



UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

GRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UNA
NAVE INDUSTRIAL

Alumno: D. ADOLFO SÁNCHEZ GONZÁLEZ
Director: D. CARLOS JESÚS VEGA VERA

JUNIO 2022

TÍTULO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL

AUTOR: ADOLFO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO: D. CARLOS JESÚS VEGA VERA

FECHA: 21 de junio de 2022

Resumen

En este proyecto se calcula y diseña la estructura metálica de una nave industrial mediante el programa CYPE, para ello, se ha seguido la normativa vigente de edificación recogida en el Código Técnico.

Se desarrollan los capítulos necesarios para llevar a cabo la obra de forma satisfactoria.

La nave industrial se encuentra en el Polígono Industrial Los Olivos, contando con una edificabilidad neta de 1080 m² la cual cuenta con un espacio de 240 m² para instalar oficinas, baños, vestuarios y comedor en una parcela de 1851,5 m².

El material que se ha utilizado es el acero estructural S275-JR, en una nave a dos aguas formado por 8 pórticos con una separación entre estos de 6 metros con una luz de 20 metros y una altura de 10 metros a cumbrera el largo de la misma es de 42 metros.

Abstract

In this Project, the metal structure of an industrial warehouse is calculated and designed using the CYPE program, for which the current building regulations contained in “Código Técnico” have been followed.

The necessary chapters are developed to carry out the work satisfactorily.

The industrial warehouse is located in the Los Olivos Industrial Estate, with a net building area of 1080 m², which has a space of 240 m² to install offices, bathrooms, changing rooms and a dining room on a plot of 1851,5 m².

The material that has been used is structural Steel S275-JR, in a gabled warehouse formed by 8 frames with a separation between them of 6 meters with a light of 20 meters and a height of 10 meters to the ridge along the itself is 42 meters.

Resumen	3
Abstract.....	3
Índice de ilustraciones	8
Índice de tablas	9
Capítulo 1. Introducción.....	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Objetivos del proyecto.....	10
1.3 Estructura del proyecto	10
Capítulo 2. Memoria	11
2.1 Objeto	11
2.2 Alcance.....	11
2.3 Antecedentes.....	12
2.3.1 Definiciones	12
2.3.2 Nave industrial	15
2.3.3 Estructuras industriales	15
2.3.4 Tipo de perfiles estructurales y sus características	20
2.3.5 Cargas actuantes.....	25
2.3.6 Cálculo estructural	26
2.3.7 Simplificaciones usadas en las estructuras.....	27
2.4 Normativa	27
2.5 Emplazamiento	29
2.5.1 Características del solar	29
2.5.2 Aspectos urbanísticos y condiciones de construcción.....	30
2.6 Descripción de la solución adoptada.....	32

2.6.1	Consideraciones previas	32
2.6.2	Materiales	34
2.6.3	Distribución, metros y ocupabilidad de la parcela	34
2.6.4	Diseño de nave industrial	36
2.6.5	Actuaciones previas a la construcción de la nave	37
2.6.6	Cerramiento	38
2.7	Cálculo de la estructura con programa de cálculo Cype Ingenieros y análisis de resultados.....	44
Capítulo 3.	Estudio económico.....	53
3.1	Resumen de Presupuesto	53
3.2	Presupuesto de ejecución por contrato	53
3.3	Presupuesto por capítulos	54
Capítulo 4.	Estudios con entidad propia	100
4.1	Prevención de riesgos laborales	100
4.1.1	Acondicionamiento del terreno.....	100
4.1.2	Cimentaciones	106
4.1.3	Estructuras	107
4.2	Impacto medioambiental	112
Capítulo 5.	Pliego de condiciones	115
5.1	Disposiciones generales.....	115
5.1.1	Disposición de carácter general.....	115
5.2	Disposiciones facultativas.....	121
5.2.1	Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación.....	121
5.2.2	Agentes que intervienen en la obra	123
5.2.3	Agentes en materia de seguridad y salud.....	123

5.2.4	Dirección facultativa	123
5.2.5	Visitas facultativas	123
5.2.6	Documentación final de obra: Libro del Edificio	123
5.3	Disposiciones económicas	124
5.3.1	Definición	124
5.3.2	Contrato de obra.....	124
5.3.3	Criterio General.....	125
5.3.4	Finanzas.....	125
5.3.5	De los precios.....	126
5.3.6	Obras por administración	128
5.3.7	Valoración y abono de los trabajos	128
5.3.8	Indemnizaciones mutuas	129
5.3.9	Varios	129
5.3.10	Retenciones en concepto de garantía	130
5.3.11	Plazos de ejecución	131
5.3.12	Liquidación económica de las obras	131
5.3.13	Liquidación final de la obra.....	131
5.4	Pliego de condiciones técnicas particulares	131
5.4.1	Prescripciones sobre los materiales	131
5.4.2	Garantías de calidad (Marcado CE).....	133
5.4.3	Aceros para estructuras metálicas	135
5.4.4	Equipos de protección individual.....	136
Capítulo 6.	Conclusiones	137
6.1	Conclusión.....	137

6.2	Trabajos futuros.....	137
Capítulo 7.	Bibliografía	138
Capítulo 8.	Anexos.....	140
8.1	Cálculos	140
8.2	Planos.....	144
8.3	Ficha técnicas.....	150
8.4	Mediciones.....	152
8.5	Comprobacionse E.L.U.....	155

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Pórtico estructural para un edificio típico de una sola planta (fuente: ingeniería & construcción s.a.)	14
Ilustración 2 Sección transversal que muestra pórtico y sus restricciones (fuente: ingeniería & construcción s.a.)	14
Ilustración 3. Perfil IPE (Universidad San Martin de Porres)	21
Ilustración 4 perfil IPE (fuente: prontuario).....	22
Ilustración 5 Perfil IPN (fuente: catálogo Perfiles San Fernando)	22
Ilustración 6 perfil UPN (fuente: catálogo San Fernando).....	23
Ilustración 7 perfil UPE (fuente: Aceros Campollano)	23
Ilustración 8 perfil HEB (fuente: catálogo San Fernando)	24
Ilustración 9 perfil T (fuente: catálogo San Fernando)	24
Ilustración 10 perfil en T (fuente: Alu-Stock).....	24
Ilustración 11 Localización de la nave. (Fuente: Google Maps)	29
Ilustración 12 Normativa y condiciones para el cálculo de sobrecarga de viento. (Fuente: CYPE) 33	
Ilustración 13 Condiciones para el cálculo de la sobrecarga de nieve (Fuente: CYPE)	33
Ilustración 14 puertas basculantes de dos hojas. (Fuente: Lomen cierres puertas y persianas)..	37
Ilustración 15 Plano situación en parcela de la nave (Fuente: elaboración propia)	37
Ilustración 16. Panel sándwich GP-P4G-LDR utilizado para el cerramiento. (Fuente: Grupo Panel)	39
Ilustración 17 Nave industrial con cerramiento lateral de hormigón prefabricado. (Fuente: prefabricados Lecrin)	39
Ilustración 18 Valor básico de la velocidad del viento, V_b (Fuente: DBSE-AE).....	41
Ilustración 19 Nave industrial. (Fuente:Cype)	44
Ilustración 20 Datos generales pórtico (Fuente: Cype)	45
Ilustración 21 Medidas pórtico (Fuente: Cype)	46
Ilustración 22 Nave industrial CYPE3D.....	47
Ilustración 23 Pilares HEB 300 (Fuente: Cype).....	48
Ilustración 24 Perfiles UPN 200 dobles (Fuente: Cype)	49
Ilustración 25 Comprobación E.L.U. nave industrial (Fuente: Cype).....	50
Ilustración 26 Curva de pandeo (Fuente: DBSE-A)	141
Ilustración 27 Curva de pandeo en función de la sección transversal (Fuente: DBSE-A).....	141

Índice de tablas

Tabla 1. Grado de corrosividad (fuente: UNE-EN ISO 12 944-5:1998)	18
Tabla 2 Durabilidad (fuente: UNE-EN ISO 12 944-5:1998)	18
Tabla 3. Características de perfil. (elaboración propia).....	21
Tabla 4 Tipos de aceros estructurales. (elaboración propia)	34
Tabla 5 distribución, metros y ocupabilidad de parcela (elaboración propia).....	35
Tabla 6 Valores característicos de las sobrecargas de uso. (Fuente: Código Técnico DBSE-AE)..	38
Tabla 7 Características técnicas panel sándwich GP-P4G-LDR. (Fuente. Grupo panel)	39
Tabla 8 Grado de aspereza según uso. (Fuente: CTE DB SE-A).....	42
Tabla 9 Parámetros para el coeficiente de presión exterior. (Fuente: CTE DB SE-A).....	42
Tabla 10 Sobrecaaga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas (Fuente: DBSE-AE)	43
Tabla 11 Tabla de coeficientes de seguridad y coeficientes de combinación de la nave (Fuente: CYPE)	51
Tabla 12 Tabla de coeficientes de seguridad y coeficientes de combinación de la oficina (Fuente: Cype)	51
Tabla 13 Estudio de seguridad en desbroce y limpieza de terreno (Fuente: Cype).....	103
Tabla 14 Estudio de seguridad en excavaciones para zanjas de cimentación (Fuente: Cype)....	106
Tabla 15 Estudio de seguridad en ejecución de hormigón de limpieza (Fuente: Cype).....	106
Tabla 16 Estudio de seguridad en montaje de perfiles (Fuente: Cype).....	109
Tabla 17 Estudio de seguridad en montaje de correas (Fuente: Cype).....	112
Tabla 18 Estudio de seguridad en el montaje de paneles sándwich (Fuente: Cype)	112

Capítulo 1. Introducción

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este proyecto se procede a realizar el estudio de la construcción de una nave industrial con oficinas en la Comunidad de Madrid (España).

La parcela seleccionada, debe albergar los siguientes puntos:

- Zona de aparcamiento para los empleados.
- Zona de muelles para la carga y descarga de un camión.
- Buena comunicación y cercanía con Madrid capital.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos de este proyecto son; llevar a cabo el diseño y el cálculo de la estructura de una nave industrial sin actividad en la que se incluyen oficinas.

- Diseño de una nave industrial mediante el software CYPE INGENIEROS.
- Diseño de la nave industrial comprobando como afectan las cargas y la composición de los elementos al dimensionamiento de perfiles.
- Estudiar las distintas solicitaciones a las que se expone la estructura y buscar la combinación óptima.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el grado, en concreto, los conocimientos adquiridos en Estructuras y Construcciones Industriales, Elasticidad y Resistencia de los Materiales I y II, Tecnología de los Materiales y Ciencia de los Materiales.
- Realizar de forma correcta un proyecto técnico.

1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Este proyecto consta de 8 capítulos, los cuales se dividen de la siguiente manera:

El capítulo 1, consta de la presentación del problema propuesto y los objetivos que se esperan alcanzar a la finalización de este.

En el capítulo 2, se desarrolla la memoria descriptiva del proyecto, en esta, se explica de manera detallada qué abarca el proyecto, la normativa y consideraciones necesarias para el correcto funcionamiento de la nave, su ubicación y su diseño.

En el capítulo 3, se desarrolla la viabilidad del proyecto económicamente, para ello, se realiza un estudio económico de todo el proceso de construcción de la nave y de la seguridad y salud que la construcción conlleva.

En el capítulo 4, se realizan estudios de la seguridad y la salud y el impacto medioambiental que conlleva esta obra.

En el capítulo 5, se desarrolla el pliego de condiciones, en este se explican las disposiciones generales, facultativas, económicas y técnicas de los materiales.

En el capítulo 6, se llevan a cabo las conclusiones del proyecto además de exponer trabajos a futuro.

En el capítulo 7, se muestra la bibliografía seguida para realizar el proyecto.

En el capítulo 8, se muestran los anexos al proyecto, donde se muestran los cálculos, planos, fichas técnicas, mediciones y comprobaciones E.L.U.

Capítulo 2. Memoria

2.1 OBJETO

El presente proyecto tiene como objeto el desarrollo del diseño y cálculo de una estructura de una nave industrial, la cual se ubica en el Polígono Industrial de Los Olivos en Getafe (Madrid), para que este siga siendo uno de los polígonos referencia de la Comunidad de Madrid y seguir industrializando y creando puestos en la zona Sur de la Comunidad de Madrid.

Se estudiarán varias opciones de realizar el proyecto y se procederá a la resolución del diseño y cálculo estructural mediante software, en este caso el programa de cálculo CYPE INGENIEROS.

Se estudiará la viabilidad económica del proyecto realizando un presupuesto estimado para un proyecto con estas particularidades.

