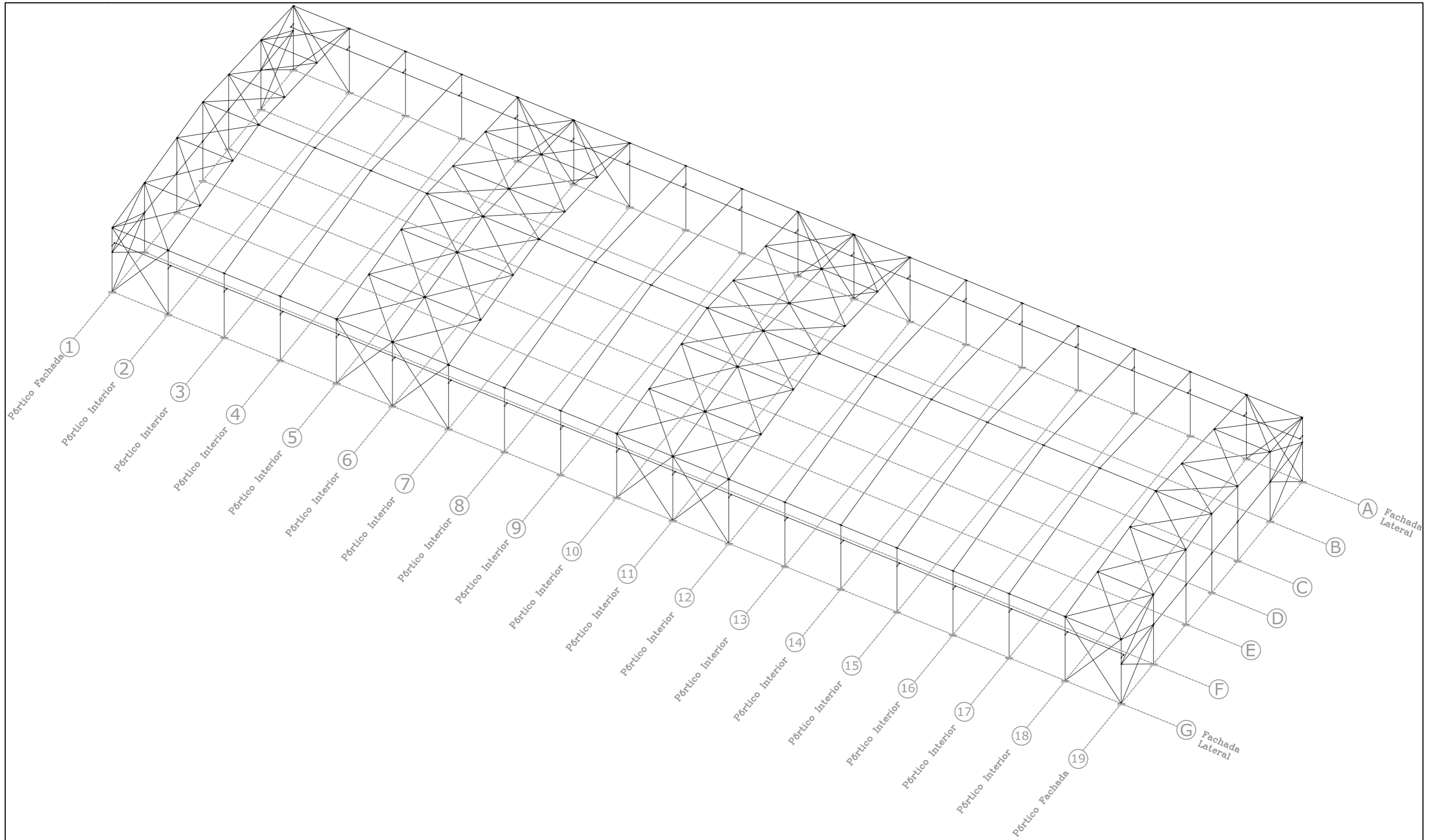


Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

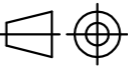
Plano n° 1	E. S/E		Localización de la Parcela	
	A3	m		
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado	Enero 2019



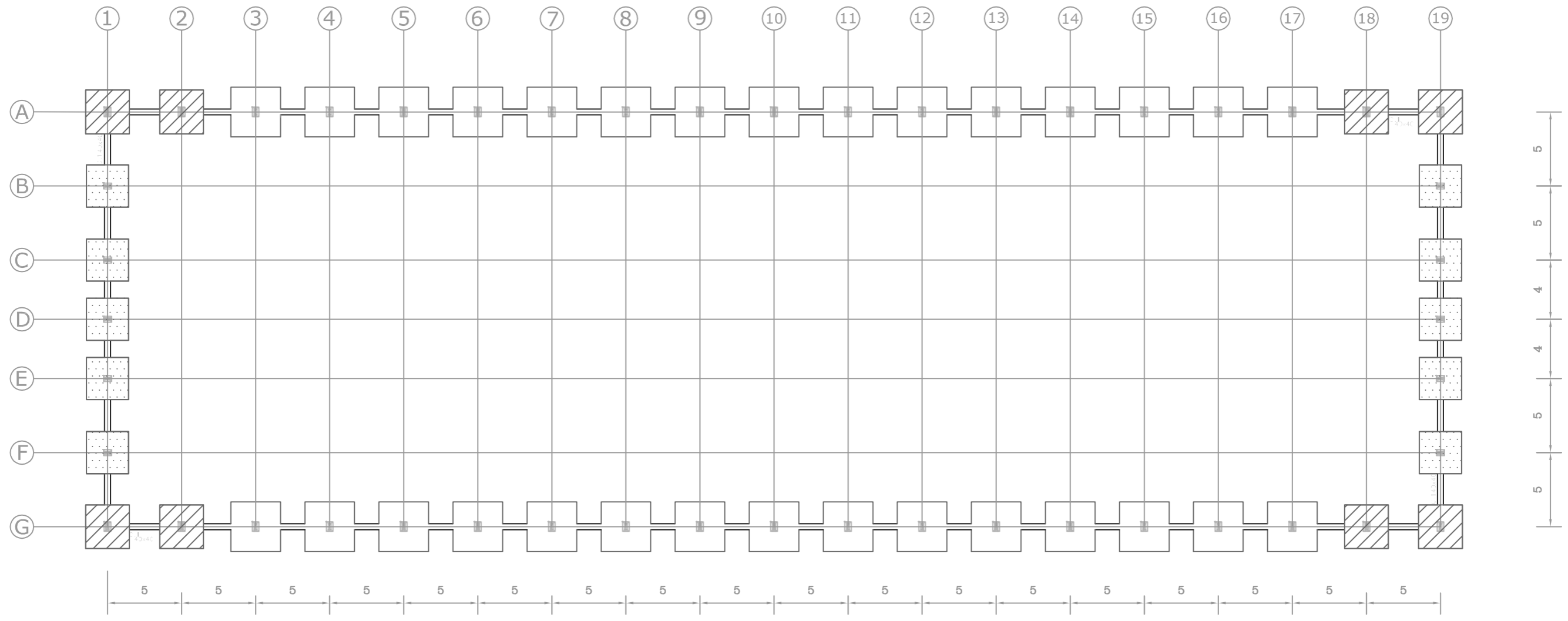
Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas			
Plano n° 2	E. 1/500		Emplazamiento y Ubicación de la Unidad Constructiva
	A3	m	
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado
			Enero 2019



Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 3	E. S/E		Estructura. Vista 3D	
	A3	m		
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado	
				Enero 2019

Alineaciones B,C,D,E,F	Zapata tipo I
Alineaciones A1,A2,A18,A19	Zapata tipo II
G1,G2,G18,G19	Zapata tipo II
Alineaciones 3 a la 17	Zapata tipo III

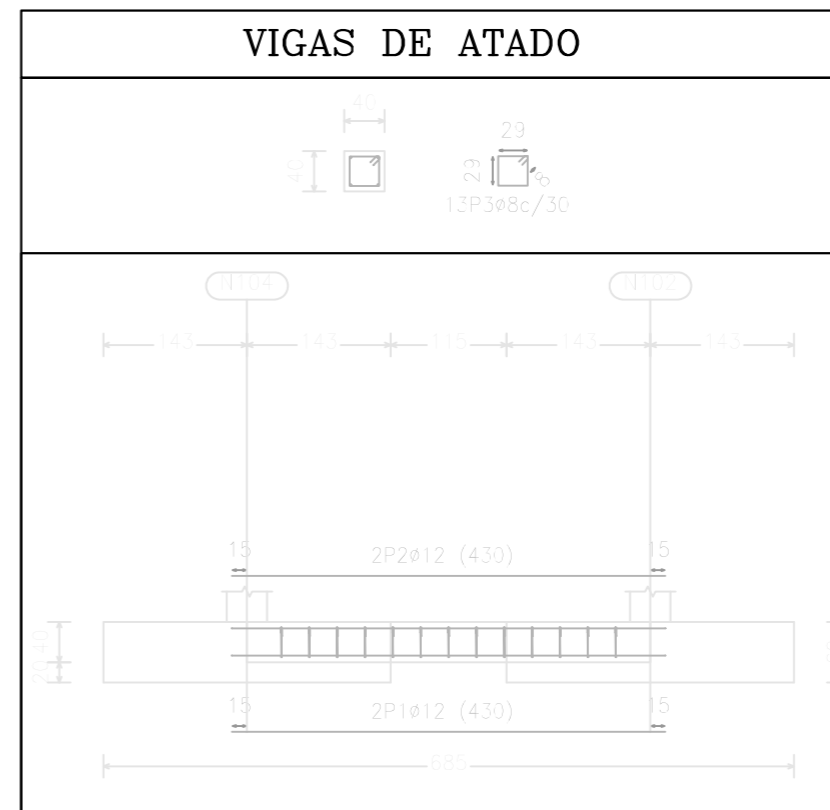
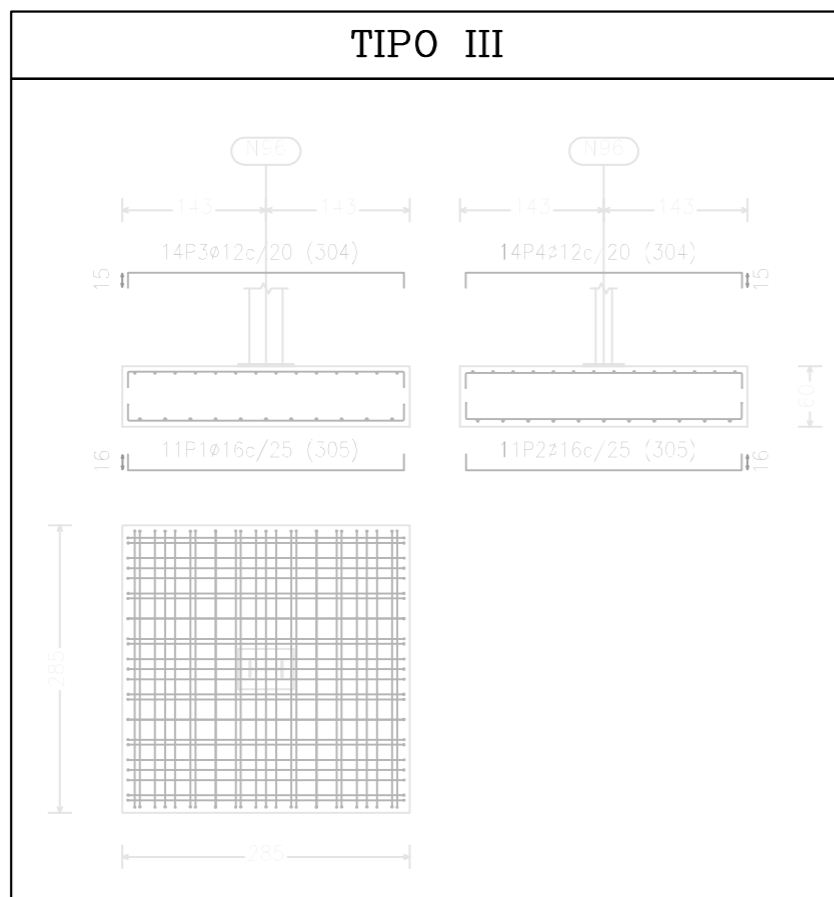
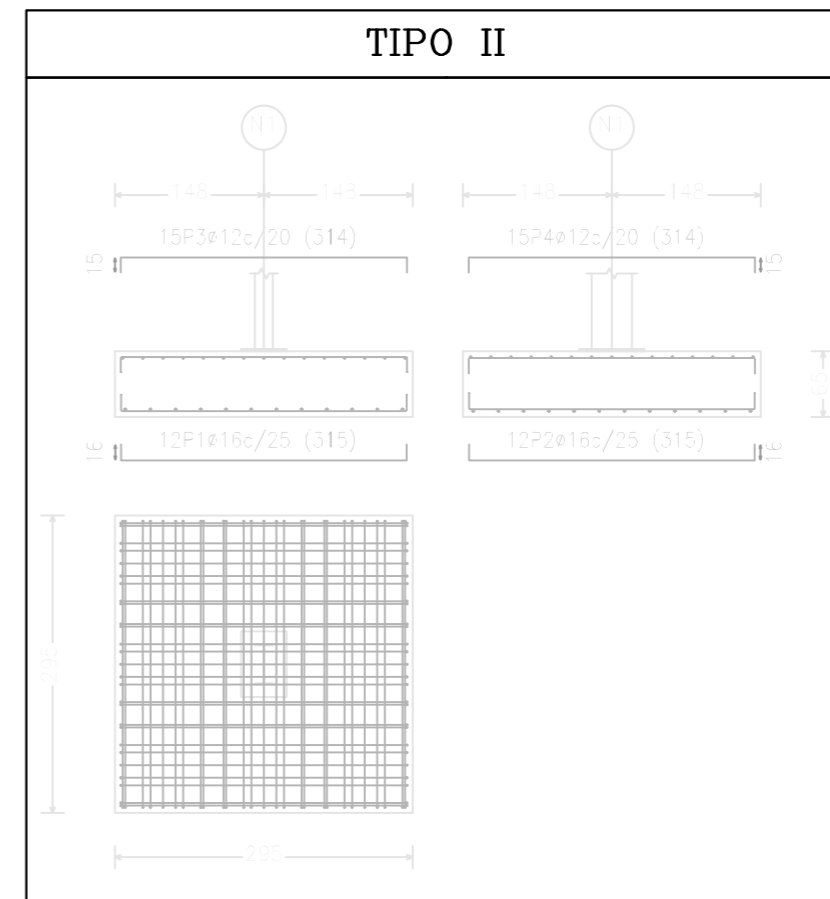
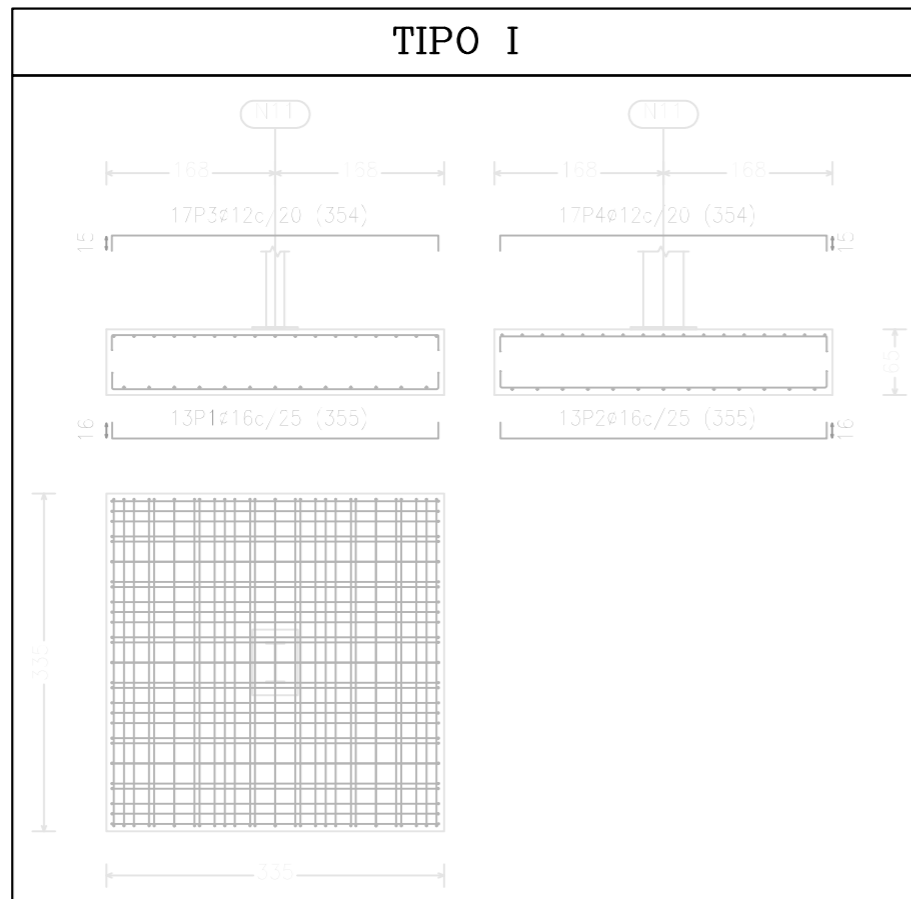