2.2 ALCANCE

Este proyecto engloba desde la exposición de los distintos elementos estructurales que se utilizan en la construcción de estructuras de naves industriales, hasta el análisis del presupuesto del costo de este, pasando por el estudio de los diferentes tipos de estructuras, así como el estudio de las diferentes combinaciones de las diferentes cargas actuantes.

La nave industrial se realizará en la zona sur de la Comunidad de Madrid en Getafe, una de las ciudades más industrializadas de la Comunidad de Madrid, para llevar a cabo de manera satisfactoria la construcción de la nave industrial se estudiará la normativa vigente en dicha localidad.

Queda incluido en este proyecto la realización del diseño y el cálculo de la nave industrial y los planos necesarios para el entendimiento del diseño de la estructura de la nave.

Queda excluido del presente; la cimentación, placas de anclaje y uniones entre barras, aunque estos elementos si se añadan al presupuesto y planos de la nave para dotar a este proyecto del mayor realismo posible.

2.3 ANTECEDENTES

2.3.1 Definiciones

Estructura: combinación de elementos, que soportan distintas cargas.

Mecanismo: combinación de elementos que pueden transmitir movimiento, la movilidad de dicho mecanismo depende de los grados de libertad de este.

Estructura isostática: estructura que presenta tantas incógnitas como ecuaciones de equilibrio.

Estructura hiperestática: estructura que presenta más incógnitas que ecuaciones. El grado de hiperestaticidad determina el exceso de incógnitas respecto al número de ecuaciones. Existen dos tipos de estructura hiperestática. Una de ellas es la traslacional, aquella cuyos nudos sufren desplazamiento al ser sometida a cargas y la intraslacional que son aquellas que no sufren desplazamiento cuando se las somete a cargas.

Pórtico: parte estructural que se compone por un conjunto de elementos unidos capaces de resistir la carga. Existen 3 tipos de pórticos; semicontinuos, continuos y simples.

Análisis global: estudio de las solicitaciones, estas son esfuerzos y momentos internos que equilibran las cargas a las que está sometida en ese momento la estructura.

Longitud de pandeo: longitud del arco que se origina al aplicar una fuerza axial en uno de los extremos de la barra. Esta viene determinada por la longitud real de la viga y un coeficiente que depende del tipo y número de uniones.

Barra: elemento lineal que en conjunto componen la estructura. Estas vienen definidas por forma, material, longitud, momentos de inercia respecto a sus ejes, sección transversal...

Nudo: partes finales de las barras.

Estados límites últimos: aquellos estados en los que la carga causan el colapso o fallo total o parcial de la estructura, pudiendo poner en peligro la seguridad de las personas.

Estados límites de servicio: estado tras el cual dejan de cumplirse los criterios de servicio especificados en el cálculo. Aunque no producen rotura, si pueden producir mal funcionamiento, incomodidad en las personas debido a la apariencia que pueda tener y a largo plazo puede dañar al edificio o lo que contenga en su interior.

Rótula: unión entre dos elementos que permite solamente la rotación, estos elementos transmiten cortantes y axiles, pero no momentos.

Placas de anclaje: son elementos generalmente de hormigón que sirven de unión entre la cimentación y las columnas metálicas. Su función se basa en transmitir las tensiones del acero al hormigón sin que se sobrepasen las tensiones admisibles del acero.

Columnas: son elementos verticales que sufren esfuerzos axiles que generan compresión y a una pequeña o nula flexión. Estos sirven para transmitir estas cargas al terreno mediante los cimientos.

Vigas: elementos, normalmente en colocación horizontal que sufren cortantes que generan flexión.

Correas: vigas en las que se apoya en las paredes laterales o techo por lo tanto aguantan la carga del peso del propio techo y las diferentes cargas adicionales que pueden aparecer como viento o nieve.

Arriostramientos: estos elementos se colocan sobre las paredes laterales, frontal y posterior, para fortalecer y estabilizar la estructura de forma general, reduciendo el pandeo lateral y absorber las fuerzas longitudinales que pueden provocar los vientos.

Métodos de unión: elementos que sirven para unir elementos en la estructura, de forma general son dos los tipos más usados; las uniones atornilladas, las cuales realiza la unión mediante tornillos, arandelas y tuercas y las uniones soldadas, con las que se busca la continuidad metálica.

Cerchas: estructura de barra rectas interconectadas. Este tipo de estructuras trabajan tanto a compresión como a tracción presentando flexiones pequeñas.

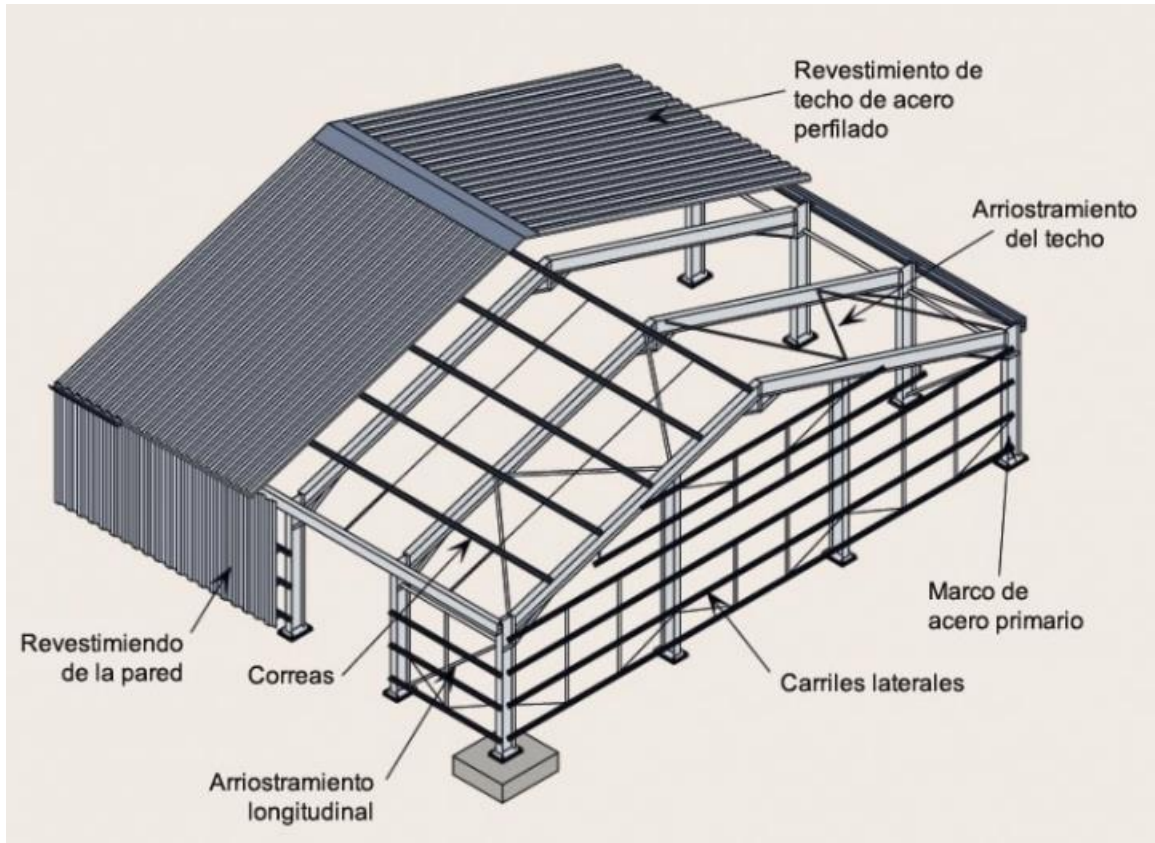


Ilustración 1 Pórtico estructural para un edificio típico de una sola planta (fuente: ingeniería & construcción s.a.)

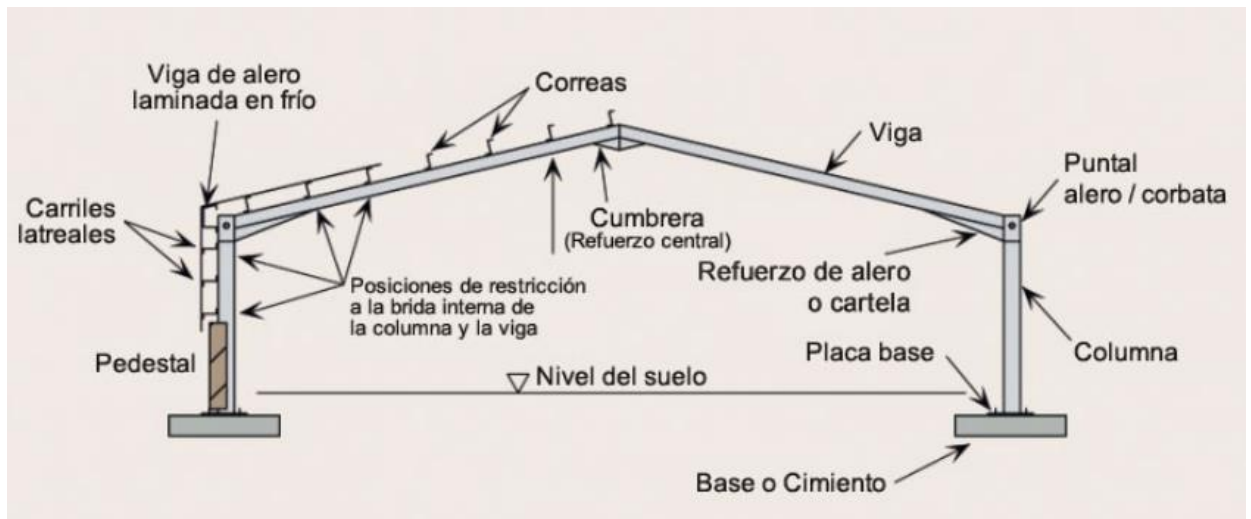


Ilustración 2 Sección transversal que muestra pórtico y sus restricciones (fuente: ingeniería & construcción s.a.)

2.3.2 Nave industrial

Definición

Se denomina nave industrial como una construcción que se destina al desarrollo de una actividad industrial las cuales pueden ser el almacenamiento de productos o materiales y la producción y desarrollo de gran variedad de actividades.

Estas naves se diseñan conforme a la finalidad de las actividades que en ella se van a desarrollar además de poder utilizar una parte de esta como oficinas u otros elementos de carácter no industrial como baños, comedores y vestuarios.

Definición y funciones de la estructura industrial

Una estructura industrial es un conjunto de elementos resistentes con la capacidad de mantener sus formas y cualidades originales, durante el paso del tiempo, bajo cargas y agentes externos a los que están sometidos.

Las funciones principales de la estructura son:

- **Soportar cargas:** esta es la principal función de la estructura.
- **Mantener la forma y ser estables:** además de soportar las cargas, debe hacerlo sin sufrir deformaciones, ya que estas deformaciones pueden derivar en rotura parcial o total o derrumbe de la estructura, estas deformaciones aparecen cuando las cargas a soportar son muy fuertes para el dimensionado de la estructura.
- **Ser ligeras:** deben ser lo más livianas posibles por dos motivos, derrumbe por el propio peso de la estructura y gasto de material y económico mayor.

Por normal general, en este tipo de construcción se busca una construcción rápida y que no sea costoso, es por esto por lo que la mayoría de las naves industriales apuestan por estructura metálica y láminas en sus techos y/o muros o bien ladrillo.

Alternativas a las naves industriales

Cuando se necesita almacenaje de emergencia, se utilizan naves industriales temporales, conocidas comúnmente como bodegas temporales, las ventajas de estas bodegas es que son menos costosas y tienen una construcción más rápida que las naves industriales.

2.3.3 Estructuras industriales

Tipo de naves industriales

Existen varios tipos de estructuras de naves industriales los cuales se presentan a continuación:

Estructuras metálicas

Construcciones de lo más demandas debido a su rapidez de montaje y su transporte fácil debido a que son estructuras de peso ligero y rápida fabricación, además suelen ser más baratas que los otros tipos. Ofrecen espacios muy iluminados y grandes luces.

Estructura de hormigón

En este caso existen dos casos predominantes, naves de hormigón prefabricado, estas son de fácil y rápida construcción, por otro lado, se encuentran las naves de hormigón in situ, estas últimas, presentan mayor resistencia, pero son de lenta construcción.

Naves Mixtas

Combinación de las dos anteriores, metálicas y de hormigón.

Tipos de estructuras (quizá lo tenga que unir con el apartado tipos de naves industriales)

Los tipos de metales más usados en la construcción

Son 5 los metales más usados en construcción, estos son:

Acero: es el más utilizado y reciclado. Permite estructuras muy resistentes a bajo precio.