DIMENSIONES DE ZAPATA

	TIPO I. 285x285x60
	TIPO II. 295x295x65
	TIPO III. 335x335x65

Todas las Vigas de Atado son del tipo C.1. 40x40

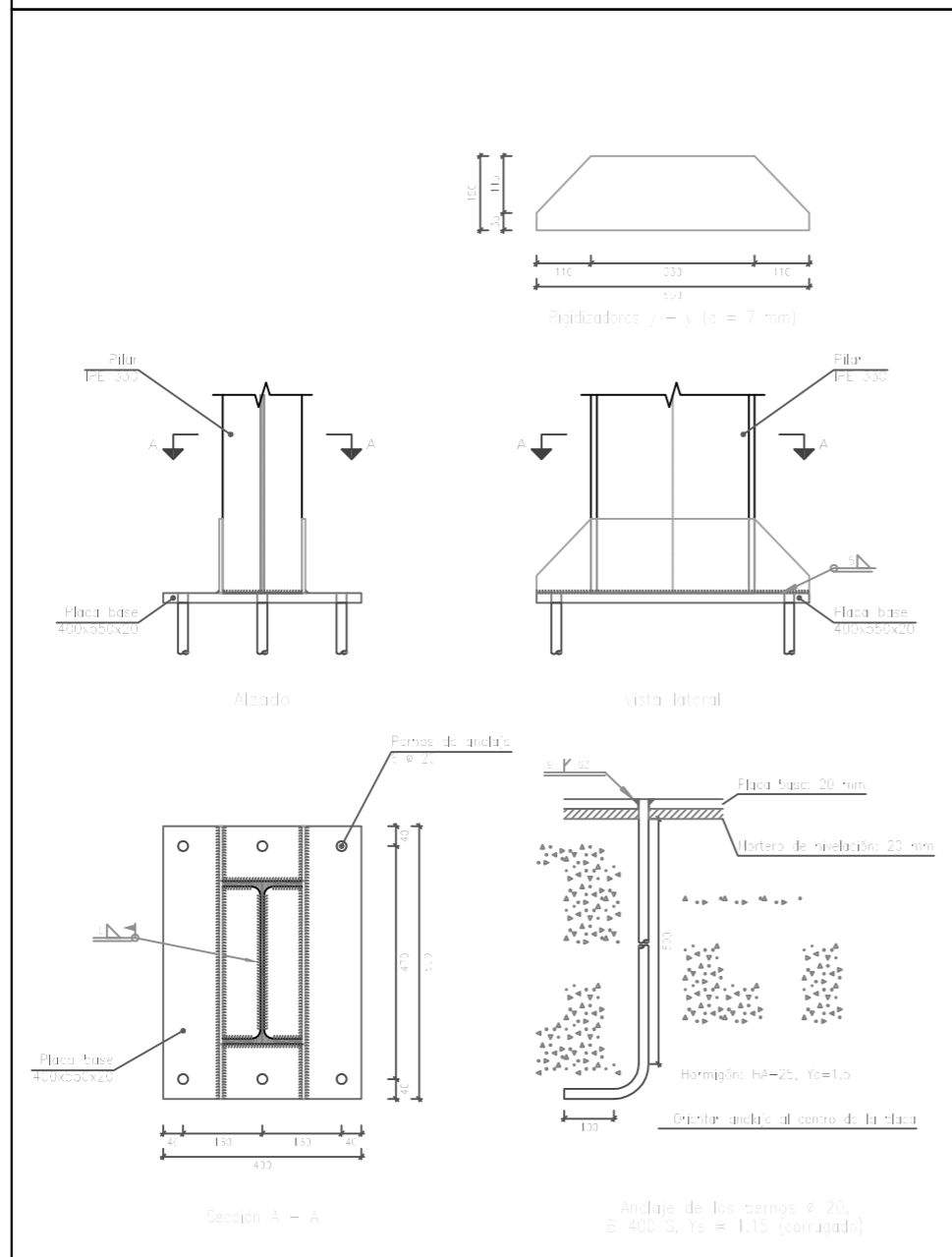
Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas			
Plano n° 4	E. 1/300		Cimentación Planta
	A3	m	
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado
			Enero 2019



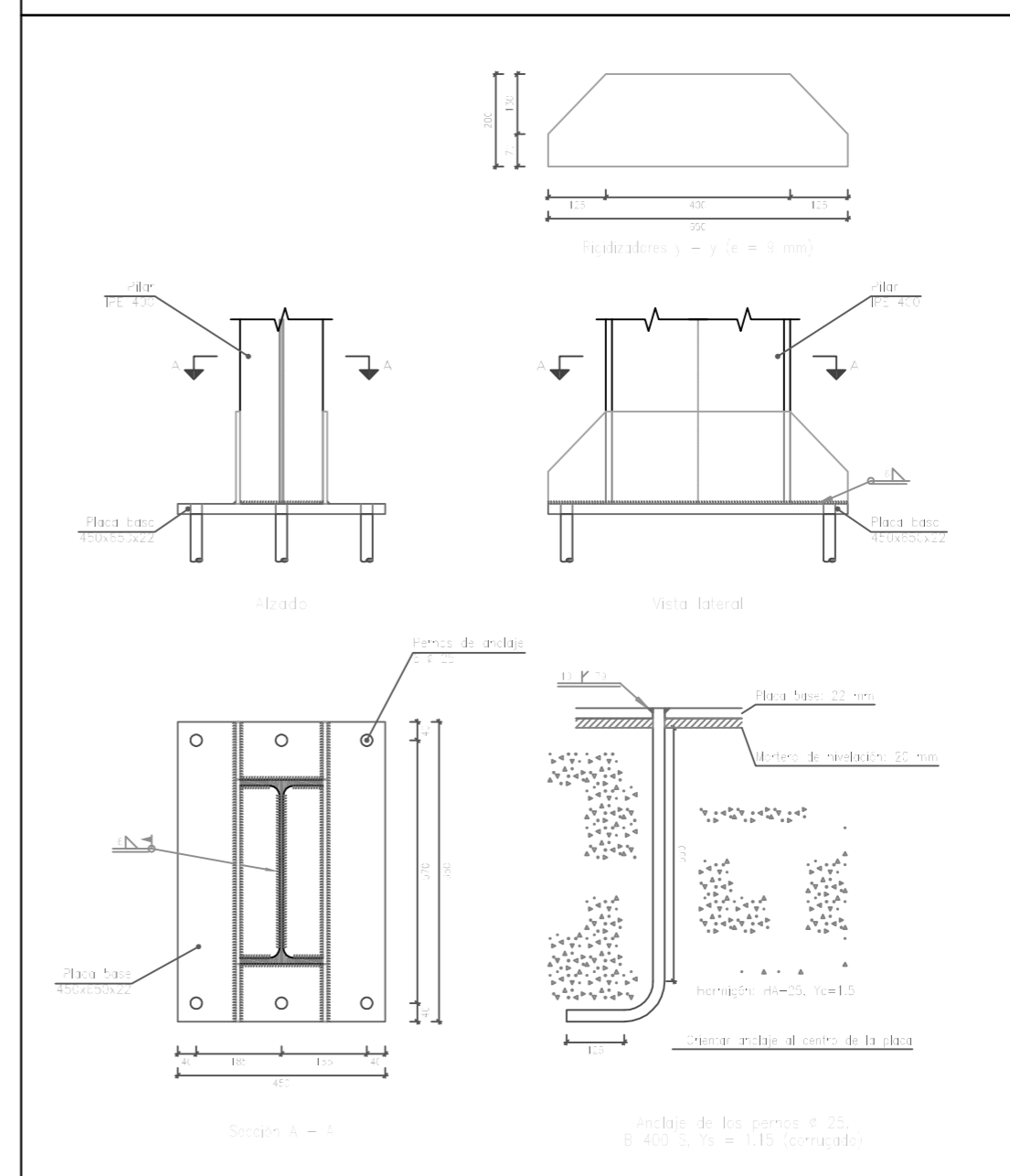
Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 5	E. 1/75		Cimentación. Detalles	
	A3	m		
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado	
				Enero 2019

TIPO I



TIPO II



Cuadro de Anclaje		
Referencia	Pernos Placa de Anclaje	Tipo Placa de Anclaje
Alineación B,C,D,E,F	6 Pernos $\phi 20$	Tipo I
Alineación A,G	6 Pernos $\phi 25$	Tipo II

Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

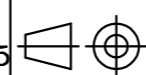
Plano n° 6

E. 1/15

A3 m

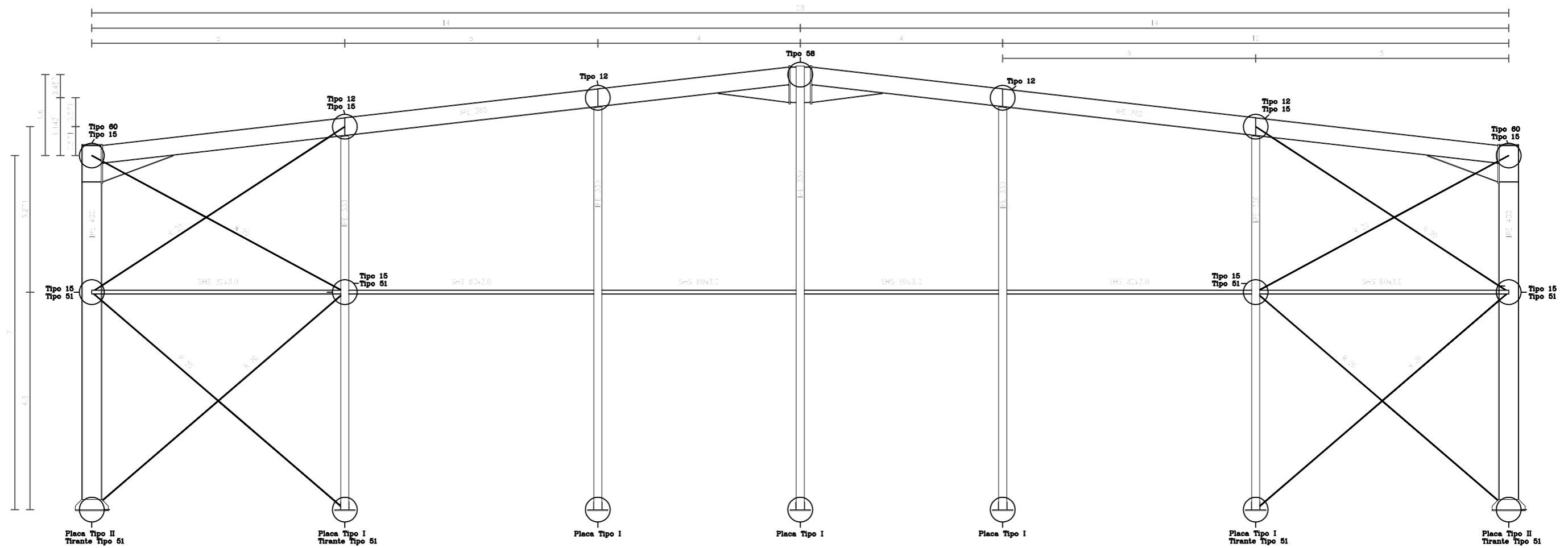
Detalles de Placa de Anclaje

Planos totales 15

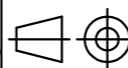


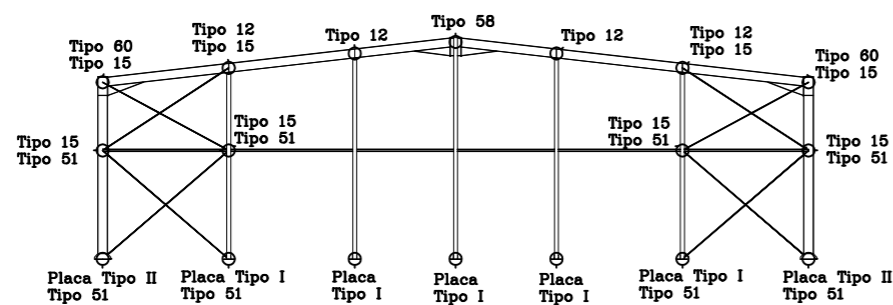
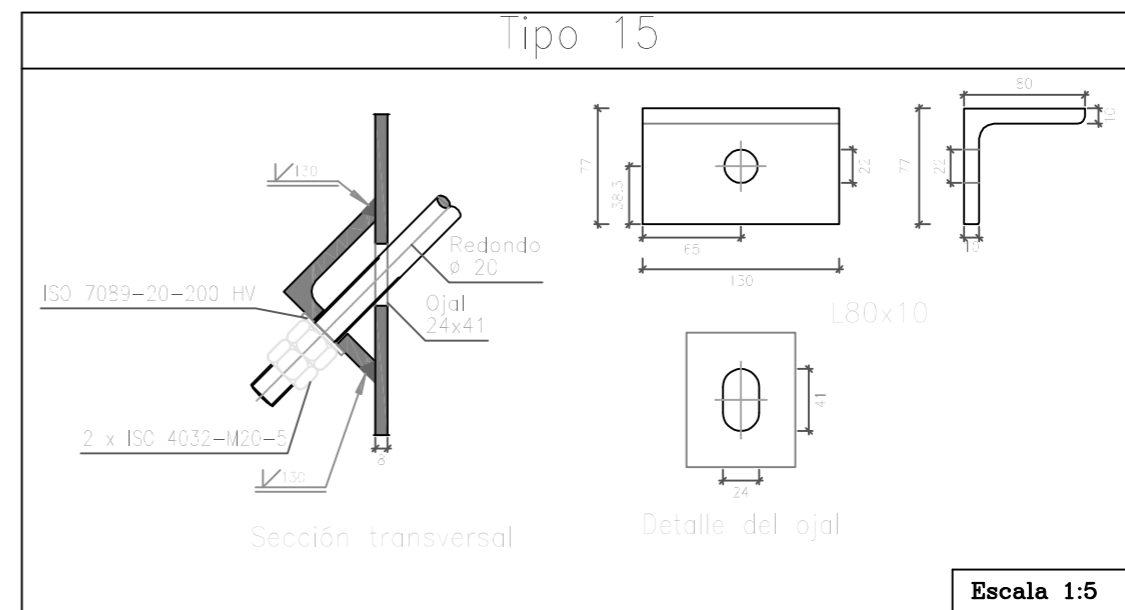
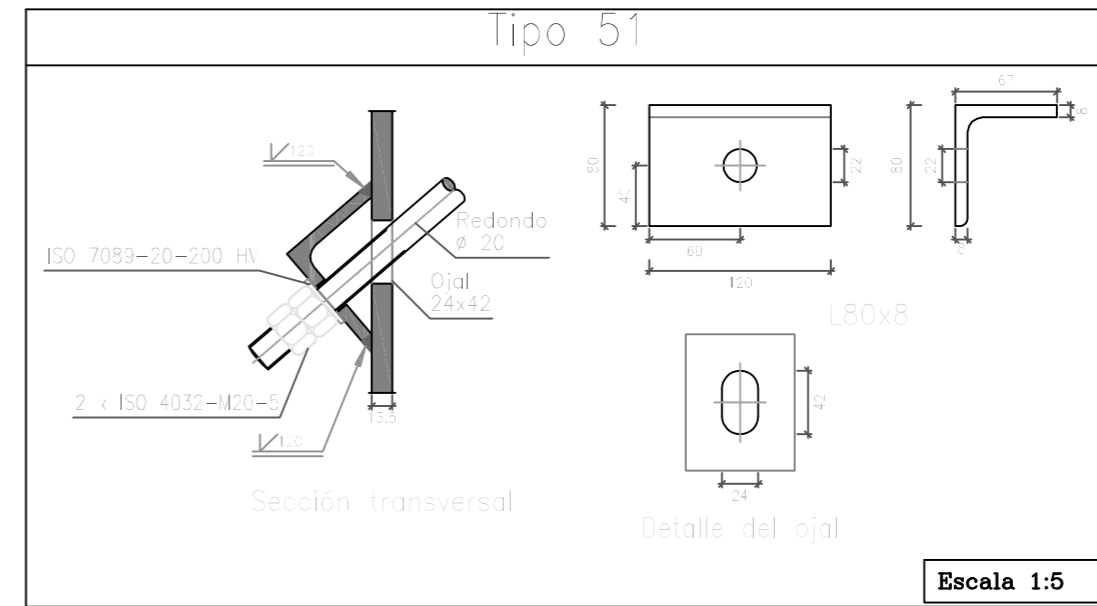
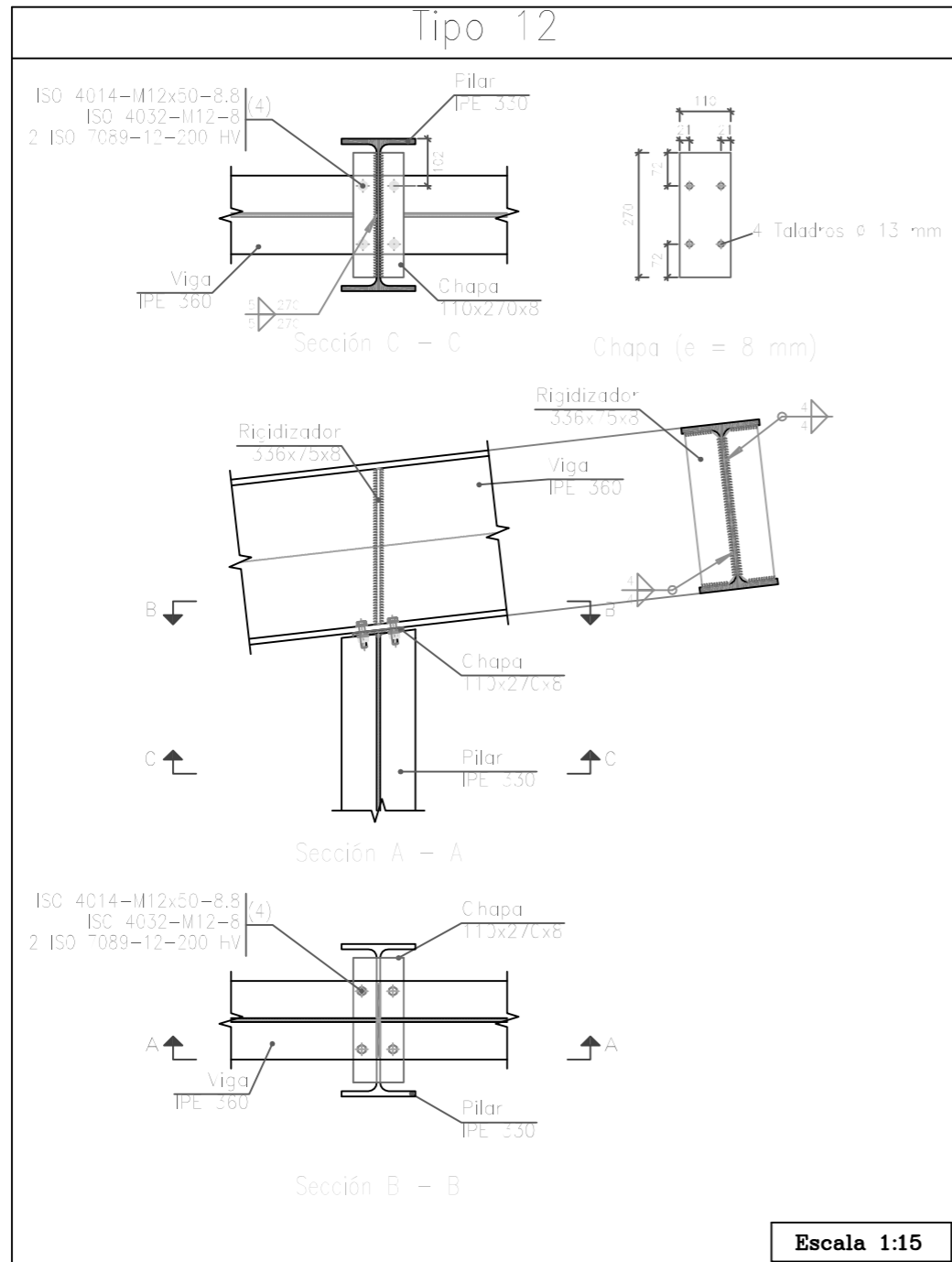
Rubén Morillo Jurado

Enero 2019



Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 7	E. 1/85		Pórtico de Fachada	
	A3	m		
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado	
			Enero 2019	



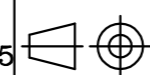
Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 8.2