Hierro: se usa debido a la capacidad que presenta de soportar grandes cargas.

Aluminio: ligero, resistente y de fácil transporte y manipulación. Se mayor utilización en el sector de la construcción es en ventanas, puertas, paredes y cubiertas.

Cobre: se caracteriza por ser resistente, maleable y 100% reciclable, se suele utilizar en conducción de agua y en climatización debido a que presenta gran resistencia a la corrosión.

Titanio: se usa mayormente en la industria química y aeroespacial. Se caracteriza por ser muy ligero, resistente y con un coeficiente de dilatación muy bajo.

Protecciones para estructuras metálicas

Las estructuras metálicas deben ser protegidas contra dos posibles peligros que pueden incidir sobre estas de manera muy negativa, el fuego, ya que este puede originar deformaciones y pérdidas de resistencia a gran velocidad debido a su conductividad térmica y la corrosión debido a las oxidación del material.

Medidas contra el fuego: para escoger la mejor solución se deben tener en cuenta los siguientes conceptos; la temperatura crítica, esta es la temperatura a la cual la estructura pierde la

capacidad de cumplir con su función y el factor de forma, este es la relación entre el perímetro expuesto al fuego y el área de sección de este. Cuanto mayor sea el factor de forma más rápidamente se alcanza la temperatura crítica.

Las contramedidas más utilizadas para este tipo de peligro son; los morteros ignífugos, estos tienen una base de yeso o cemento de 1 a 5 cm, con minerales como la perlita o la vermiculita para aportan mayor aislamiento térmico, se suele recurrir a esta solución en elementos no visibles. Por otro lado, se usan pinturas intumescentes, las cuales cuando alcanzan temperaturas alrededor de los 200°C se hinchan y forman una espuma aislante de baja conductividad térmica evitando así que el perfil alcance la temperatura crítica.

Medidas contra la corrosión: existen varias contramedidas contra este tipo de peligro, la elección de uno u otro producto depende de diferentes factores como pueden ser el tipo de ambiente o durabilidad, estos dos factores se recogen en la siguientes tablas.

		Tipo de Ambiente	
Categoría de corrosión		Exterior	Interior
C1	Muy baja	-	Edificios con calefacción y atmósferas limpias
C2	Baja	Atmosfera con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales	Edificios sin calefacción con posibles condensaciones
C3	Media	Atmósferas urbanas e industriales, con moderada contaminación de SO ₂ . Áreas costeras con baja salinidad	Naves de fabricación con elevada humedad y con alguna contaminación
C4	Alta	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad	Industrias químicas y piscinas
C5-I	Muy alta (industrial)	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes con contaminación elevada
C5-M	Muy alta (marítima)	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad	Edificios o áreas con condensaciones permanentes con contaminación elevada

Tabla 1. Grado de corrosividad (fuente: UNE-EN ISO 12 944-5:1998)

Durabilidad	Periodo de tiempo
L Baja	De 2 a 5 años
M Media	De 5 a 15 años
H Alta	Mayor a 15 años

Tabla 2 Durabilidad (fuente: UNE-EN ISO 12 944-5:1998)

Ventajas e inconvenientes de las estructuras metálicas

A continuación, se muestran las principales ventajas y desventajas que presenta el acero.

Ventajas.

- **Alta resistencia:** el acero presenta alta resistencia por kilogramo, esto permite hacer estructuras livianas.
- **Homogeneidad:** las propiedades del acero no muestran alteraciones con el paso del tiempo.
- **Elasticidad:** es el material más próximo un comportamiento linealmente elástico.
- **Precisión dimensional:** los perfiles de acero para construcción están fabricados bajo unos estándares, esto permite establecer de forma precisa las propiedades geométricas de cada tipo de perfil y tamaño.
- **Ductilidad:** el acero soporta grandes deformaciones sin presentar rotura, esto permite la reparación del elemento o la evacuación del local antes de derrumbe.
- **Tenacidad:** el acero presenta la capacidad de absorber grandes cantidades de energía, esto permite sufrir impactos sin sufrir daños. Las reparaciones de las zonas afectadas no suponen un coste excesivo.
- **Facilidad de unión con otros miembros:** el acero se puede unir a otros elementos mediante la soldadura, remaches o tornillos.
- **Disponibilidad de secciones y tamaños:** los perfiles de acero se encuentran estandarizados tanto en medidas como en formas, además existe la posibilidad de fabricar perfiles que se adapten al diagrama de momentos por un bajo coste.

- **Reciclabilidad y costo de recuperación:** el acero es 100% reciclable pudiendo darle otras utilidades diferentes al de estructura de una nave industrial, cuando el costo de recuperación es muy elevado, este se puede vender como chatarra.
- **Permite ampliaciones, reparaciones y reformas de manera fácil:** debido a la su facilidad de unión con otros miembros, su variedad de perfiles y su sencilla fabricación, permite realizar ampliaciones, reparaciones y reformas .
- **Posibilidad de prefabricar estructuras:** se puede realizar la mayor parte de la estructura en talleres especializados lo que consigue mayo exactitud y calidad en menor tiempo y con menos coste. Se intenta que en la obra sólo se realice la unión entre elementos.

Desventajas

- **Corrosión:** se necesita un recubrimiento de pintura, laca, esmalte o similar para que no se corroa. Existe una excepción que no necesita este recubrimiento, el acero inoxidable.
- **Calor, fuego:** el límite elástico del acero se mantiene constante hasta los 400°C, el módulo de elasticidad empieza a descender desde los 100°C.
- **Fatiga:** la resistencia disminuye con el tiempo con las diferentes cargas puntuales a las que se le puede someter a la estructura .
- **Ruido:** la transmisión de vibraciones es mayor que en otros materiales. Esto puede generar desconcentración o agotamiento en otras partes de la nave diferentes de donde se generó el golpe.

Tipos de cubierta de nave industrial

Existen varios tipos de cubiertas para las naves industriales, las cuales se presentan a continuación, cada una de ellas cuenta con unas características diferentes al resto.

Una de las cuestiones más importantes a la hora de seleccionar la cubierta es el aislamiento térmico que esta presenta, ya que deben evitar que el frío o calor exterior penetren al interior, lo que influye en el confort de los trabajadores. Se recomienda instalar como mínimo un 10% de exutorios o claraboyas para la entrada de luz natural y de sistema contraincendios.

Cubierta tipo Sándwich

Cubierta de las más comunes en edificación industrial. Se conocen como cubiertas dobles o sándwich. Su estructura cuenta con dos placas entre las que se coloca un aislante térmico que suele ser de lana de vidrio o poliestireno extruido.

Las características de este tipo de cubierta son; el control de la temperatura interior aísla e impide fugas de calor y frío, reduce la contaminación acústica impidiendo el paso del ruido tanto desde exterior hacia el interior como del interior hacia el exterior.

Otro de los factores para tener en cuenta es la posibilidad de rehabilitación de la cubierta sin necesidad de realizar grandes modificaciones o retirada de paneles anteriores.

Cubiertas tipo Deck

Estas cubiertas están formadas por una plancha metálica, una capa de aislante de temperatura y de sonido y una capa de impermeable.

Las características de este tipo de cubierta son; capacidad de impermeabilización completa sin necesidad de juntas o puentes térmicos, se adaptan a la geometría y son de fácil montaje.

Se recomienda su instalación cuando la pendiente es menor a 3%.

Cubiertas simples

Estas son chapas metálicas onduladas, acanaladas o trapezoidales. Estas son las más económicas, son duraderas, aseguran la estanqueidad y su montaje es fácil.

Por el contrario, carecen de aislante y si no están sujetas de forma adecuada, pueden levantarse con los fuertes vientos.

2.3.4 Tipo de perfiles estructurales y sus características

Los perfiles estructurales son barras generalmente de acero que sirven para realizar construcciones.

La forma transversal, el perfil de estos, son los que le dan la denominación según su forma. La denominación del perfil viene siempre acompañada de un número que es la altura total del perfil en milímetros. Los perfiles se componen de una parte central llamada alma y las alas que son perpendiculares al alma estas partes están unidas entre sí y la continuidad entre ellas es el radio de empalme.

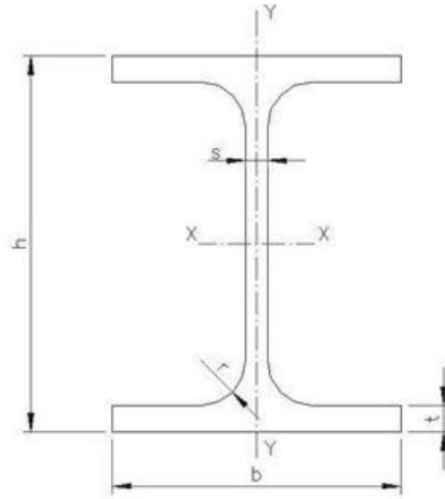


Ilustración 3. Perfil IPE (Universidad San Martín de Porres)

Lo que caracteriza a un perfil son los siguientes conceptos:

Símbolo	Concepto
h	Altura nominal
b	Anchura de alas
s	Espesor de alma
t	Espesor del ala
r	Radio de acuerdo entre el alma y el ala
I	Momento de inercia
W	Módulo resistente
i	Radio de giro
A	Área de la sección transversal

Tabla 3. Características de perfil. (elaboración propia)

El cada perfil presenta 2 momentos de inercia, 2 módulos resistentes y 2 radios de giro uno para cada uno de sus ejes X e Y.

A continuación, se muestran los distintos tipos de perfiles.

IPE: perfil con sección en I o doble T, donde las caras interiores y exteriores de las alas son perpendiculares al alma y perpendiculares entre ellas con espesores constantes, con radio de acuerdo. Este presenta aristas vivas en el extremo tanto en el exterior como en el interior.

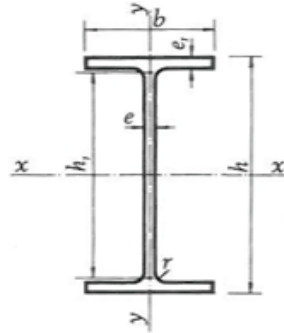


Ilustración 4 perfil IPE (fuente: prontuario)

IPN: perfil con misma forma que el IPE, pero con las caras interiores del ala presentan una inclinación del 14%, esta inclinación hace que el espesor de las alas vaya decreciendo según nos acercamos a los extremos. En el extremo presenta aristas vivas en el exterior y un radio en el interior.

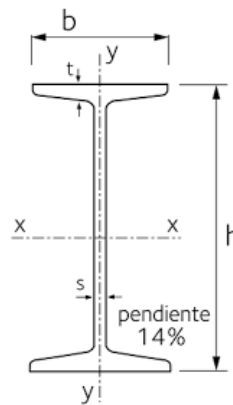


Ilustración 5 Perfil IPN (fuente: catálogo Perfiles San Fernando)

UPN: perfil con sección en U. Las caras exteriores de las alas se encuentran en posición perpendicular al alma y las interiores presentan una inclinación del 8% respecto a las caras exteriores. El espesor va decreciendo según nos acercamos a los extremos y presenta en este aristas vivas en el exterior y un radio en el interior. La anchura de las alas se relaciona con la altura nominal mediante la siguiente fórmula: $\text{ala} = (\text{altura}/4) + 25 \text{ mm}$.

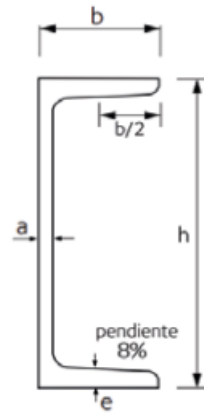


Ilustración 6 perfil UPN (fuente: catálogo San Fernando)

UPE: perfil con sección en U. Con las alas más cortas que el perfil UPN y con las alas perpendiculares al ala y paralelas entre si con las aristas vivas en los extremos.

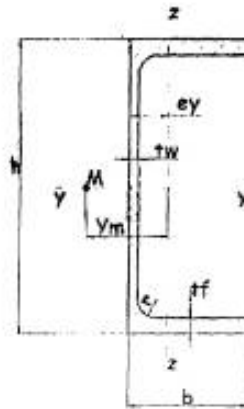


Ilustración 7 perfil UPE (fuente: Aceros Campollano)

HEB: perfil con sección en H. Con las alas anchas perpendiculares con el alma y paralelas entre sí con espesor constante, con radio de acuerdo entre alma y alas y aristas vivas en alas. La altura y anchura de las alas presentan el mismo valor hasta los perfiles 300, perfiles superiores a este, la anchura del ala se mantiene en 300 mm sólo incrementando el valor de la altura.

El perfil base es el HEB, existen otros tipos de perfiles derivados de este tipo, el HEM que es un perfil como el HEB, pero más pesado y el HEA que es más ligero que el HEB.

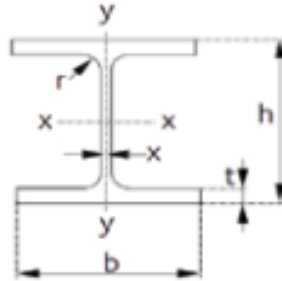


Ilustración 8 perfil HEB (fuente: catálogo San Fernando)

Perfil T: perfil con sección de T en los cuales la parte exterior del ala es perpendicular al alma y la interior presenta una inclinación del 2% respecto al exterior del ala. El alma presenta una inclinación de un 2% respecto a su eje. En el extremo del ala presenta un radio en el interior y arista viva en el exterior. Presenta un radio de acuerdo entre ala y alma.

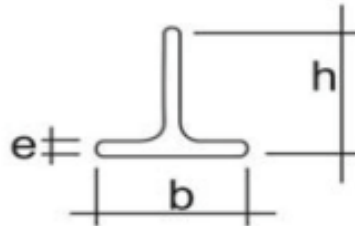


Ilustración 9 perfil T (fuente: catálogo San Fernando)

Perfil simple en T: perfil con sección de T en los cuales la parte exterior del ala es paralela a la interior y estas perpendiculares al alma. El alma es paralela a su eje. Presenta un radio de acuerdo entre ala y alma.

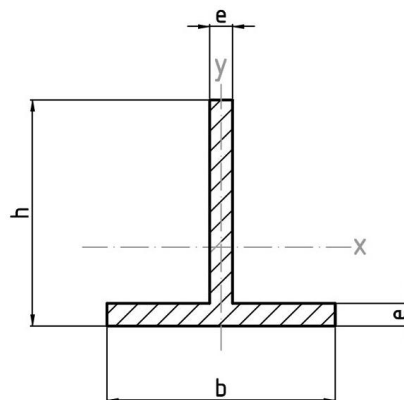


Ilustración 10 perfil en T (fuente: Alu-Stock)

2.3.5 Cargas actuantes

Para realizar el diseño estructural de una estructura, hay que tener en cuenta diferentes cargas a las cuales van a estar sometidos los distintos elementos de la estructura.

Las acciones o cargas que se consideran en un proyecto de una estructura o elemento de esta se pueden clasificar según los siguientes criterios:

Clasificación por naturaleza

Las cargas se pueden clasificar según su naturaleza en los siguientes grupos:

Acciones directas: aquellas en las que su aplicación es directamente sobre la estructura. En este grupo se incluyen el peso propio de la estructura, las sobrecargas de uso...

Acciones indirectas: estas son aquellas deformaciones o aceleraciones que son capaces de dar lugar a una fuerza de forma indirecta, no se aplica de forma directa sobre la estructura. En este grupo se incluyen los efectos debido a temperatura, asentos de cimentación, acciones sísmicas...

Clasificación por su variación en el tiempo

Son aquellas acciones que se clasifican por su variación en el tiempo.

Acciones permanentes (G): estas actúan en todo momento y son constantes en magnitud y posición. Dentro de estas se encuentran el peso propio de la estructura, el equipamiento...

Acciones permanentes de valor no constante (G*): estas actúan en todo momento con la diferencia de que no son cargas constantes en magnitud. En este grupo se encuentran las acciones cuya variación es función del tiempo produciéndose en un único sentido tendiendo a un valor límite como pueden ser las acciones reológicas y de pretensado.

Acciones variables (Q): se consideran cargas variables aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura. En este grupo se incluyen las sobrecargas de uso, las acciones climáticas...

Acciones accidentales (A): en este grupo se incluyen todas las cargas cuya actuación es de gran impacto en un tiempo corto. En este tipo de acciones entran los impactos, las explosiones y se pueden considerar los efectos sísmicos.

Clasificación por su variación en el espacio

Las acciones pueden clasificarse según la variación en el espacio clasificándose del modo siguiente:

Acciones fijas: aquellas que siempre en la misma posición. En este tipo entran las acciones como el peso propio y las acciones muertas.

Acciones libres: en este apartado se engloban las acciones que en las que la posición es variable en la estructura. En este tipo se encuentran las cargas como las sobrecargas de uso.

Clasificación por su efecto

Existe también una clasificación según el efecto que generan en la estructura, clasificándose en los siguientes dos grupos.

Favorables (F): cuando la actuación de las acciones es positiva para la seguridad de la estructura.

Desfavorables (D): cuando la actuación de las acciones es negativa para la seguridad de la estructura.

Cabe destacar que una misma carga puede ser favorable o desfavorable según el contexto en el que se encuentre.

2.3.6 Cálculo estructural

Métodos de cálculo

Realizar el cálculo de una estructura es tremendamente complejo, por ello se han inventado varias formulaciones y teorías para aplicarlas a los casos prácticos.

A continuación, se exponen los métodos resolutivos prácticos más importantes.

Métodos clásicos de resistencia de materiales

Son tres los métodos más empleados en la resistencia y elasticidad de materiales. Se presentan a continuación.

Teoremas de Mohr: se aplica sobre todo en estructuras bidimensionales de barras y cada barra por separado.

Teorema de Castigliano: este tipo se centra en el potencial interno de la viga.

Método de Cremona: se aplica sobre todo en barras articuladas, principalmente en el cálculo de celosías bidimensionales.

Métodos iterativos

Este método se aplica en estructuras planas de barras con nudos rígidos, tratando siempre de evitar sistemas de ecuaciones largos y complejos.

Métodos matriciales

Este método se utiliza en todo tipo de estructuras tanto en estructuras espaciales como planas y con nudos articulados o rígidos. Se basa en aplicar los conocimientos de álgebra al cálculo de una estructura.

Este método es el utilizado por los ordenadores, ya que presenta la ventaja de poder aplicarse de una forma genérica y servir así, como base para el desarrollo de programas informáticos.

Métodos de discretización

Parte de la base de la resolución matricial. Divide el componente en un número finito de elementos y luego realiza el cálculo entre ellos realizando equilibrio entre los nudos que los unen.

2.3.7 Simplificaciones usadas en las estructuras

Existen varios métodos con las que simplificar el número de operaciones y cálculos que se deben realizar. A continuación, se presentan los más importantes.

Simetría: cuando la estructura es simétrica tanto en forma como en cargas, se puede reducir sus cálculos a la mitad de la estructura.

Antimetría: cuando la estructura es simétrica en forma, pero no en cargas, se puede reducir sus cálculos a la mitad de la estructura.

Principio de superposición: los esfuerzos o desplazamientos totales en un punto al que se le someten varias cargas se puede determinar calculando cada esfuerzo por separado y sumando todos ellos.

Teorema de reciprocidad: en este teorema se expone que el producto de las cargas por los desplazamientos que se generan en un sistema aislado de cargas es igual al producto de las cargas por desplazamientos que se generan en otro estado de cargas aislado.

2.4 NORMATIVA

Para la elaboración del proyecto, como para la definición de materiales para la estructura metálica se han tenido en cuenta las siguientes normas:

Norma urbanística Anejo ZOI-04, LOS OLIVOS.

Aprobado: de 30 de julio de 1996.

Última modificación: 22 de mayo de 2003.

Documento Básico Seguridad estructural SE 1 Resistencia y estabilidad (CTE DB SE-1)

Aprobado: Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28-marzo-2006).

Última modificación: Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27-diciembre-2019).

Documento Básico Seguridad estructural SE 2 Aptitud al servicio (CTE DB SE-2)

Aprobado: Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28-marzo-2006).

Última modificación: Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27-diciembre-2019).

Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la edificación (CTE DB SE-AE)

Aprobado: REAL Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28-marzo-2006).

Última modificación: Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27-diciembre-2019).

Documento Básico Seguridad Estructural Acero (CTE DB SE-A)

Última modificación: Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23-octubre-2007).

Corrección de errores: BOE 25-enero-2008.

2.5 EMPLAZAMIENTO

El terreno obtenido se encuentra en el número 29 de la Calle de la Solidaridad, en el Polígono Industrial Los Olivos, Getafe (Madrid), este está situado en la N-IV Madrid-Andalucía, a 12 kilómetros de Madrid, Limitado al sur con el Cerro de los Ángeles.

Tiene acceso directo a la N-IV dirección Madrid, a M-45 dirección A2/M-40/A-3 y a M-40 dirección M-30/A-2/A-1/A-5.

En su entrada cuenta con una gasolinera y un camping para el estacionamiento de camiones además de contar el polígono, con talleres mecánicos y de limpieza de estos.

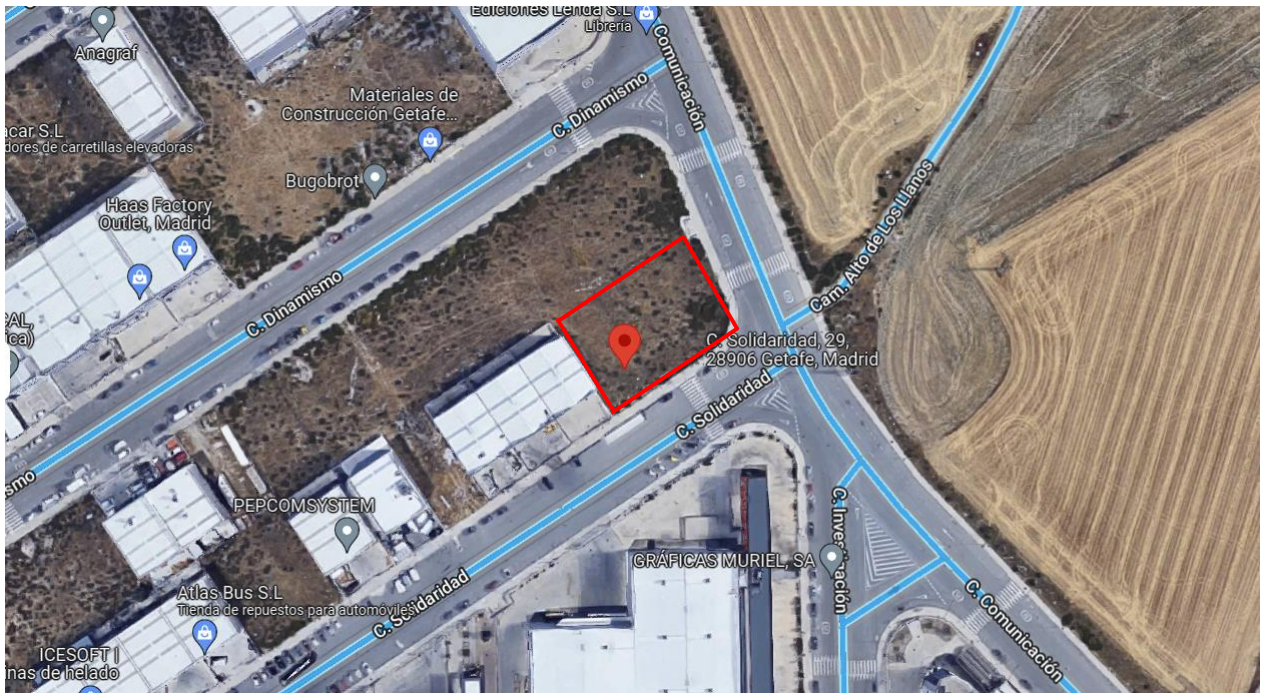


Ilustración 11 Localización de la nave. (Fuente: Google Maps)

2.5.1 Características del solar

Se trata de un solar urbano con uso industrial el cual adopta una forma de un polígono irregular de lados de 1851,5 m².

Este solar linda en su zona norte con la parcela número 7 de la Calle de la Comunicación, en una línea quebrada de 2 tramos de 3,94 m y 3,96 m.

En la zona noroeste linda con las parcelas número 28 y 30 de la Calle del Dinamismo en una línea recta de 48,96 m.

En la zona este linda con la Calle de la Comunicación, en una línea recta de 18,58m.

En la zona sureste linda con la intersección de la Calle de la Comunicación y Calle de la Solidaridad, en una línea curva de 19,79m.

En la zona sur linda con la Calle de la Solidaridad en una línea recta de 34,52 m.

La zona suroeste linda con la parcela nº 25 de la Calle de la Solidaridad en una línea recta de 35m.

En la actualidad, el terreno no presenta ninguna construcción, por lo que se podría empezar a construir después del desbroce y del movimiento de tierras.

Además, cuenta ya con las instalaciones de; agua, electricidad, alcantarillado, gas natural, aceras y alumbrado público.