E. 1/300
A3 m

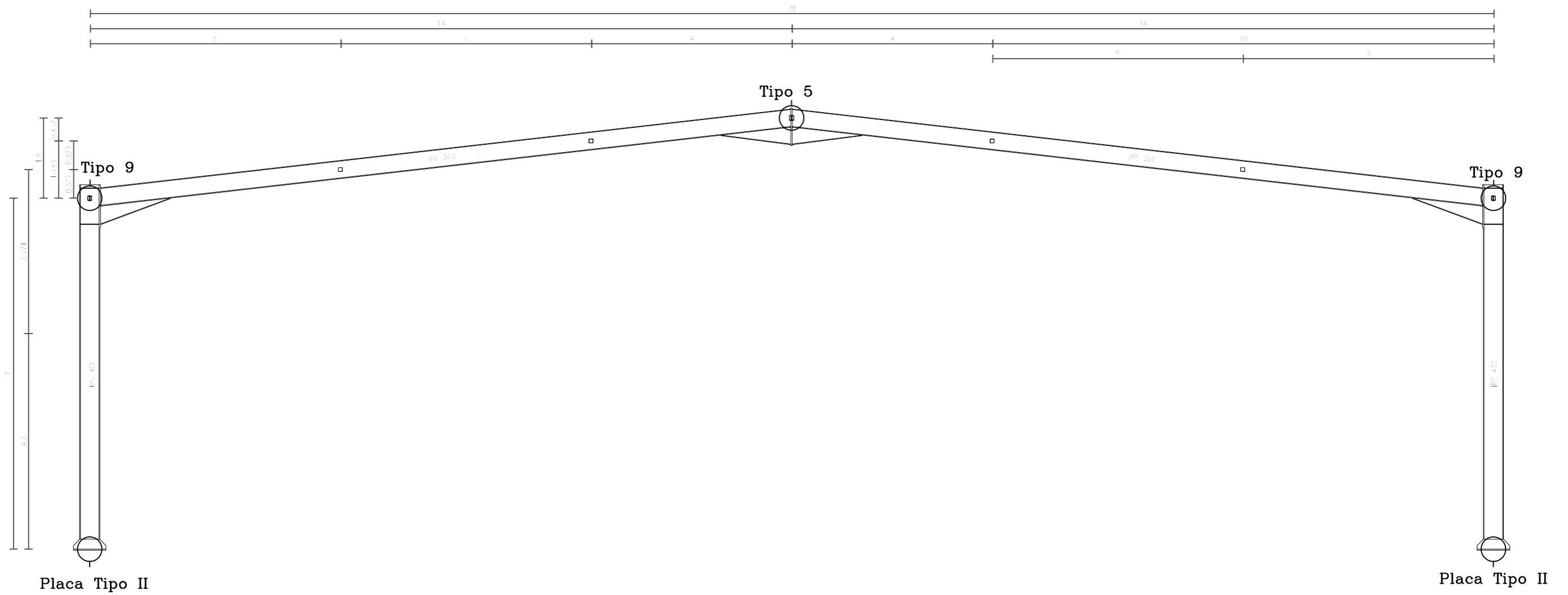
Pórtico de Fachada. Detalles

Planos totales 15



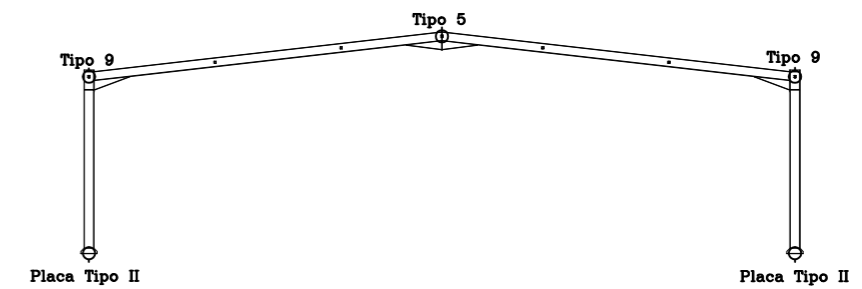
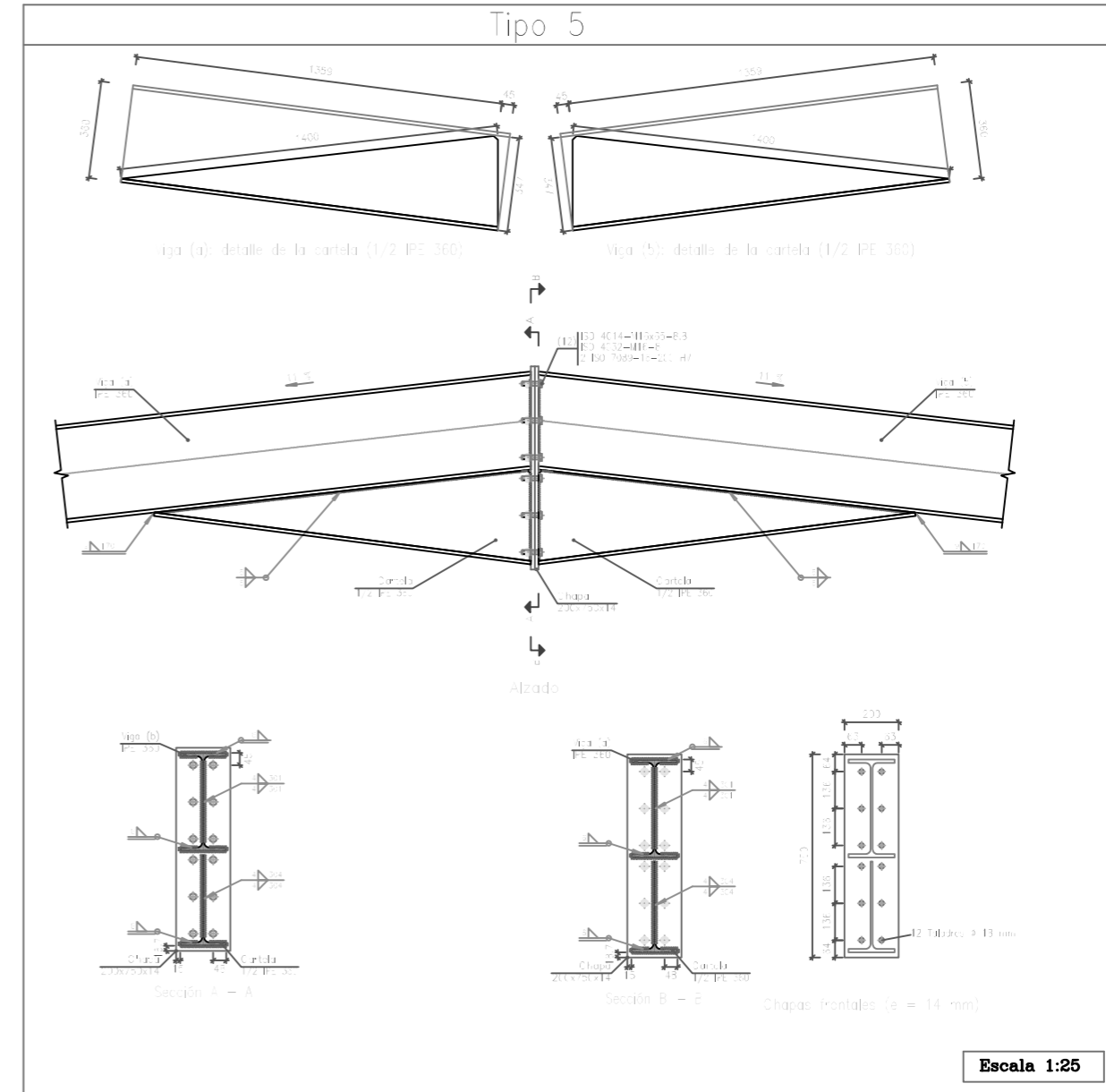
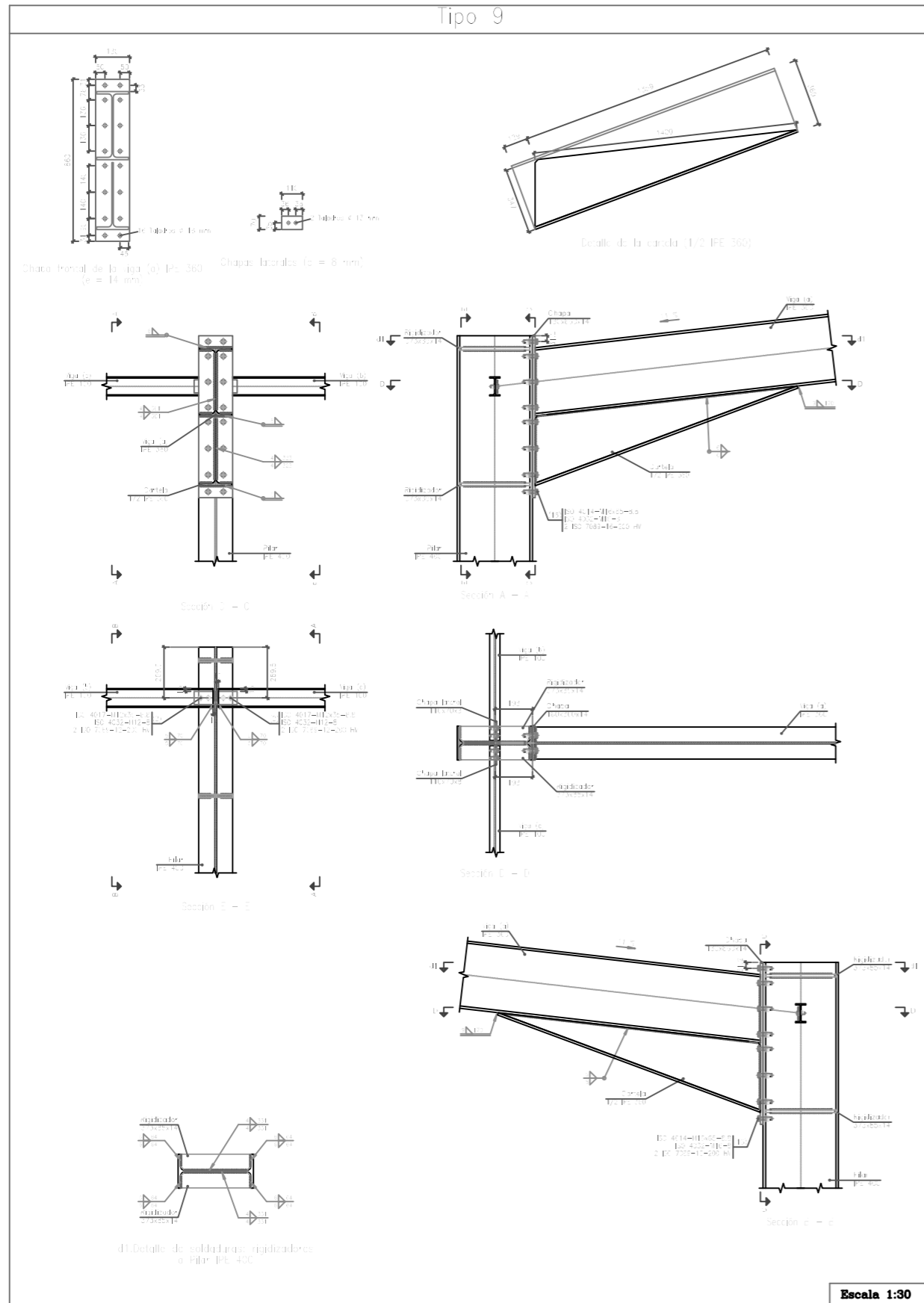
Rubén Morillo Jurado

Enero 2019



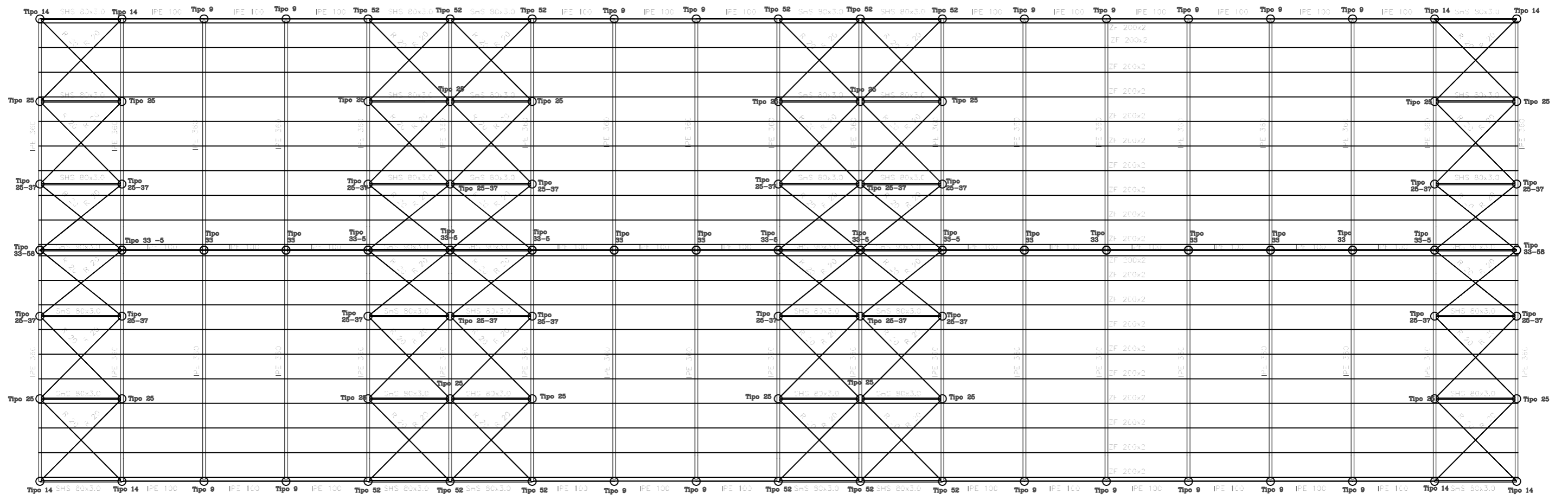
Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 9	E. 1/85		Pórtico Interior	
	A3	m		
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado	
				Enero 2019



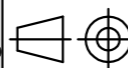
Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 10	E. 1/300	Pórtico Interior. Detalles	
	A3		
Planos totales 15		Rubén Morillo Jurado	Enero 2019

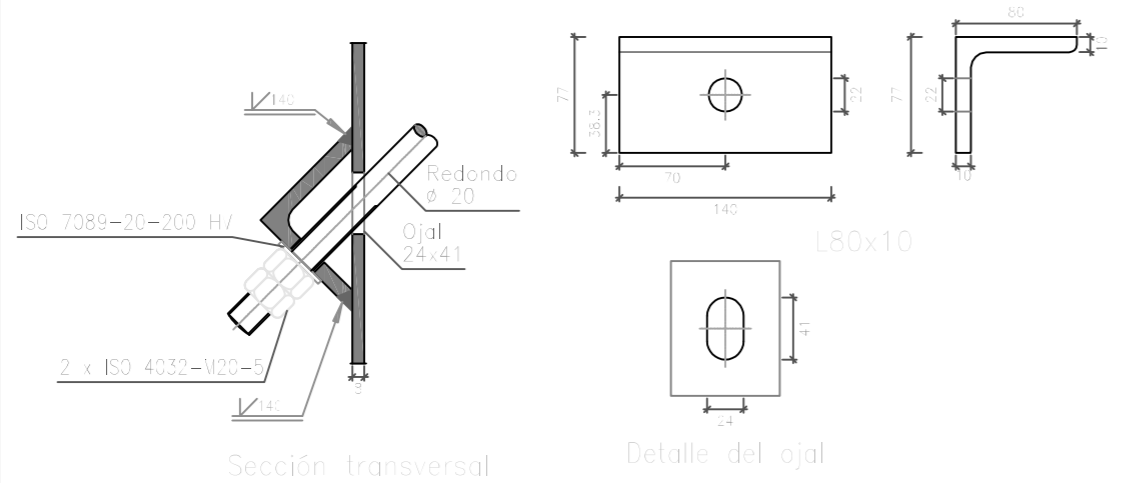


Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 11	E. 1/250		Cubierta
	A3	m	