2.5.2 Aspectos urbanísticos y condiciones de construcción

La normativa urbanística utilizada para las condiciones de construcción es la regulada por el Ayuntamiento de Getafe (Madrid). Según esta normativa los requisitos de obligado cumplimiento son los siguientes:

Retranqueo: por normativa son:

- Fachada principal: 10 m.
- Laterales: 3 m.
- Posterior: 3 m.

Los espacios libres resultantes del retranqueo se pueden dedicar a aparcamiento en superficie, zonas verdes o muelles de carga.

Ruidos máximos: por normativa son:

- El ruido máximo por normativa es de 30 dBA, medidos en locales colindantes y en exterior. Prohibida la actividad desde las 22 a las 8h.

Vibraciones máximas: por normativa son:

- 5 pal.

Emisión de humos y polvo: por normativa son:

- 0/1/1,5.

Oficinas: por normativa son:

- Se permite la instalación de oficinas en edificaciones industriales siempre que no se sobrepase el 30% de la superficie total destinada a la instalación.

Uso dotacional de equipamiento (comedores, cafeterías...): por normativa son:

- Se permite la instalación de equipamiento para uso exclusivo de la instalación en edificaciones industriales siempre que no se sobrepase el 15% de la superficie total destinada a la instalación.

Comercial: por normativa:

- Limitado al comercio de los productos de la propia industria.

Altura: por normativa:

- La altura máxima permitida es de 15 m.
- La altura mínima permitida es de 3 m.

Edificabilidad máxima: por normativa:

- La edificabilidad máxima permitida sobre rasante o en varias plantas por encima del rasante es de $0,75 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Ocupación máxima sobre parcela neta edificable: por normativa:

- La ocupación máxima es de 75%.

Cerramientos: por normativa son:

- De una altura máxima de 1 m, sobre estos cerramientos podrán situarse alambrada o sobresalir setos de ajardinamiento.

Arbolada: por normativa son:

- Espacios libres resultantes de la parcela será obligatorio la plantación de arbolado.

Aparcamiento: por normativa son:

- Se debe disponer de una plaza por cada 100 m^2 de superficie de la nave industrial, a su vez, debe haber un espacio como mínimo de 5 m para que los peatones puedan moverse con libertad por el recinto.
- Las dimensiones de la plazas de aparcamiento deben tener unas dimensiones mínimas de 2,2 m X 4,5 m. Las plazas reservadas a minusválidos deben tener unas dimensiones mínimas de 3,3 m X 4,5 m.

Condiciones de Seguridad frente a incendios: por normativa son:

- La edificación dejará en su perímetro una banda pavimentada de 5 m. de ancho que permita el paso y maniobra de vehículo de bomberos, manteniendo la banda de seguridad libre de obstáculos.
- No es necesario que la banda de seguridad circunde completamente la edificación.

Carga y descarga: por normativa son:

- Cuando la superficie de producción supere los 500 m². Se debe disponer de una zona de carga y descarga en el interior de la parcela con capacidad para estacionar un camión.

Condiciones estéticas: por normativa son:

- **Marquesinas:** por normativa son:
 - no se autoriza la construcción de marquesinas.
- **Salientes:** por normativa son:
 - el vuelo máximo admitido es de 75 cm.
- **Arbolado:** por normativa son:
 - los espacios libres resultantes de la parcela, se debe plantar arbolado con separación adecuada a la especie plantada.

2.6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

2.6.1 Consideraciones previas

Antes de realizar cualquier construcción, se deben tener en cuenta unas condiciones y requisitos que condicionan el diseño.

La localización del emplazamiento es de vital importancia, pues este permite conocer qué condiciones debe cumplir dicha edificación, entre estas condiciones se encuentra el análisis del entorno vegetal, el entorno civil; canalizaciones de gas y agua, edificios colindantes, distribución de aceras... Otro aspecto a tener en cuenta y que nos permite saber la localización es la climatología de dicho establecimiento, vientos, posibles nevadas, orientación solar...

Todos estos valores se recogen en las siguientes ilustraciones:

España

UE

Alemania

Bélgica

Bulgaria

Francia

Italia

Portugal

Argelia

Marruecos

Argentina

Brasil

Colombia

Cuba

México

Paraguay

Perú

Venezuela

Canadá

USA

India

CTE DB SE-AE NTE Eurocódigo 1

CTE DB SE-AE
Código Técnico de la Edificación.
Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

Zona eólica

A. Velocidad básica: 26 m/s

B. Velocidad básica: 27 m/s

C. Velocidad básica: 29 m/s

Grado de aspereza

Única Según dirección

I II III IV V

Zona urbana, industrial o forestal

Periodo de servicio (años)

Con huecos

Coefficiente de obstrucción para cubiertas aisladas

Ilustración 12 Normativa y condiciones para el cálculo de sobrecarga de viento. (Fuente: CYPE)

Datos del emplazamiento, por término municipal

✓ Provincia

► Término municipal

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T V Z 🔍

Galapagar

Garganta de los Montes

Gargantilla del Lozoya y Pinilla de Butrago

Gascones

Getafe

Griñón

Guadalix de la Sierra

Guadarrama

Zona de clima invernal

4

Ilustración 13 Condiciones para el cálculo de la sobrecarga de nieve (Fuente: CYPE)

2.6.2 Materiales

Debido a que se utilizará el acero para nuestra nave industrial, se exponen características.

Los aceros más utilizados son los aceros estructurales del tipo:

S235JR	S235J0	S235J2
S275JR	S275J0	S275J2
S355JR	S355J0	S355J2

Tabla 4 Tipos de aceros estructurales. (elaboración propia)

Nomenclatura: S(Steel) **límite elástico** (número) **JX** (sensibilidad a la rotura y soldabilidad). **JR**=construcciones ordinarias // **J0**= mayor soldabilidad y resistencia a rotura frágil // **J2**= características especiales.

En España a excepción del S275JR, todos los aceros se suministran por encargo.

Las características mecánicas principales del acero son:

Límite elástico: punto en el cual a partir de este las deformaciones no recuperan su forma original.

Límite de rotura: carga máxima que soporta el material antes de romperse, este límite se encuentra una vez se sobrepasó el límite elástico.

Valores característicos del acero:

- **Módulo de elasticidad (E):** 210 GPa.
- **Módulo de rigidez (G):** 81 GPa.
- **Coefficiente de Poisson (ν):** 0,3.
- **Coefficiente de dilatación térmica (α):** $1,2 \cdot 10^{-5} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$.
- **Densidad (ρ):** $7,850 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$.

2.6.3 Distribución, metros y ocupabilidad de la parcela

En la siguiente tabla se muestra el concepto, los metros cuadrados reales, los metros cuadrados máximos por normativa, la ocupabilidad real y máxima según normativa.

Concepto	Planta	Metros cuadrados en m ²	Ocupabilidad real %	Ocupabilidad máxima en m ²	Ocupabilidad máxima por normativa %
Parcela	-	1851,5	-	-	-

Nave total	-	1080	58,33		1388,63	75
Rasante	00	840	77,78	sobre	1388,63	75
			metros			
			construidos			
Sobre rasante	01	240	22,22	sobre	-	-
			metros			
			construidos			
Actividad	00	600	55,56	sobre	1080	75
			metros			
			construidos			
Oficinas	-	-	-		324	30
Equipamiento (baños, comedor...)	-	-	-		162	15
Metros destinados a oficinas y equipamiento	-	480	44,44		486	45
Aparcamiento						
Plazas mínimas por normativa					Plazas construidas	
11					18	

Tabla 5 distribución, metros y ocupabilidad de parcela (elaboración propia)

2.6.4 Diseño de nave industrial

Orientación y ubicación dentro de la parcela.

Para el diseño de la estructura de la nave se tiene presente la normativa vigente en el Polígono Industrial Los Olivos de Getafe. La nave consta de 1080 metros cuadrados totales construidos los cuales 600 m² se dedican a actividad y los 480 m² restantes se dedican a oficinas y equipamientos, los cuales incluyen metros cuadrados de baños, comedores, cafeterías, vestuarios...

Para ello, la nave industrial está formada por pórticos a dos aguas con 8 metros de altura de columnas y 10 metros de altura hasta la cumbrera, con esta altura se busca el mayor confort en los días de más calor ya que el aire caliente tiende a subir, y 20 metros de luz para dotar a la zona de actividad del mayor espacio posible, dando total libertad a la posibilidad futura de instalación de máquinas, estanterías, distribución de paso de apiladoras y trabajadores...

La nave industrial está conformada por 8 pórticos todos iguales, descritos con anterioridad y un espacio entre ellos de 6 metros formando así una nave de 42 metros de largo orientado al sur y al norte por 20 metros de ancho orientado al este y oeste.

Para una mayor resistencia y sujeción de la estructura se montan Cruces de San Andrés en los pórticos de los extremos tanto en los laterales como en la parte superior como en la mitad de la cubierta de la estructura.

La parte posterior de la fachada, orientada al norte, cuenta con un retranqueo mínimo según normativa de 3 metros. Esta fachada contará con ventanas para dotar de luz natural.

La fachada orientada al sur, la cual es la principal, cuenta con un retranqueo superior al estipulado por normativa superando en 2 metros los 10 metros marcados por esta. Se le dota de este espacio a la fachada principal para la ubicación del aparcamiento para que los vehículos puedan maniobrar libremente y para que en caso de urgencia o incendio puedan entrar y aparcar cómodamente los servicios pertinentes. Esta fachada contará con una puerta peatonal.

En la parte oeste, zona de oficinas, se cumple normativa dejando 3 metros de retranqueo. Esta pared contará con ventanas para dotar de luz natural.

Zona orientada al este, zona de carga y descarga, se dejan 8 metros para no ocupar la vía pública cuando se disponga a realizar labores de carga y descarga, esta además cuenta con un hueco de 4 metros de ancho por 6 metro de alto para puerta basculante de dos hojas.



Ilustración 14 puertas basculantes de dos hojas. (Fuente: Lomen cierres puertas y persianas)

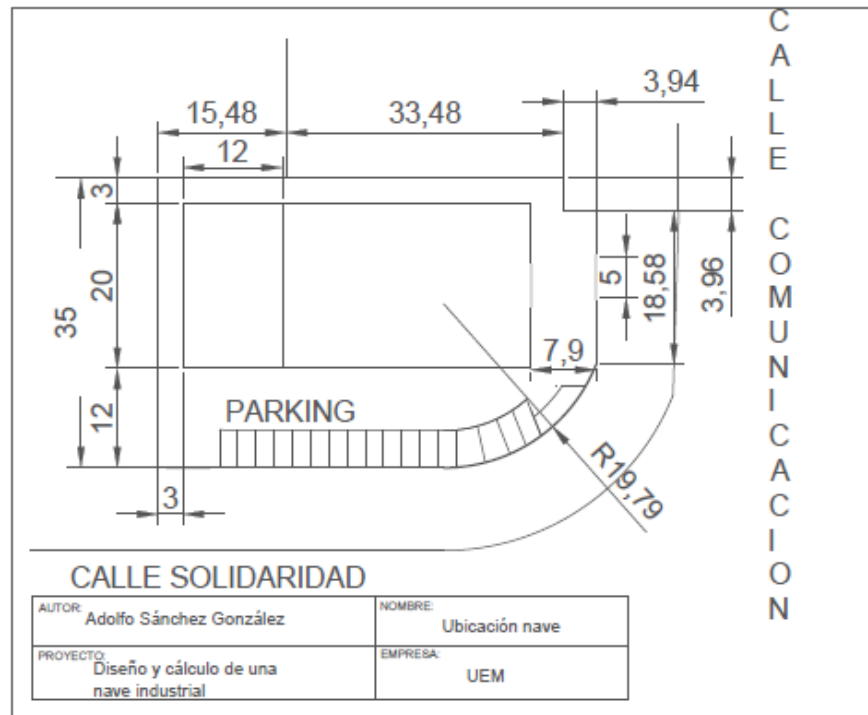


Ilustración 15 Plano situación en parcela de la nave (Fuente: elaboración propia)

2.6.5 Actuaciones previas a la construcción de la nave

Debido a que se trata de una nave de nueva construcción en una parcela libre de otras edificaciones, se realizan directamente las labores de acondicionamiento del terreno.

Para ello, se realiza desbroce, nivelación y compactación de la parcela en su totalidad. Una vez realizados estos procesos y transportado los residuos a los vertederos correspondientes, se procede a realizar las zanjas para la cimentación que constará de zapatas, vigas de atado y hormigón de limpieza.

2.6.6 Cerramiento

Cubierta

Además del peso propio del cerramiento, se le debe añadir una sobrecarga de uso, estos valores, vienen determinados en el Código Técnico y se recogen en la siguiente tabla:

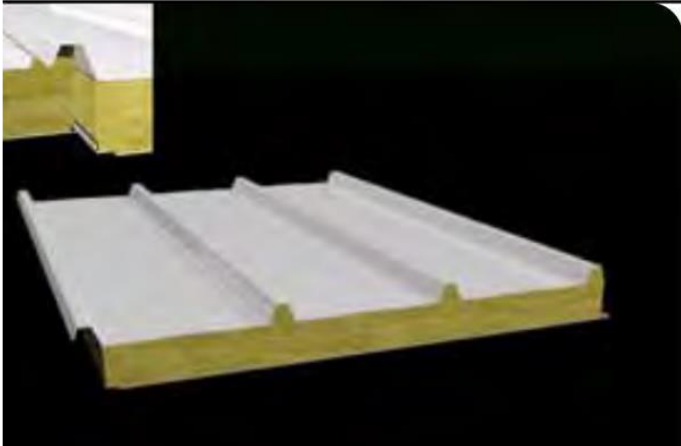
Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁸⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁹⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 6 Valores característicos de las sobrecargas de uso. (Fuente: Código Técnico DBSE-AE)

En este caso, se aplica una sobrecarga de uso de 0,4 kN/m² ya que se trata de una subcategoría de uso G1.

Para el cerramiento se utiliza un panel sándwich suministrado por Grupo Panel modelo GP-P4G-LDR de espesor 60 mm con un peso de 0.17 kN/m² y un aislamiento térmico de 0,56 $\frac{w}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ k}$ con medidas de 6000mm x 1000mm. El cálculo del cerramiento de cubierta cuenta con el peso de placas solares para una futura instalación. Se instalan 70 paneles.



Panel GP-P4G-LDR

Características Técnicas		
Espesor	Peso	A. Térmico
mm	Kg/m ²	w/m ² *h*°k
50	16,0	0,66
60	17,2	0,56
80	19,5	0,44
100	21,9	0,35
150	27,8	0,24

Ilustración 16. Panel sándwich GP-P4G-LDR utilizado para el cerramiento. (Fuente: Grupo Panel)

Tabla 7 Características técnicas panel sándwich GP-P4G-LDR. (Fuente: Grupo panel)

Los paneles sándwich van sobre correas, separadas entre ellas 1 m.

Lateral

En el cerramiento lateral se colocan losas alveolares de hormigón de 6000mm x 1000 mm, instalándose 176 losas que arriostran el pandeo de las columnas. Estas losa, descansan sobre las vigas entre zapatas de construcción, por lo tanto, la carga transmitida a la estructura es de 0 kN/m².

Se realiza este diseño para que los perfiles de los pilares de la nave estructural sean más livianos y así poder realizar la construcción de la nave de la forma más barata posible.



Ilustración 17 Nave industrial con cerramiento lateral de hormigón prefabricado. (Fuente: prefabricados Lecrin)

Viento

La distribución y valores de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y sus fuerzas resultantes son dependientes de la forma y dimensiones de la construcción, características y permeabilidad de la superficie, también son factores determinantes, la dirección, la intensidad y racheo del viento.

Se puede definir la presión del viento como la fuerza ejercida de forma perpendicular a una superficie en cada uno de los puntos expuestos de la nave. La acción del viento se puede expresar del siguiente modo:

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

Siendo:

- q_b : presión dinámica del viento.
- C_e : coeficiente de exposición variable con la altura del punto considerado. En función del grado de aspereza del entorno en cuanto a localización de la construcción.
- C_p : coeficiente eólico o de presión, este parámetro depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento.

Para el cálculo de la presión dinámica del viento (q_b), el Código Técnico determina que esta puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2$$

Siendo:

- δ la densidad del aire la cual se puede tomar como valor general $1,25 \text{ kg/m}^3$, siempre y cuando el emplazamiento no sea cercano al mar.
- V_b^2 el valor básico de la velocidad del viento, este valor se recoge mediante el siguiente mapa de España, el cual divide el mapa en 3 zonas, como se presenta a continuación:

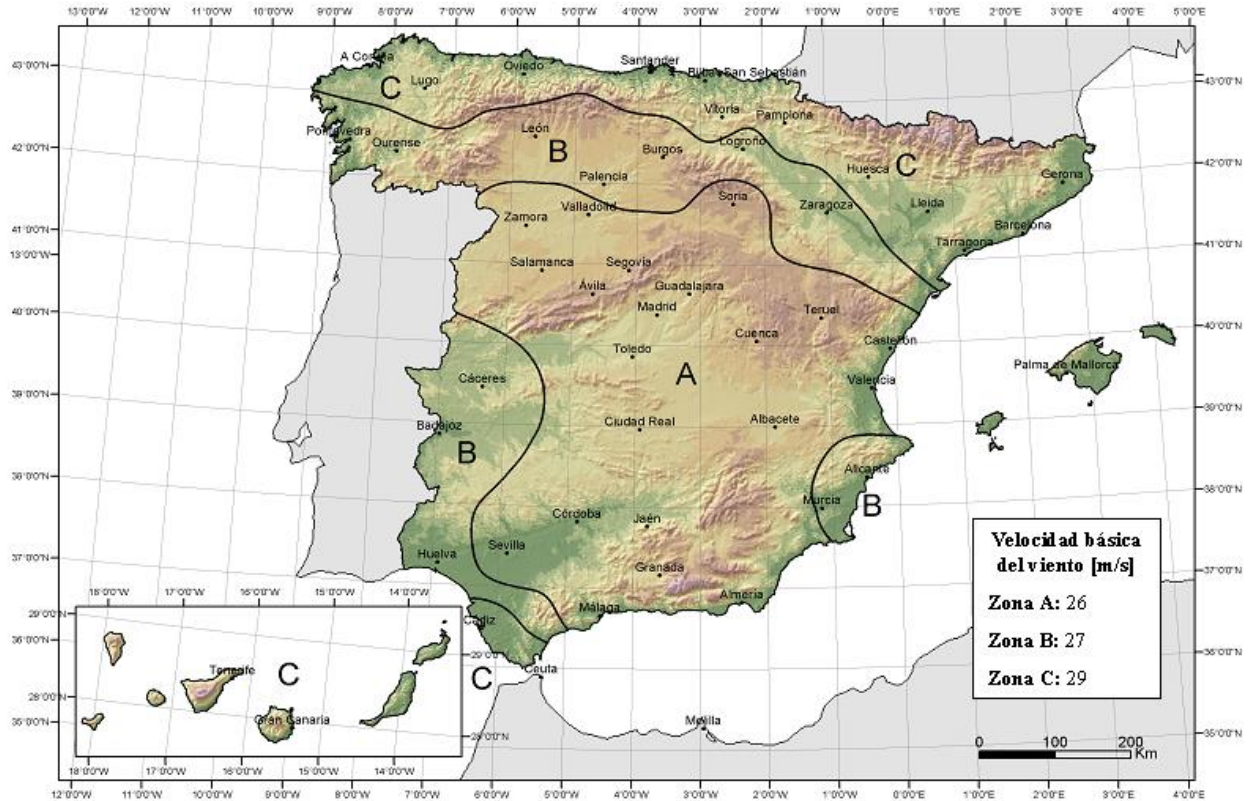


Ilustración 18 Valor básico de la velocidad del viento, V_b (Fuente: DBSE-AE)

Al localizarse nuestra nave en Madrid, la zona correspondiente es la Zona A, esta toma un valor de velocidad básica del viento de 26 m/s.

Por lo tanto, la presión dinámica del viento para nuestra nave presenta un valor de: $q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 26 = 422,5 \frac{N}{m^2} \rightarrow 0,42 \frac{kN}{m^2}$.

El cálculo del coeficiente de exposición (c_e), se determina con la siguiente expresión:

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

Donde:

$$F = k \cdot \ln \left(\frac{\max(z, Z)}{L} \right)$$

Donde los valores de k, L y Z son parámetros característicos de cata tipo de entorno, recogidos en la siguiente tabla:

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

Tabla 8 Grado de aspereza según uso. (Fuente: CTE DB SE-A)

Al encontrarnos en un emplazamiento con un grado de aspereza del entorno, los valores de k tienen un valor de 0,22, el valor de L corresponde a 0,3 y la z,Z 8,5 debido a que nuestra nave presenta pilares de 8 metros de altura.

Siendo F:

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{\max(8,5)}{0,3}\right) = 0,76$$

Quedando el coeficiente de exposición (c_e) con el siguiente valor:

$$c_e = F \cdot (F + 7k) = 0,76 \cdot (0,76 + 7 \cdot 0,22) = 1,67$$

El coeficiente eólico o de presión se haya con la siguiente tabla.

Para una exposición de A de menos de 5 m² con una relación entre la altura y el largo de la nave inferior a 0,25 el valor es de 0,8.

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

Tabla 9 Parámetros para el coeficiente de presión exterior. (Fuente: CTE DB SE-A)

Finalmente podemos calcular la acción del viento.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,42 \cdot 1,67 \cdot 0,8 = 0,56 \frac{kN}{m^2}$$

Nieve

Al igual que el viento, la nieve presenta una sobrecarga, la intensidad y distribución de la carga sobre la cubierta de un edificio, depende del clima, la forma de la cubierta, los efectos del viento y de los intercambios térmicos en los parámetros exteriores.

Para conocer la carga de viento por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse la siguiente fórmula: $q_n = \mu \cdot s_k$.

Siendo:

- μ : coeficiente de forma de la cubierta.
- s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

El valor de la carga de nieve s_k se extrae de la siguiente tabla:

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

Tabla 10 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas (Fuente: DBSE-AE)

El valor de s_k depende de la zona geográfica en la que nos encontremos, debido a que nuestra nave se encuentra en Madrid nuestro valor de $0,6 \text{ kN/m}^2$.

Debido a que nuestra cubierta presenta una inclinación menor a 30° se toma como valor 1 por lo tanto, el valor de la carga de nieve será:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,6 = 0,6 \frac{kN}{m^2}$$

2.7 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA CON PROGRAMA DE CÁLCULO CYPE INGENIEROS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

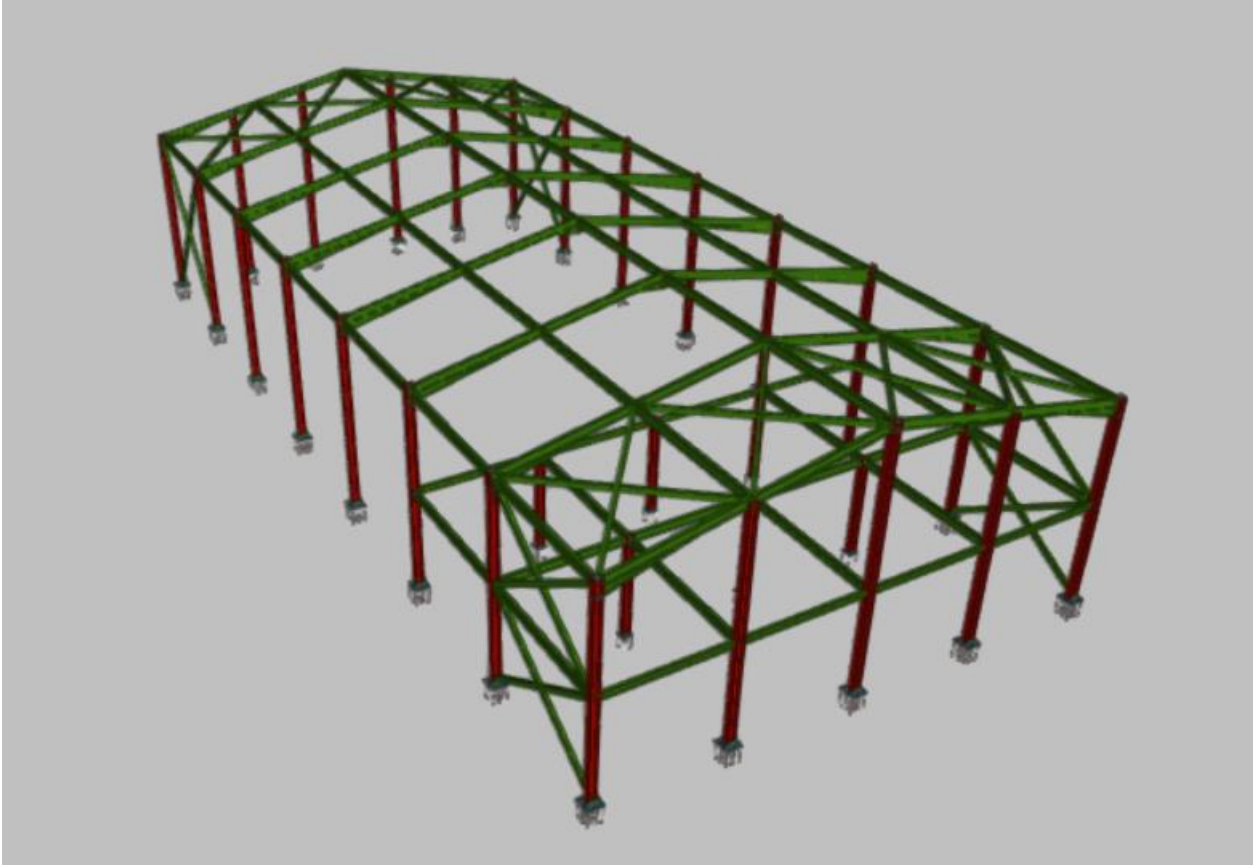


Ilustración 19 Nave industrial. (Fuente:Cype)

El diseño y el cálculo de la nave se realiza mediante el programa CYPE ingenieros, el cual te permite diseñar la nave desde cero, diseñando los pórticos en 2D con distintas combinaciones, puedes elegir el tipo de pórtico, de una o dos aguas, si instala correas en la cubierta, separación entre ellas, el límite de flecha, los tipos de fijaciones que presentan, si tiene un muro lateral, la distancia de pilares, la luz, la distancia de pilares a cumbrera, en este apartado también se define la sobrecarga de nieve, viento y las categorías de uso utilizando la normativa CTE DB SE-AE. También se puede definir el número de vanos y la separación entre pórticos, para la exportación a CYPE3D para la realización del diseño de la nave en 3D.