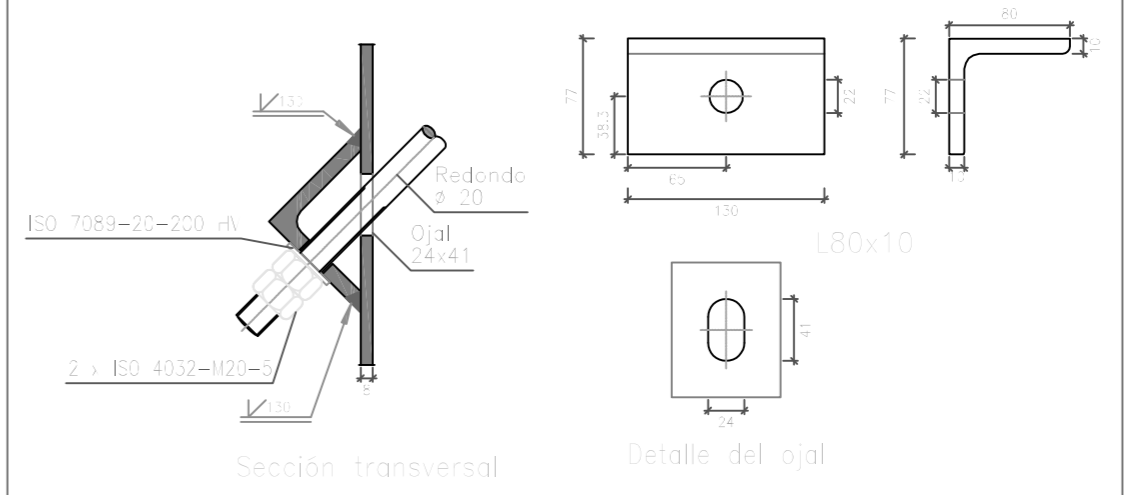
Planos totales 15		Rubén Morillo Jurado	Enero 2019
----------------------	---	----------------------	---------------

Tipo 14



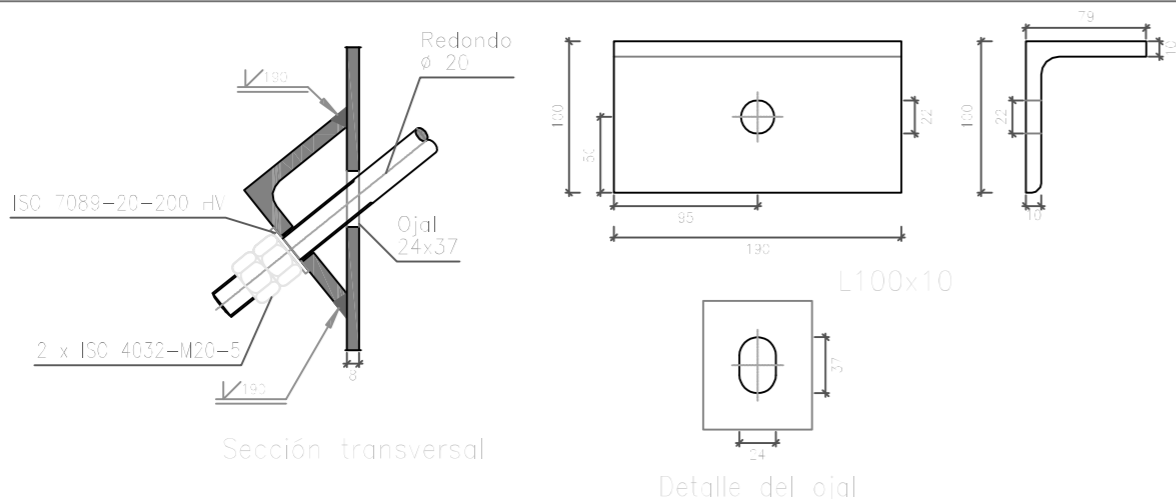
Escala 1:5

Tipo 25



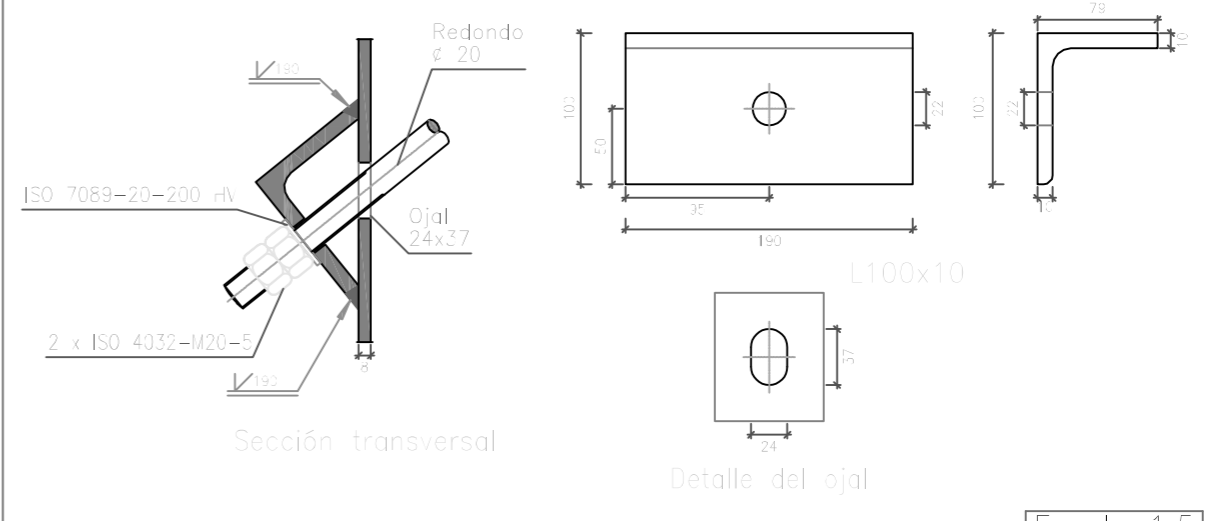
Escala 1:5

Tipo 33



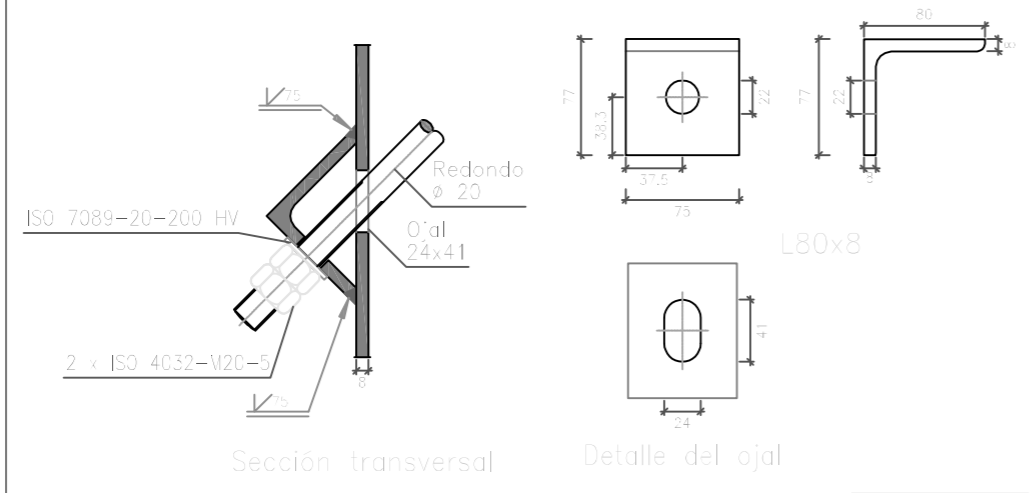
Escala 1:5

Tipo 37

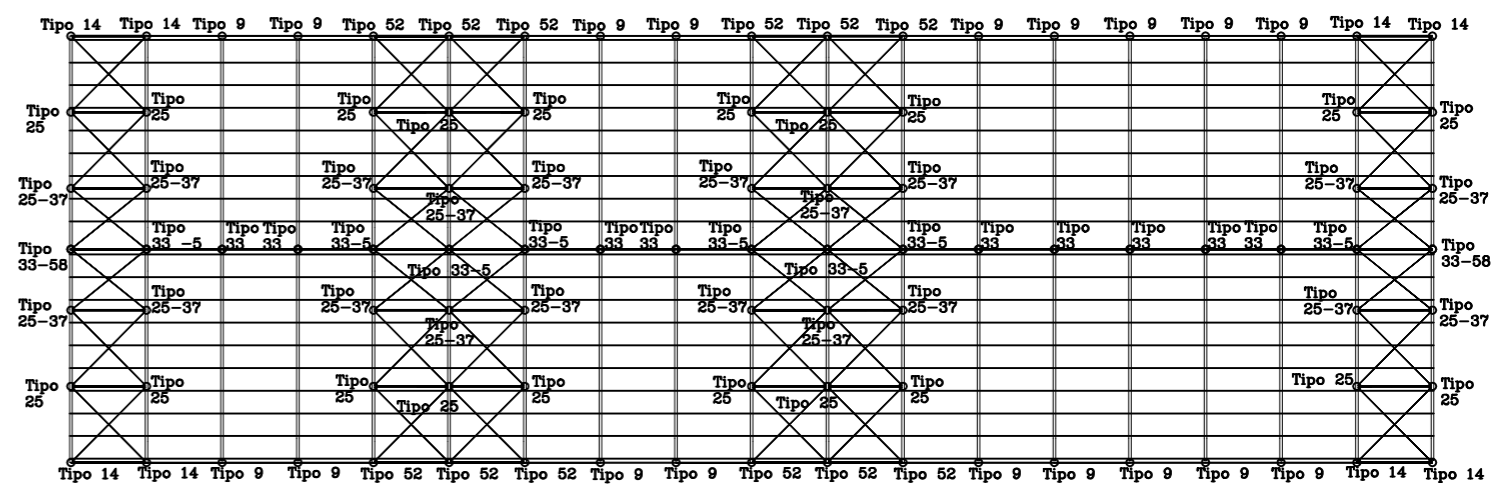


Escala 1:5

Tipo 52

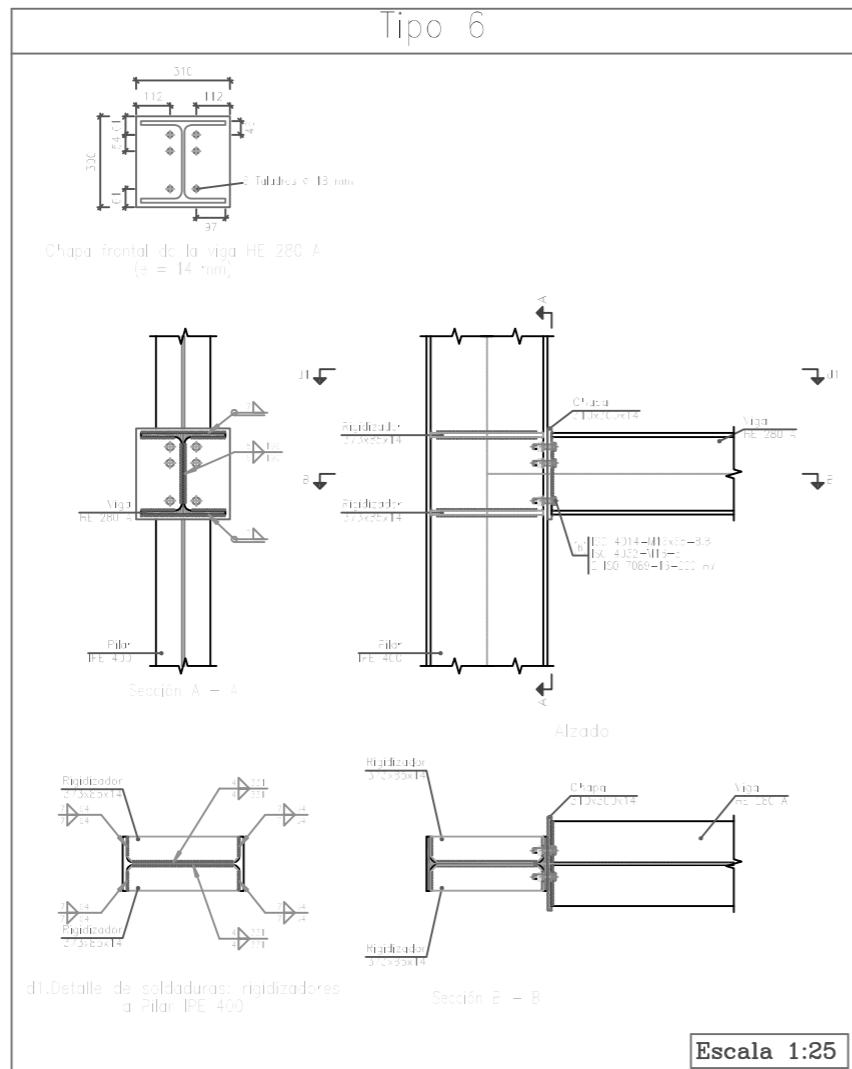
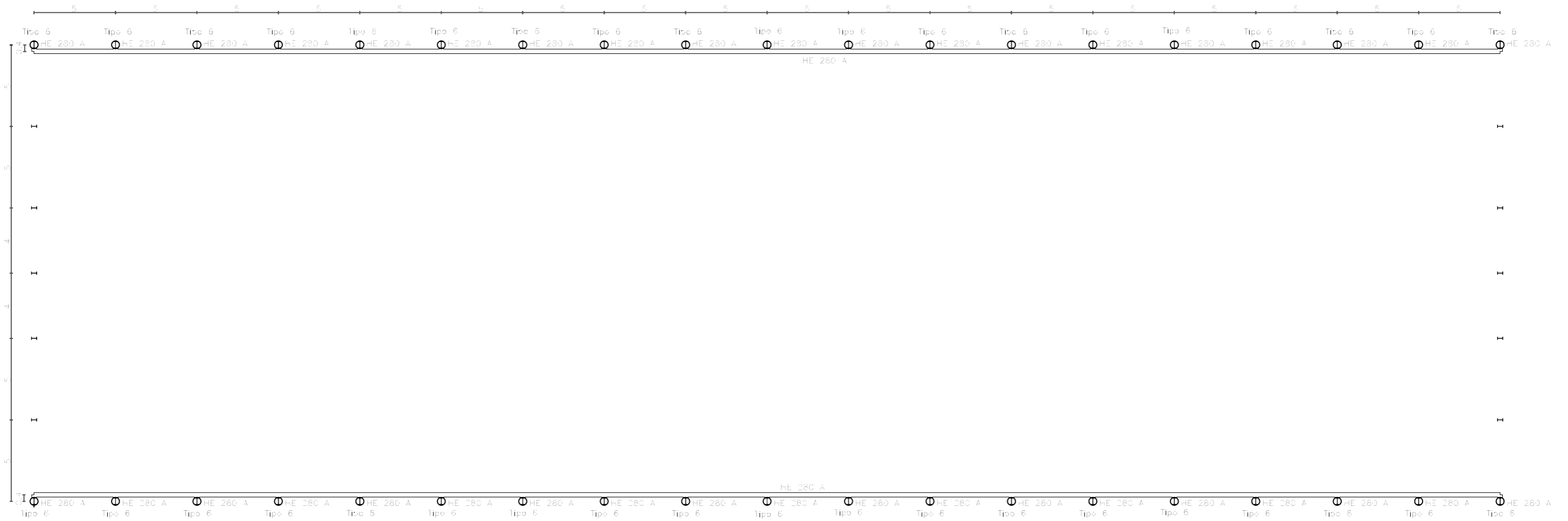


Escala 1:5

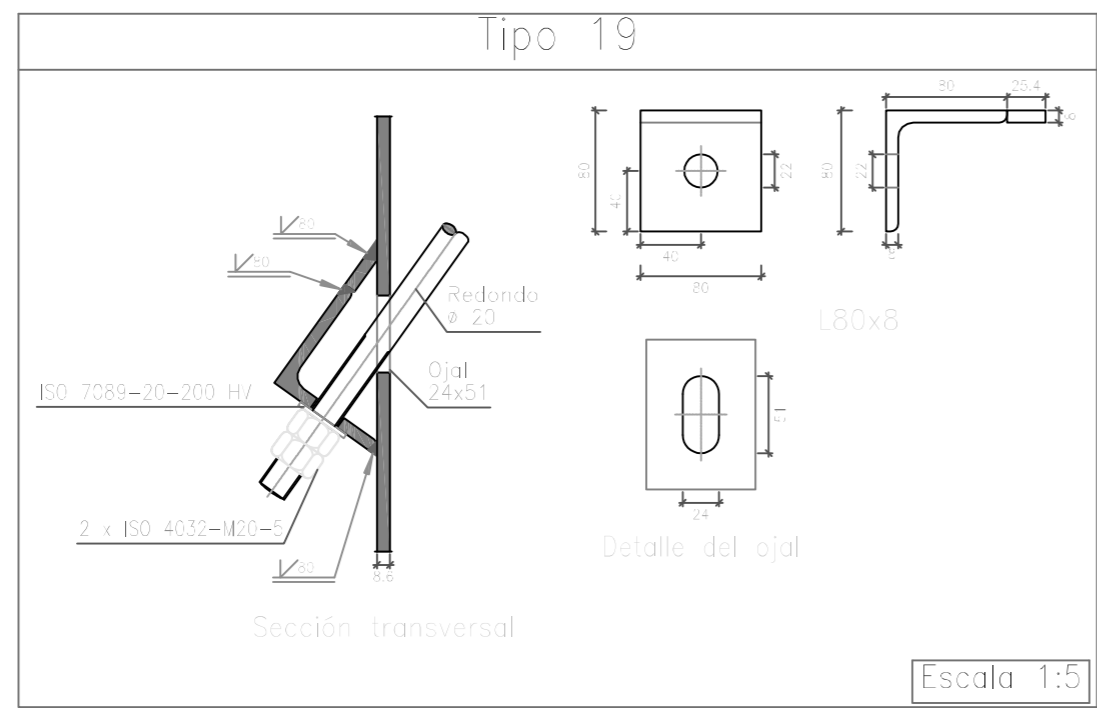
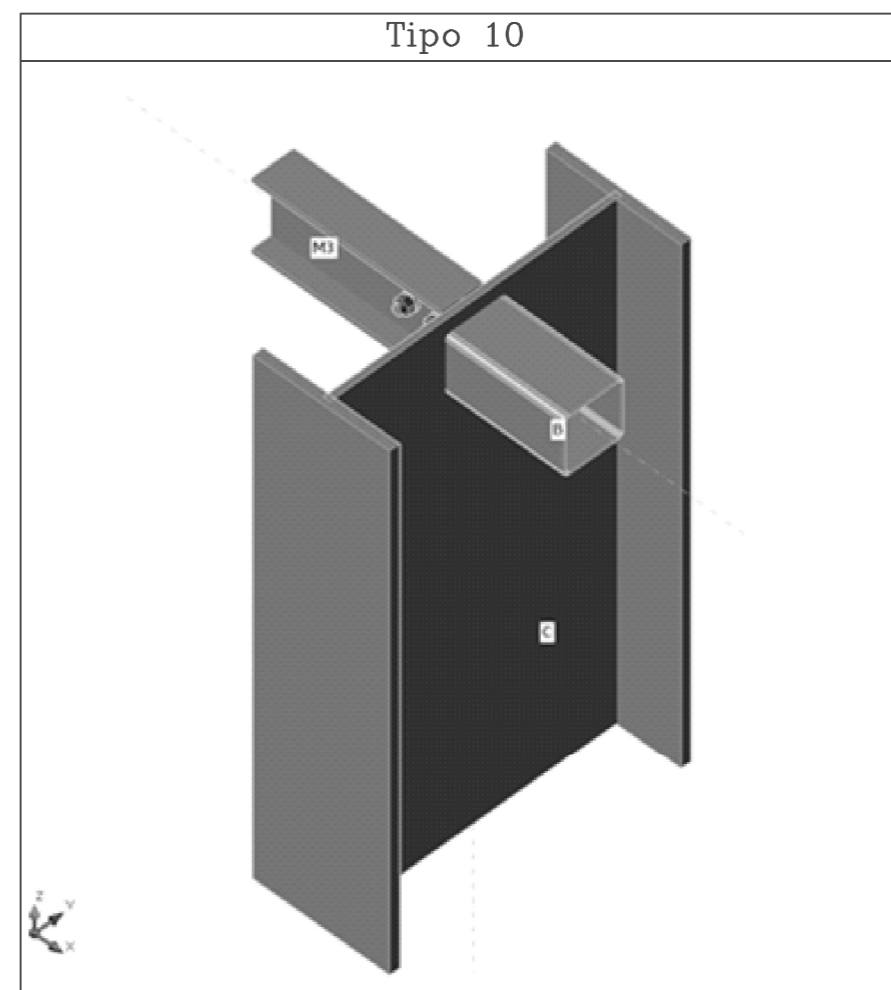
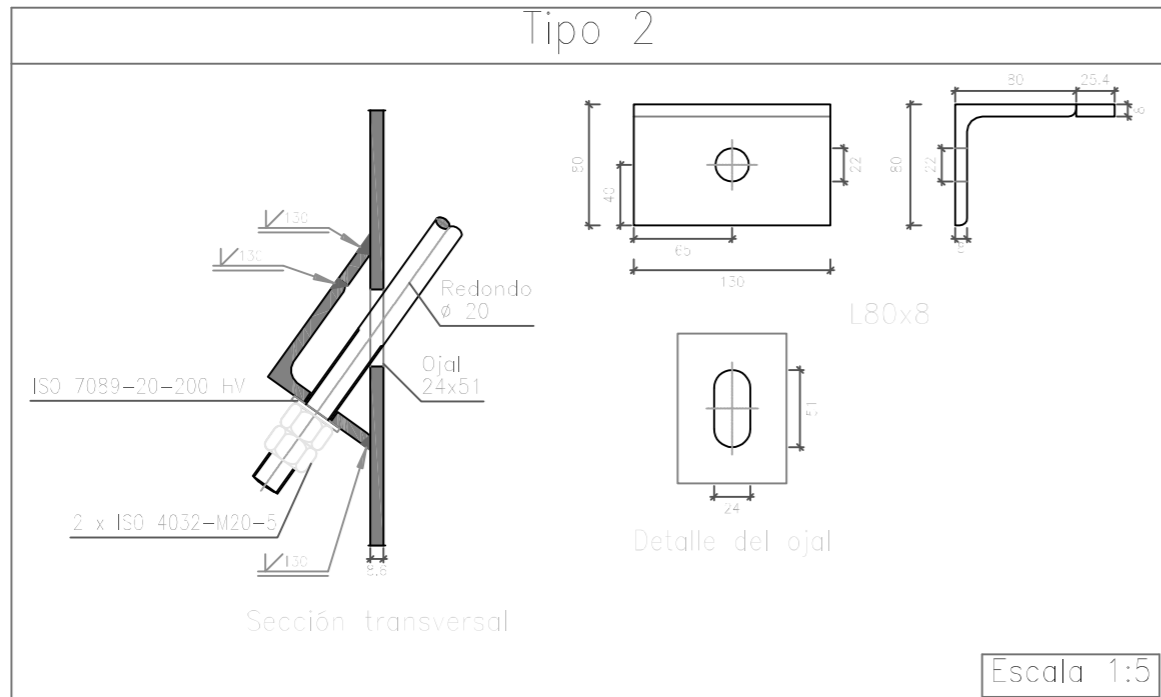
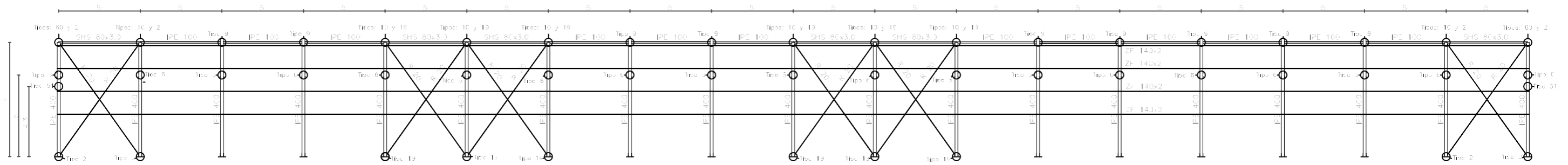


Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas

Plano n° 12	E. 1/500		Cubierta. Detalles
	A3	m	
Planos totales 15			Rubén Morillo Jurado
			Enero 2019



Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas		
Plano n° 13	E. 1/250	Viga Carrilera
	A3 m	
Planos totales 15		Rubén Morillo Jurado
		Enero 2019



Proyecto: Diseño, Cálculo y Planificación de la ejecución de una estructura metálica destinada a la ampliación de la empresa Talleres Mata. Análisis de las uniones empleadas		
Plano n° 14	E. 1/250	Fachada Lateral
	A3 m	
Planos totales 15		Rubén Morillo Jurado
		Enero 2019

PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO I: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1. Objeto del pliego de condiciones

El presente pliego establece las condiciones y normas de carácter facultativo, económico, legal y técnico por las que se habrán de regir la ejecución de las obras y trabajos de los diferentes oficios, y las instalaciones que intervienen para la total realización de la edificación proyectada, incluidos todos los materiales y medios auxiliares con estricta sujeción a los documentos que componen el proyecto.

2. Documentos que definen la obra

Este pliego, junto con los restantes documentos: Memoria, Planos generales y de detalle y Presupuestos; constituyen el proyecto que ha de servir de base para la ejecución de todas las unidades de obra y, por consiguiente, de obligado cumplimiento por el contratista o constructor de la nueva unidad constructiva.

3. Compatibilidad y prelación entre dicho documentos

La Memoria, los Planos, el Pliego y el Presupuesto, son compatibles y se complementan entre sí. Sin embargo, la ejecución del proyecto se podría desarrollar con los Planos y el Pliego de Condiciones.

Respecto a la prelación, si se considera un aspecto más técnico y teórico, el documento principal es la Memoria y en segundo lugar los Planos; pero, si se considera un aspecto más jurídico y legal, el documento principal es el Pliego de Condiciones.

4. Descripción general de la obra

La obra consiste en la edificación de una nueva nave industrial, y por tanto, las operaciones o trabajos a realizar serán:

- Movimiento de tierras y excavaciones.
- Cimentación.
- Montaje de la estructura metálica
- Montaje de la cubierta y los cerramientos.
- Solera.

5. Disposiciones a tener en cuenta

El adjudicatario deberá ajustar en la adjudicación de la obra a las condiciones especiales registradas en los documentos oficiales, es decir, deberá adaptar el proyecto a la normativa vigente, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar.

Además, la propiedad, quedará obligada por las responsabilidades que le correspondan en función del carácter que adquiere su intervención en la administración de obra, así como todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las ordenanzas, a las normas y al planeamiento vigente.

CAPÍTULO II: CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS

1. DIRECCIÓN FACULTATIVA

La dirección facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero Técnico.

El Ingeniero Técnico, deberá suministrar los detalles que sean necesarios para la correcta ejecución de las obras, no pudiendo el contratista obviar alguna de las indicación que se le den (verbales, escritas, gráficas).

1.1. Facultades de la Dirección Facultativa

La misión que el Ingeniero Técnico debe realizar consiste en:

- Supervisar el estado y la ejecución material de la obra en relación con la normativa de construcción y los documentos del proyecto que la definan.
- Dirigir y coordinar la puesta en marcha de cada una de las unidades de obra, supervisando la adecuación de los materiales (dimensión y calidad) y la correcta disposición de los elementos constructivos.
- Controlar y supervisar periódicamente las instalaciones provisionales, los medios auxiliares y los sistemas de protección establecidos en función de las disposiciones requeridas para la seguridad y salud en el trabajo.

En consecuencia, el contratista tiene como obligación facilitar a la dirección facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos, y a proporcionar la información necesaria sobre el incumplimiento de las condiciones del contrato y el ritmo de realización de los trabajos establecido en el plan de obra. Por tanto, la dirección facultativa, podrá disponer si lo necesita, del personal técnico, los capataces o encargados que durante la ejecución de los trabajos, sean necesarios para la debida ejecución y vigilancia de la nueva unidad constructiva.