Datos generales

Número de vanos

Separación entre pórticos m

Con cerramiento en cubierta

Peso del cerramiento kN/m²

Sobrecarga del cerramiento kN/m²

Con cerramiento en laterales

Peso del cerramiento kN/m²

Con sobrecarga de viento

Con sobrecarga de nieve

Combinaciones de cargas para cálculo de correas

Estados límite

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

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

Cota de nieve ?

Desplazamientos

Acciones características ?

Categorías de uso

Acero laminado: CTE DB SE-A

Acero conformado: CTE DB SE-A

Ilustración 20 Datos generales pórtico (Fuente: Cype)

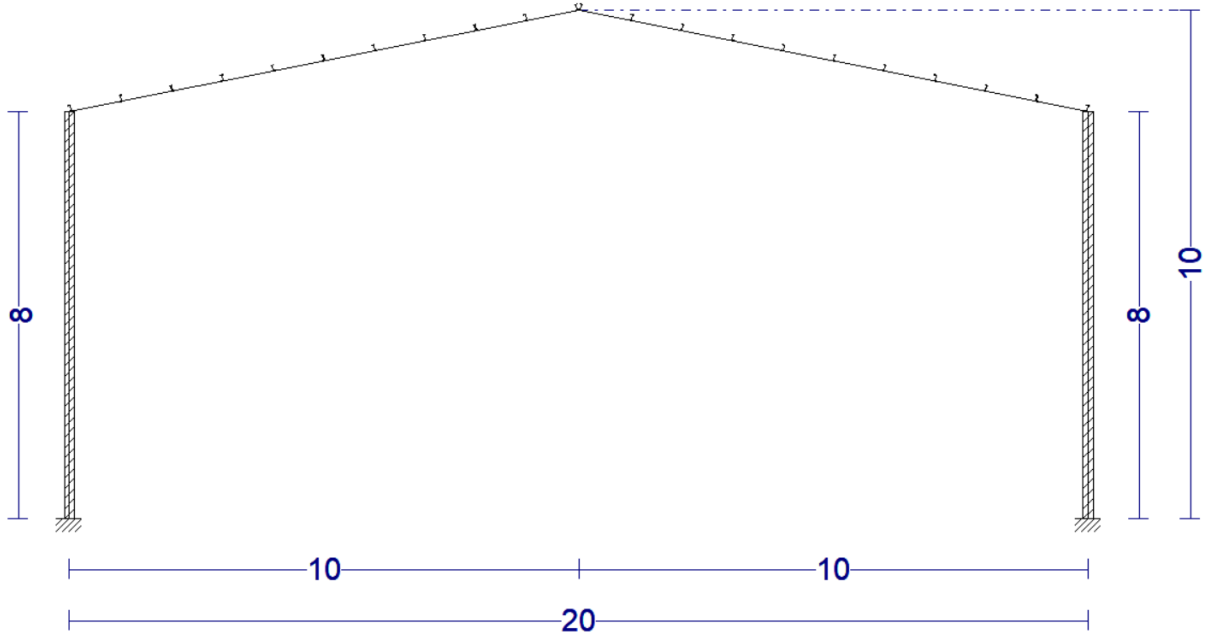


Ilustración 21 Medidas pórtico (Fuente: Cype)

Tras definir los pórticos, se proceden a exportarlos a CYPE3D en el cual puedes definir, añadir y calcular las barras que conforman la nave, añadir arriostramientos, añadir uniones y realizar su cálculo, dimensionamiento y cálculo de zapatas y uniones entre estas, cálculo y dimensionamiento de las placas de anclaje de la estructura a la cimentación.

Las correas en cubierta presentan las siguientes características:

- Tipo de acero: S275.
- Tipo de perfil: IPE 120.
- Separación: 1.00 m.
- Límite de flecha: $L/250$.
- Tipo de fijación: fijación rígida.
- Número de correas: 22.

La estructura final de nuestra nave industrial, después de unir arriostramiento en la cima de los pilares, en cumbreras y a mitad de estos y añadir las cruces de San Andrés y uniones queda de la siguiente forma:

Pilares exteriores

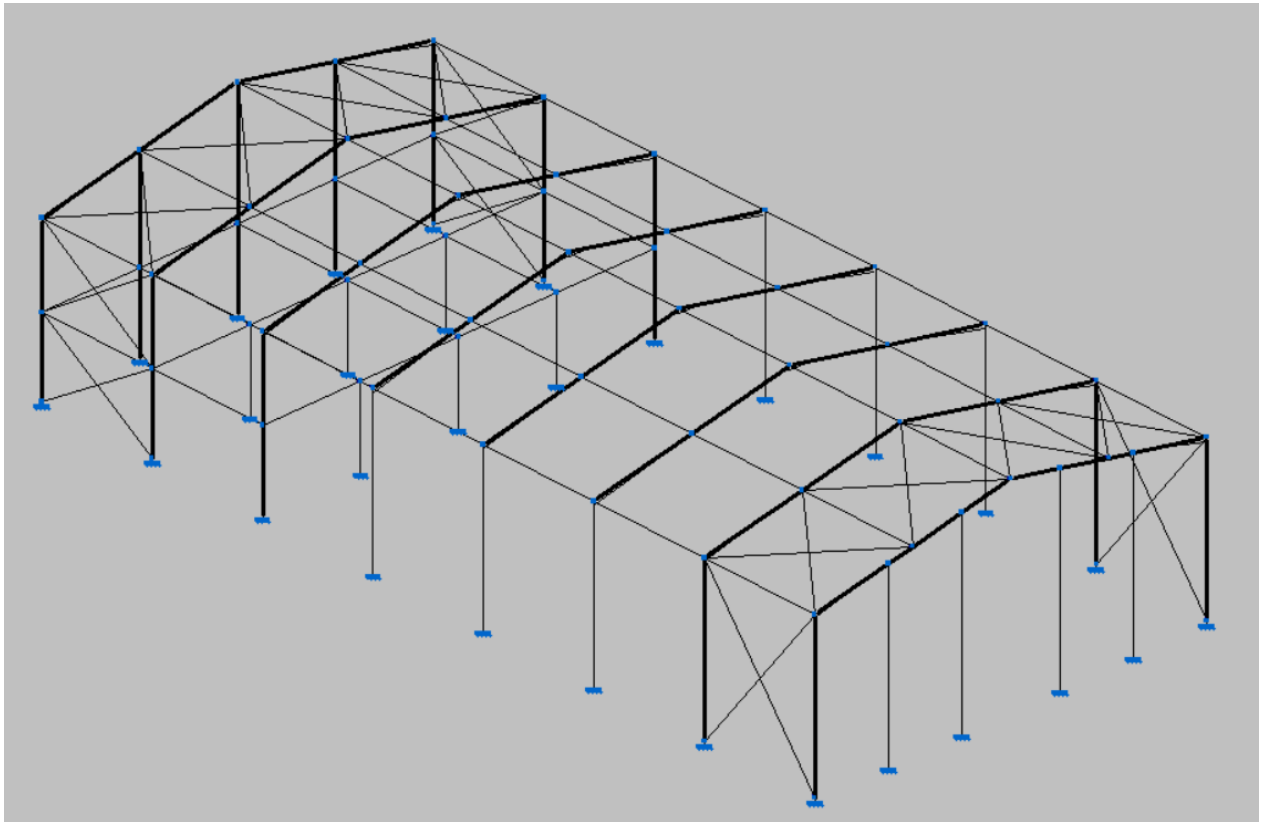


Ilustración 22 Nave industrial CYPE3D

Como se muestra en la siguiente imagen, los pilares instalados en la estructura son perfiles normalizados HEB 300, se elige este tipo de perfil ya que presentan mayores momentos de inercia tanto en su eje débil como en su eje fuerte que las otras familias de perfiles estructurales y por tanto son óptimos para soportar cargas en ambos sentidos, como puede originar la carga de viento.

Se instalan 16 pilares de 4 metros a lo largo de la nave industrial, en la parte trasera, zona situada al oeste se coloca un pilar de 10 metros de altura, a sus lados se instalan unos pilares de 9 metros de altura. En la zona este, zona en la que se instala una puerta centrada de carga y descarga se instalan pilares de 9 y 8,75 metros.

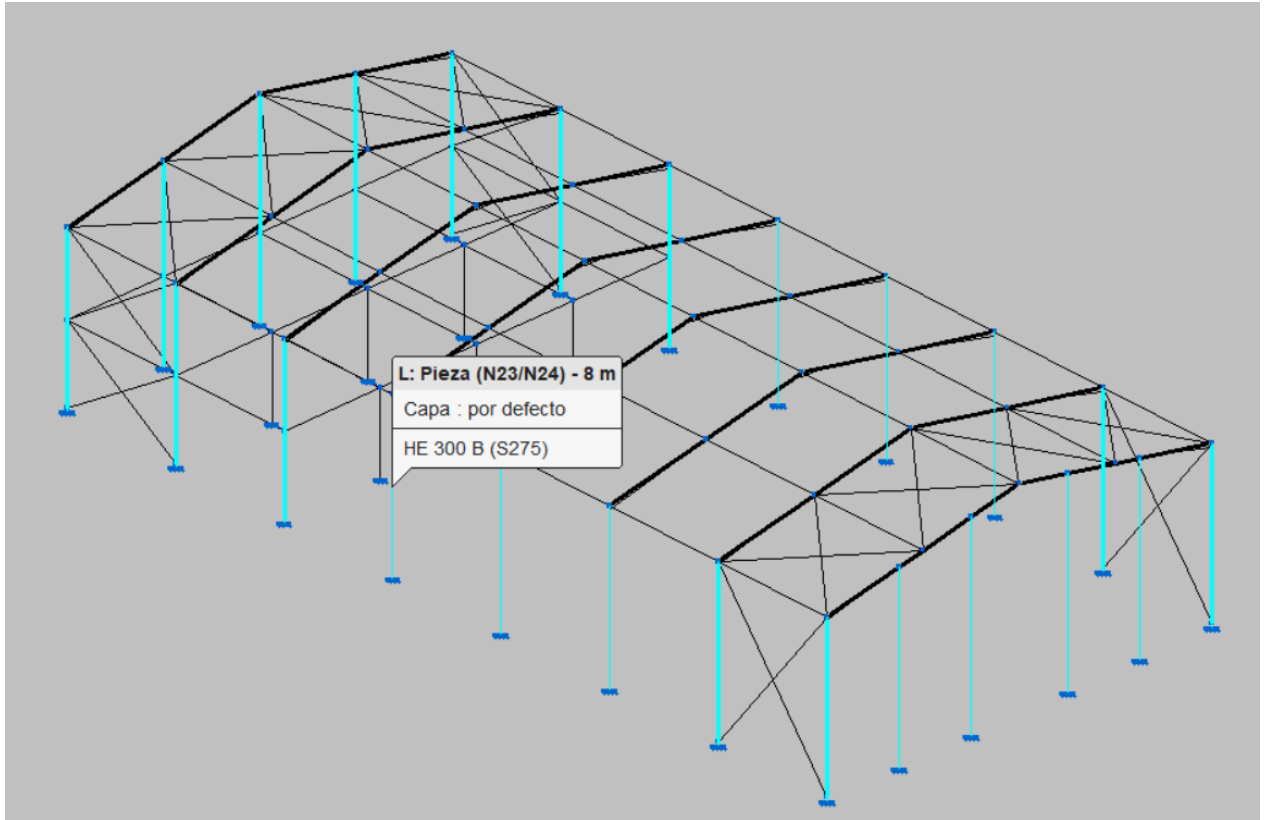


Ilustración 23 Pilares HEB 300 (Fuente: Cype)

Pilares de oficina

La zona de oficinas, las cuales incluyen además espacio para aseos, vestuarios, comedores está dividida en dos plantas.