1.2. Responsabilidades de la Dirección Facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplimentado los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes de la dirección facultativa, a excepción de que los haya solicitado por escrito a la dirección facultativa y no se los haya entregado.

En este caso, la dirección facultativa será la responsable del retraso en las unidades de obra afectadas por el requerimiento del contratista y las subsiguientes que con ellas estuviesen relacionadas.

2. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA

El contratista, según el artículo 2 del *R.D. 1627/1997*, es la persona física o jurídica que asume ante el promotor mediante contrato, la ejecución material de toda la obra o una parte de ella, aunque dentro de la parte contratada se pueda optar por la ejecución de algunos trabajos en régimen de administración, en cuyo caso se acordarán previamente las condiciones de la misma.

El contratista y en nuestro caso el propietario, deberá cumplir las exigencias del director de la obra, ya sea someter a control los materiales destinados a la obra mediante las muestras y ensayos que estime oportunos para asegurarse de la calidad de los materiales, o bien disponer de la documentación certificada.

El contratista, tendrá en la obra hasta la finalización de la misma, el libro de órdenes y de asistencia en el que quedarán consignadas las visitas que la dirección facultativa realice. Por tanto, también se debe disponer de una copia de los documentos que componen el proyecto a disposición de la dirección facultativa.

Antes del inicio de la obra, el contratista solicitará a la dirección facultativa la presentación del documento de estudio y análisis del proyecto de ejecución de la obra, que comprende los aspectos referentes a la organización de seguridad y salud, y el control de economía de las obras. Asimismo, adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

El contratista, durante la jornada de trabajo, podrá disponer de un encargado en la obra que estará bajo las órdenes del jefe de obra y que será el responsable del mantenimiento de la disciplina de la obra desarrollando las órdenes recibidas por la dirección facultativa y firmando, en ausencia del contratista, los documentos necesarios.

3. TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

3.1. Libro de órdenes

El contratista tendrá siempre en la obra un libro de órdenes con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el colegio profesional correspondiente, a disposición de la dirección facultativa.

En el libro se redactarán todas las órdenes que la dirección facultativa crea oportuno dar al contratista para adoptar las medidas requeridas. Cada orden deberá ser firmada por la dirección facultativa y por el contratista o, en su defecto, por su representante en obra, quedando la copia de cada orden en poder de la dirección facultativa.

Si en el libro no se redacta alguna orden, se deberá únicamente a que se tratan de órdenes de obligado cumplimiento por el contratista de acuerdo con la normativa oficial.

3.2. Reclamaciones contra la Directiva Facultativa

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes de la dirección facultativa sólo podrá presentarlas si ellas son de orden económico y de acuerdo con condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes. Dicha reclamación deberá presentarla en el plazo de tres días.

Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la dirección técnica, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar sus responsabilidades, mediante la exposición razonada dirigida a la dirección facultativa, que podrá limitar su contestación.

3.3. Despidos por insubordinación, incapacidad y mala fe

El contratista tendrá obligación de despedir a los trabajadores bien por falta de respeto y obediencia a la dirección facultativa o al personal encargado de la vigilancia de las obras, o bien, por actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajos.

3.4. Orden de trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos será responsabilidad del contratista, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación la dirección facultativa, en consecuencia, dichas órdenes deberán comunicarse precisamente por escrito al contratista, siendo de obligado cumplimiento.

Por otra parte, el director de obra, fijará en el orden que hayan de seguirse en la realización de las distintas partes que componen este proyecto, así como las normas a seguir en todo lo no regulado en el presente proyecto.

3.5. Replanteo

Antes del inicio de las obras, la dirección facultativa en presencia del contratista, procederá al replanteo general de la obra y a su comprobación. Esto, se llevará a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes de la dirección facultativa, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del contratista o de su representante.

El contratista se hará cargo de las señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo. Asimismo, el contratista está obligado a satisfacer los gastos de replanteo, tanto en general como parciales, y sucesivas comprobaciones. También serán de cuenta del contratista los gastos totales de dirección facultativa, desplazamiento de personal y material para la inspección, y vigilancia, recepción y liquidación.

3.6. Comienzo de obra

El contratista deberá dar comienzo a las obras en el plazo marcado en el contrato de la obra desarrollándose en las formas necesarias para que dentro de los períodos parciales indicados queden ejecutada la obra, y que, en consecuencia la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo exigido por el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, el contratista deberá dar cuenta a la dirección facultativa del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

Por otra parte, el director de obra, redactará el acta de comienzo de obra que deberá respaldar el contratista.

3.7. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución total y parciales se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo. Esta fecha no puede exceder de siete días a partir de la fecha establecida en el

contrato; además, deberán quedar terminadas en el plazo de doce meses, contados a partir de la fecha del acta de replanteo.

En consecuencia con el punto anterior, el contratista está obligado a cumplir con los plazos indicados en el contrato para la ejecución de la obra.

No obstante, además de lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser modificados cuando se requiera por cambios establecidos por el director de obra. Ahora bien, estos cambios se permitirán si son debidos a exigencias de la realización de la obra y siempre que influyan en los plazos señalados en el contrato.

3.8. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Los trabajos se realizarán con el obligado cumplimiento de las indicaciones del proyecto contratado. Además, se deberán cumplir las modificaciones del mismo, que previamente hayan sido aprobadas, y las órdenes e indicaciones que la dirección facultativa haya informado al contratista, siempre que éstas encajen dentro del abanico del presupuesto aprobado.

3.9. Trabajos defectuosos y modificación por causa de fuerza mayor

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del pliego de condiciones del proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado en el contrato.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es el único responsable tanto de la ejecución de los trabajos que se desarrollen, como de las faltas y defectos que puedan existir ya sea por su mala ejecución, por la deficiente calidad de los materiales empleados o por los aparatos colocados, sin excusas o derecho alguno de que la dirección facultativa no se lo haya comunicado, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden abonando a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del contratista.

Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien mediará para resolverla.

3.10. Obras y vicios ocultos

En los trabajos donde puedan existir unidades de obra que quedarán ocultos en la terminación del edificio, será necesario la definición de dichas unidades en los planos necesarios para su ejecución. Este tipo de plano, se entregará y serán firmados por el propietario y contratista y por la dirección facultativa.

En cuanto a la existencia de vicios ocultos en la obra ejecutada, si la dirección facultativa tuviese razones suficientes de su existencia, podrá ordenar en cualquier momento anterior a la recepción definitiva, las demoliciones y reconstrucciones necesarias para evitar la prolongación de los trabajos que se identifican como defectuosos. De los gastos de las demoliciones y reconstrucciones se encargará el contratista.

3.11. Materiales no utilizables

Los materiales no utilizables en la obra, es decir, los materiales procedentes de la excavaciones, derribos, etc, se colocarán inicialmente en un sitio de la obra en el que no causen peligros en el desarrollo de los trabajos, y posteriormente, se retirarán de ésta o se llevarán a un vertedero cuando la dirección facultativa así lo ordene. El coste de la movilización de dichos materiales recaerá en el contratista.

3.12. Materiales y aparatos defectuosos

Los materiales, aparatos, equipos o elementos de las instalaciones que no disponen de la calidad requerida o no cumplen con las características técnicas del proyecto, serán sustituidos por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por las condiciones de desarrollo del proyecto, transcurrido un plazo de quince días como máximo una vez la dirección facultativa lo comunique al contratista.

No obstante, si la dirección facultativa permite la utilización de los materiales, aparatos, equipos o elementos defectuosos, se aplicará una reducción de precio a no ser que el contratista optase por sustituirlos por otros de calidad superior.

3.13. Medios auxiliares

Los medios auxiliares que para la correcta ejecución de los trabajos se requieran, serán responsabilidad del contratista en cuanto al coste y el cumplimiento de su función.

Ahora bien, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del contratista una vez terminadas las obras, sin admitir cualquier tipo de reclamación debido al estado final de los mismos. No obstante, en caso de rescisión por incumplimiento de contrato por parte del contratista, los medios auxiliares podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la administración, para la terminación de las obras.

3.14. Medidas de seguridad

El contratista deberá atender las disposiciones vigentes sobre la seguridad y salud en el trabajo. Las medidas de seguridad comprenderán entre otras la señalización necesaria tanto en el instante previo al trabajo, como durante el desarrollo del trabajo, además, deberán informar con total claridad de los peligros existentes y las medidas preventivas que deben realizar.

Asimismo, se utilizarán cuando existan, las correspondientes señales establecidas por el ministerio competente, y en su defecto por departamentos nacionales u organismos internacionales.

4. RECEPCIÓN PROVISIONAL, PLAZO DE GARANTÍA Y RECEPCIÓN DEFINITIVA

4.1. Recepción provisional

El contratista con una antelación de veinticinco días hábiles, comunicará por escrito a la dirección facultativa la fecha prevista para la terminación de las obras, en función del plazo total de contrato. Terminado el plazo de ejecución de las obras y hallándose en las condiciones exigidas, se procederá a la recepción provisional de las mismas estando presente la comisión que designe el contratista y el director de obra. A tal efecto, se practicará por la dirección facultativa en presencia del contratista, un reconocimiento general, en el cual se realizarán las pruebas necesarias para estipular el cumplimiento de las especificaciones del proyecto, de cuyo resultado se levantará en un acta.

En caso de que las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar en el acta, y se darán las instrucciones precisas con el fin de subsanar los defectos y deficiencias observados, fijándose nuevo plazo para subsanarla.

4.2. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente

La conservación de los trabajos recibidos temporalmente y sus gastos correrán a cargo y cuenta del contratista. En el caso de no atender a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda al orden y limpieza para mantener la buena conservación.

Cuando el contratista abandone la nueva unidad constructiva, ya sea por finalización de la obra o por rescisión de contrato, deberá dejar limpio el emplazamiento en el plazo de tiempo indicado por la dirección facultativa. Asimismo, para la recepción provisional de la unidad constructiva, el contratista deberá asegurar que la no permanencia de herramientas, útiles, materiales, etc, exceptuando los necesarios para establecer el orden y la limpieza del emplazamiento.

En resumen, el contratista está obligado a revisar y comprobar la construcción, por lo que es aconsejable que este disponga de un vigilante en la obra que acatará las órdenes recibidas por la dirección facultativa.

4.3. Plazo de garantía

El plazo de garantía tendrá la duración que se estipule en el contrato y comenzará el día en que se realice la recepción provisional.

Durante este período, sin perjuicio de otras garantías que se establezcan en el contrato, el contratista deberá garantizar toda las obras que haya ejecutado, así como los materiales que haya empleado y su correcta manipulación; además, corregirá los defectos, deficiencias y averías que se observen y, en caso de no hacerlo, se ejecutarán dichos trabajos por la propiedad con cargo a la fianza.

4.4. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará pasado el plazo de garantía, siempre que la obra se encuentre en perfecto estado de uso y conservación.

A partir de esa fecha, se procederá a la liquidación y resolución de la fianza de la que se restarán las sanciones o cargas que procedan según lo indicado en el presente pliego.

CAPÍTULO III: CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

1. BASE FUNDAMENTAL

La base fundamental de estas condiciones es la de que el contratista percibirá el importe de todos los trabajos que ejecute siempre que éstos se hayan realizado en función a la documentación que integra el proyecto, a las modificaciones introducidas, a las condiciones estipuladas en este pliego, a las órdenes de la dirección facultativa y a las indicaciones del contrato.

2. GARANTÍAS DE CUMPLIMIENTO Y FIANZAS

2.1. Garantías

El ingeniero director puede exigir al contratista, antes de la firma del contrato, la presentación de referencias bancarias o de otras entidades, con la intención de asegurarse de que reúne todas las condiciones requeridas para el cumplimiento del contrato.

2.2. Fianza

La fianza, se exigirá al contratista y será la acordada entre este y el ingeniero teniendo diferentes opciones de ejecutarla; bien mediante un depósito de valores públicos del estado con un importe del 10% del presupuesto del proyecto; bien mediante un depósito metálico con un importe del 10% del presupuesto del proyecto; o bien con un descuento del 10% sobre el importe de cada certificación abonada al contratista.

2.3. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza

En el caso de que el contratista se negara a realizar los trabajos necesarios para concluir la obra en las condiciones establecidas en el contrato, el ingeniero o bien encargará a un tercero realizar dichos trabajos, o bien podrá realizarlos la administración abonando el importe con la fianza depositada sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

2.4. Devolución de la fianza

La fianza será devuelta al contratista en el plazo establecido en el contrato del proyecto, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el contratista por medio de la certificación del alcalde al distrito municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, la haya acreditado y no haya reclamación alguna.

3. PRECIOS Y REVISIONES

3.1. Revisión de precios

En el caso de que los precios de materiales, salarios, cargas sociales en el momento de firmar el contrato experimentasen una variación en torno a un 5%, se permitirá realizar una revisión de los precios. Las partes involucradas en el establecimiento de precios, convendrán el nuevo precio antes de comenzar o reiniciar la ejecución de la unidad constructiva.

3.2. Mejora de obras

En el caso de que el ingeniero lo ordene por escrito, se admitirán las mejoras de obra mediante trabajos nuevos. Asimismo, únicamente se admitirán aumentos de obra en el caso de que las mediciones del proyecto sean erróneas siempre que el ingeniero lo ordene por escrito.

En consecuencia, se deberá indicar por escrito los importes totales de las unidades mejoradas o ampliadas, así como los precios de los nuevos materiales.

3.3. Composición de precios

3.3.1. Precios unitarios

Los precios unitarios están compuestos por los siguientes costes:

- Mano de obra, en relación a cada trabajo a realizar, indicando la cantidad de horas invertidas por cada trabajador.
- Materiales necesarios para la ejecución directa de la obra; se indicará la cantidad de material destinado a cada unidad de obra y su precio unitario correspondiente.
- Maquinaria necesaria para la ejecución directa de la unidad constructiva.
- Medios auxiliares necesarios para la ejecución directa de la unidad (andamios, dispositivos elevación, fuerza motriz, mantenimiento de vallados,...).
- Gastos de transporte.
- Recepción de materiales.
- Cargas laborales, indemnizaciones y pagos de todo orden derivados de la actividad del Contratista.
- Oficina de obra.
- Arbitrios municipales que se deriven de la ejecución de las obras (utilización de vertederos, multas, etc.).

3.3.2. Precios por ejecución de material

Se entiende por precio de ejecución material el coste total de material de la unidad de obra, es decir, el precio resultante compuesto por el sumatorio de la relación entre las diferentes unidades de obra y su precio unitario y de las partidas alzadas.

3.3.3. Precio por administración

Las obras por administración se pueden clasificar en obras directas e indirectas.

Las obras por administración directa son aquellas en las que el propietario realiza las gestiones precisas para la ejecución de las obras.

En cambio, las obras por administración indirecta son aquellas en las que intervienen el propietario y el contratista, para que éste realice las gestiones y los trabajos necesarios. La obligación del propietario en este caso, es abonar directamente los gastos inherentes a la realización de los trabajos.

3.3.4. Precio del material acopiado a pie de obra

El precio del material acopiado a pie de obra correrá a cargo del propietario, siendo este en función de contratista el encargado de su conservación en obra.

3.3.5. Precios de las unidades de obra y de las partidas alzadas

Las unidades de obra presupuestadas en partidaalzada serán de abono íntegro, excepto las que figuren "a justificar", que se abonarán previo a la certificación de los documentos acreditativos de su costo y en base a los precios unitarios o, en su defecto, con las partes de los jornales y materiales empleados durante la ejecución que deberán obtener la aprobación de la Dirección Facultativa.

4. MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA

4.1. Generalidades

4.1.1. Medición, valoración y abono de las unidades de obra

Las mediciones y valoraciones que se realicen figurarán en las certificaciones expedidas por el director de obra; dichas valoraciones se realizarán ajustándose a los precios establecidos y se indicarán las referencias y los planos necesarios para su comprobación, que deberá realizarse en un plazo máximo de 15 días. .

Las mediciones que se efectúen comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas. Las diferencias de medición que pudieran sobrevenir respecto del estado de mediciones del proyecto, no serán motivo de variación de los precios unitarios.

El pago de obras realizadas se hará sobre certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

4.1.2. Mediciones parciales y finales

Tanto las mediciones parciales como las que se efectúen al final de la obra, se realizarán por el ingeniero técnico y el contratista o su técnico representante, ciñéndose a la documentación y condiciones que delimita el proyecto y el contrato. Asimismo, deberán documentar las mediciones en un acta por duplicado, que será firmado por ambas partes.

4.2. Liquidaciones

Hasta que se produzca la liquidación final de la obra, todos los abonos que se efectúen al contratista tendrán el carácter de documentos provisionales y el alcance de pagos a buena cuenta de dicha liquidación final.

Cuando se realice la recepción provisional de las obras, se realizará una medición general de la obra para la que se utilizarán como datos complementarios las mediciones efectuadas durante la ejecución de la obra, el libro de órdenes y cuantos otros estimen necesarios la dirección Facultativa y el contratista. Por tanto, el ingeniero director formulará una liquidación provisional en base a la relación valorada que se desprenda de la medición general y con los mismos criterios empleados para las certificaciones.

Si la liquidación provisional pudiera ser sustituida por la última certificación periódica de obra ejecutada, la certificación final deberá comprender las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyen la obra y cumplimentar las condiciones que se hayan estipulado en el contrato. Transcurrido el plazo de garantía y firmada el acta de recepción definitiva, se confeccionará la liquidación definitiva de la obra.

4.3. Pagos

4.3.1. Pagos

Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos en el contrato, y sus importes corresponderán precisamente al de las certificaciones de obras expedidas por el ingeniero, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

4.3.2. Suspensión o retrasos en el ritmo de los trabajos por retraso en los pagos

En ningún caso podrá el contratista y propietario en este caso, alegar retraso en los pagos, suspender trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el que le corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

4.4. Indemnización de daños causados por fuerza mayor

La indemnización de daños causados por fuerza mayor hacer referencia a: los daños producidos por incendios, los daños producidos por las condiciones atmosféricas adversas (terremotos, vientos huracanados, inundaciones, ...).

La indemnización se referirá al abono de las unidades de obra ya ejecutadas con materiales acopiados a pie de obra, no realizándose en ningún caso, cuando se trate de medios auxiliares.

CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

1. Desbroce y limpieza del terreno

Caraterísticas técnicas

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

Normativa de aplicación

- Código Técnico de la Edificación. CTE-DB-SE-C. Seguridad estructural: Cimientos. Acondicionamiento del terreno.

Criterio de medición en proyecto

Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Del soporte**
Inspección ocular del terreno. Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar.
- **Del contratista**
Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**
Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga mecánica a camión.
- **Condiciones de terminación**
La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

2. Zapata de cimentación de hormigón armado

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

Características técnicas

Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso parte proporcional (p/p) de separadores, y armaduras de espera del pilar.

Normativa de aplicación

- Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Ejecución: CTE-DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.

Criterio de medición en proyecto

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Del soporte**
Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.
- **Ambientales**
Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.
- **Del contratista**
Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**
Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

- **Condiciones de terminación**

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

Conservación y mantenimiento

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

3. Vigas entre zapatas

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

Características técnicas

Formación de viga de hormigón armado para el atado de la cimentación, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso parte proporcional (p/p) de separadores.

Normativa de aplicación

- Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Ejecución CTE-DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.

Criterio de medición en proyecto

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Del soporte**
Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.
- **Ambientales**
Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

- **Del contratista**

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**

Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.

- **Condiciones de terminación**

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno.

Conservación y mantenimiento

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

4. Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

Características técnicas

Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

Normativa de aplicación

- CTE-DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

Criterio de medición en proyecto

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Ambientales**

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

- **Del contratista**

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

- **Condiciones de terminación**

La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de proyecto.

5. Acero en pilares

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

Características técnicas

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 125 micras por mano. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

Normativa de aplicación

- CTE-DB SE-A Seguridad estructural: Acero.

- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos Técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

Criterio de medición en proyecto

Peso nominal medido según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Ambientales**
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.
- **Del contratista**
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**
Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.
- **Condiciones de terminación**
Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de proyecto.

6. Acero en vigas

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

Características técnicas

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 125 micras por mano. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

Normativa de aplicación

- CTE-DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

Criterio de medición en proyecto

Peso nominal medido según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Ambientales**
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.
- **Del contratista**
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**
Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.
- **Condiciones de terminación**
Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de proyecto.

7. Acero en correas metálicas

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

Características técnicas

Suministro y montaje de acero galvanizado UNE-EN 10025 S235JRC, en perfiles conformados en frío, piezas simples de las series Z o ZF, para formación de correas sobre las que se apoyará la chapa o panel que actuará como cubierta (no incluida en este precio), y quedarán fijadas a las cerchas mediante tornillos normalizados. Incluso p/p de accesorios y elementos de anclaje.

Normativa de aplicación

- CTE-DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

Criterio de medición en proyecto

Peso nominal medido según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Del contratista**
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del proyecto.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**
Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Resolución de sus fijaciones a las cerchas.
- **Condiciones de terminación**
Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura.

Conservación y mantenimiento

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de proyecto.

8. Cubierta

Características técnicas

Suministro y montaje de cobertura de faldones de cubiertas inclinadas, con una pendiente aproximadamente del 7 %, con paneles autoportantes conformados por láminas de acero en cada cara y por un núcleo de espuma rígida de poliuretano, fijadas mecánicamente a cualquier tipo de correa estructural. Incluso p/p de solapes, tornillos y elementos de fijación, accesorios, juntas, remates perimetrales y otras piezas de remate para la resolución de puntos singulares.

Normativa de aplicación

- CTE-DB HS Salubridad.

Criterio de medición en proyecto

Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de proyecto.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra

- **Del soporte**

La naturaleza del soporte permitirá el anclaje mecánico de las placas, y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.

- **Ambientales**

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 1°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

Proceso de ejecución

- **Fases de ejecución**

Replanteo de las placas por faldón. Corte, preparación y colocación de las placas. Ejecución de juntas y perímetro. Fijación mecánica de las placas. Resolución de puntos singulares con piezas de remate.

- **Condiciones de terminación**

Serán básicas las condiciones de estanqueidad y el mantenimiento de la integridad de la cobertura frente a la acción del viento.

Conservación y mantenimiento

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

Criterio de medición en obra y condiciones de abono

Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de proyecto.

PRESUPUESTO

1. Presupuesto

1.1. Movimientos de tierras

1.1.1. Limpieza y desbroce

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

	Superficie (m ²)	Precio (€/m ²)	Coste Total (€)
IMPORTE	10.450,05	2,00	20.900,1

1.1.2. Relleno compactado

Desarrollo de los trabajos requeridos para obtener las propiedades resistentes necesarias en el terreno de apoyo de la cimentación superficial proyectada, mediante relleno a cielo abierto con zahorra y compactación al 95%. El volumen a cubrir será el de la superficie ocupada por la nueva unidad constructiva considerando en esta unos márgenes de estabilidad para el asentamiento de la estructura (10 m más de longitud y 12m más de ancho); y considerando una profundidad de 50 cm.

	Volumen (m ³)	Precio (€/m ³)	Coste Total (€)
IMPORTE	2.000,00	16,00	32.000

1.2. Cimentación superficial

1.2.1. Zapatas

Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³.

	Volumen (m ³)	Precio (€/m ³)	Coste (€)
TIPO I	48,74	89,00	4.337,42
TIPO II	45,25	89,00	4.027,52
TIPO III	218,84	89,00	19.476,65
IMPORTE			27.841,58

1.2.2. Viga de Atado

Viga de hormigón armado para el atado de la cimentación, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³.

	Volumen (m ³)	Precio (€/m ³)	Coste Total (€)
IMPORTE	38,40	82,00	3.148,80

1.3. Estructura

Se presupuestan el peso total en kg de la estructura. Acero S-275-JR en perfiles laminados IPE, HEA, para pilares, dinteles, correas arriostramientos, etc, según planos de proyecto, suministrado y colocado en obra. Con una capa de imprimación y repintado soldaduras en obra. Incluso medidas de seguridad.

	Peso total (kg)	Precio (€/kg)	Coste Total (€)
IMPORTE	92.425,27	1,40	129.395,38

1.4. Cubierta y Cerramientos

1.4.1. **Cubierta de panel tipo de sándwich** formado por una lámina de acero en cada cara y por un núcleo de espuma rígida de poliuretano. Se presupuesta en m². (Nota: se ha considerado el 80% de la cubierta en este tipo de panel sándwich, y el resto de placas traslúcidas; 1 por hueco).

	Superficie (m ²)	Precio (€/m ²)	Coste Total (€)
IMPORTE	2.029,11	23,00	46.669,53

1.4.2. **Cubierta de tipo traslúcida** de poliéster doble, perfil trapezoidal 30/210 y 0,6 mm de espesor. Medida en verdadera magnitud. Se considera 1 traslúcido por vano.

	Superficie (m ²)	Precio (€/m ²)	Coste Total (€)
IMPORTE	507,30	23,50	11.921,55

1.4.3. **Cerramiento a base de panel tipo sándwich** formado por una lámina de acero en cada cara y por un núcleo de espuma rígida de poliuretano. Colocados en posición vertical. Se presupuesta en m².

	Superficie (m ²)	Precio (€/m ²)	Coste Total (€)
IMPORTE	1.130,40	26,00	29.390,40

- 1.4.4. **Cerramiento a base de prefabricado de hormigón** constituido por una placa alveolar de cerramiento c16, es decir, de espesor 16 cm. Montada en posición horizontal. Se presupuesta en m².

	Superficie (m ²)	Precio (€/m ²)	Coste Total (€)
IMPORTE	568,00	30,00	17.040,00

- 1.4.5. **Rematería**, pie de chapa, coronación, esquinas y remates de puertas. Se presupuesta en metros lineales (m.l.).

	Longitud (m.l.)	Precio (€/m.l.)	Coste Total (€)
IMPORTE	560,00	12,00	6.720,00

1.5. Puente grúa

Puente grúa birraíl, con una capacidad de carga máxima de 8 toneladas y una luz de 27 metros.

	Cantidad	Precio (€/u)	Coste Total (€)
IMPORTE	1,00	18.000,00	18.000,00

1.6. Partida de Seguridad

Comprende la redacción del plan de seguridad, la colocación de redes de seguridad perimetrales, la provisión y colocación de las líneas de vida provisionales y la utilización de las máquinas elevadoras y grúas a utilizar en la ejecución de la unidad constructiva. Se presupuesta en relación con la superficie (m²) destinada a la estructura.

	Superficie (m ²)	Precio (€/m ²)	Coste Total (€)
IMPORTE	2.520,00	2,00	5.040,00

1.7. Presupuesto Total

El presupuesto final del proyecto se obtiene considerando todos los costes totales calculados anteriormente. Por lo que se obtiene:

Presupuesto de ejecución material (PEM)	348.067,34 €
12% de gastos generales	41.768,08 €
6% de beneficio industrial	20.884,04 €
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM+GG+BI)	410.719,46 €
21% I.V.A.	86.251,09 €
Presupuesto base de licitación (PBL=PEC+IVA)	496.970,54 €

El presupuesto final corresponde con el presupuesto base de licitación y asciende a un total de **CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS SETENTA CON CIQUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**