Los pilares de oficina son del mismo perfil que los pilares exteriores. Se instalan 6 pilares de 4 metros de altura, que soportarán el peso de la planta superior.

Para la cubierta se instalan perfiles IPE 330 con cartelas en los extremos para dotarles de mayor momento de inercia aportando mayor resistencia a la estructura. Se instalan 16 perfiles IPE 330.

Para los arriostramiento entre pórticos se instalan perfiles IPE 330 de 6 metros de largo, estos se instalar para dotar de mayor resistencia a la estructura. En total se instalan 45 perfiles IPE 330 para el arriostramiento de la nave.

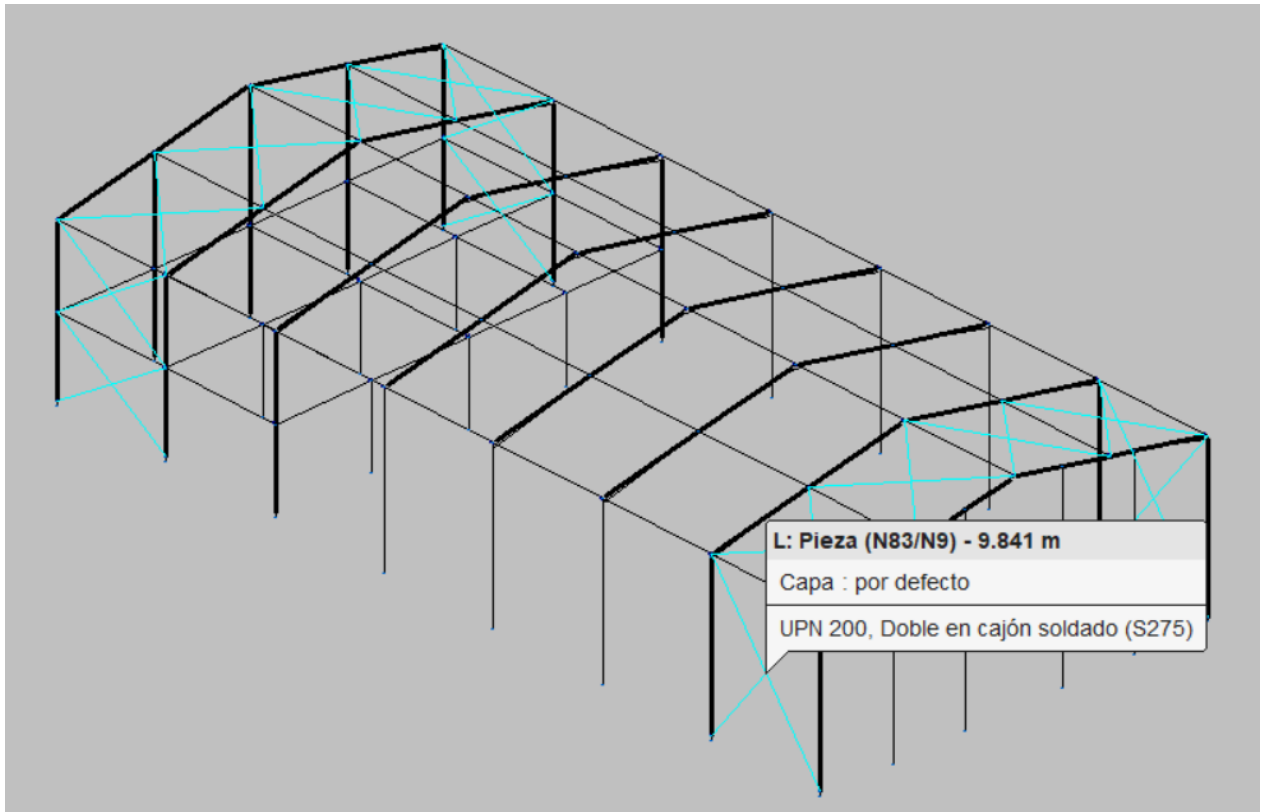


Ilustración 24 Perfiles UPN 200 dobles (Fuente: Cype)

Para la estructura de la oficina, se realiza una combinación entre perfiles IPE 270 e IPE 330.

Como se puede comprobar, la nave está diseñada de manera correcta ya que la estructura está en verde indicando que ha cumplido con todas las comprobaciones E.L.U. (Estados Límites Últimos).

Cubierta

La cubierta monta perfiles IPE 330 con cartelas en los extremos, para dotar de mayor momento de inercia a las barras. Los perfiles son continuos de cumbrera a pilar. Cuenta con arriostramiento en tres tramos de esta, en la unión pilar cumbrera, en la parte intermedia de esta y en la cumbrera, estos arriostramientos, dotan a la estructura de mayor estabilidad y resistencia. Para los arriostramientos se instalan perfiles IPE 330 instalados de pórtico a pórtico.

Encima de la cubierta, se instalan correas IPE 120 con 1 metro de separación entre estas para montaje de panel sándwich.

Finalmente, se instalan perfiles UPN 200 doble para las cruces de San Andrés para dotar de mayor resistencia a la nave.

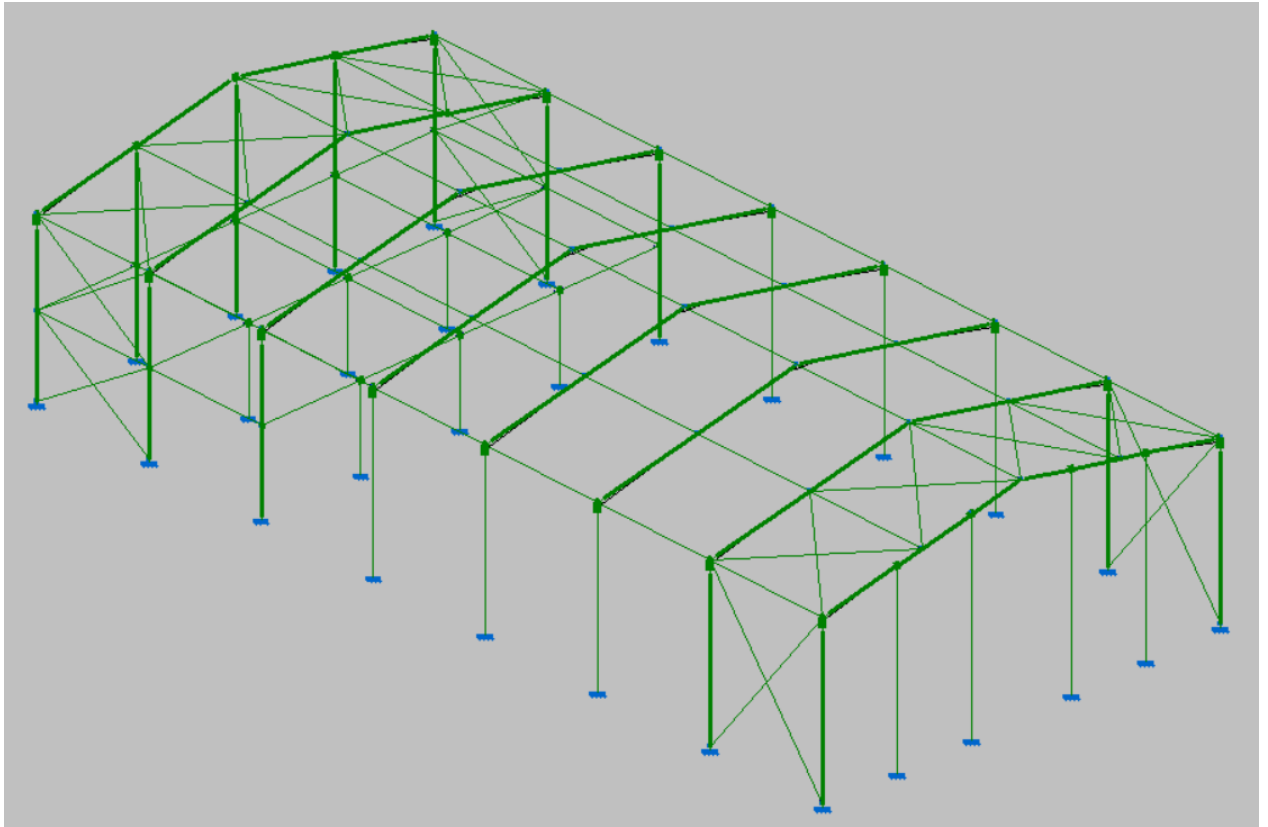


Ilustración 25 Comprobación E.L.U. nave industrial (Fuente: Cype)

Para el cálculo de las distintas situaciones del proyecto, CYPE realiza todas las combinaciones de acciones posibles calculados del siguiente modo:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{Kj} + \gamma_P P_K + \gamma_{Q1} \psi_{p,1} Q_{K1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q1} \psi_{a,i} Q_{Ki}$$

Siendo:

- G_k = Acción permanente.
- P_k = Acción de pretensado.
- Q_k = Acción variable.
- γ_G = Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes.
- γ_P = Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado.
- $\gamma_{Q,1}$ = Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.
- $\gamma_{Q,i}$ = Coeficiente parcial de seguridad de la acciones variables de acompañamiento.
- $\psi_{p,1}$ = Coeficiente de combinación de la acción variable principal.
- $\psi_{a,i}$ = Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento.

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_s)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Tabla 11 Tabla de coeficientes de seguridad y coeficientes de combinación de la nave (Fuente: CYPE)

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

Tabla 12 Tabla de coeficientes de seguridad y coeficientes de combinación de la oficina (Fuente: Cype)

Para la validación de los perfiles, Cype debe satisfacer las normas más relevantes que se han seguido y están recogidas en el CTE DB SE-A.

Tracción

Para validar un perfil debe satisfacer:

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

Donde:

- $N_{t,Ed}$ = tracción solicitante.
- $M_{c,Rd}$ = resistencia al cálculo de tracción.

Compresión

Para validar un perfil se debe satisfacer:

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

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

Donde:

- $N_{c,Ed}$ = momento flector solicitante.
- $N_{b,Rd}$ = resistencia al cálculo de compresión.
- $N_{b,Rd}$ = resistencia al cálculo de pandeo.

Resistencia a flexión

Para validar un perfil debe satisfacer:

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

Donde:

- M_{Ed} = momento flector solicitante.
- $M_{c,Rd}$ = momento flector resistente.

Resistencia al corte

Para validar un perfil debe satisfacer:

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

Donde:

- V_{Ed} = esfuerzo solicitante.
- $V_{c,Rd}$ = esfuerzo cortante resistente solicitante.

Para más información del desarrollo de cálculo consultar Anexo “Cálculo” que se incluye en este proyecto donde se explican todos los procesos de cálculo llevado a cabo en las barras.

Para más información sobre cálculo de las vigas de la nave, consultar en el Anexo “Listado de cálculo de barras” que se incluye con este proyecto.

Para más información sobre la serie del perfil, longitud, volumen y peso de los perfiles que componen la nave consultar el Anexo “Mediciones”.

Capítulo 3. Estudio económico

3.1 RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto nave industrial Polígono Los Olivos (Getafe)	
Calle de la Solidaridad nº29	
Resumen	Importe (€)
Acondicionamiento del terreno	15.084,96
Cimentaciones	71.455,66
Estructuras	474.272,88
Gestión de residuos	5.248,50
Seguridad y salud	8.943,02
Control de calidad y ensayos	5.331,02
Total	580.336,04

3.2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATO

Al presupuesto hay que añadirle un 13% de gastos generales ocasionados en la empresa contratada y un 6 % de beneficio, al presupuesto con el incremento de estos dos conceptos se le añade el IVA ya que el comprador es el cliente último.

Presupuesto nave industrial Polígono Los Olivos (Getafe)		
Calle de la Solidaridad nº29		
Resumen	Cantidad %	Importe (€)
Presupuesto base		580.336,04
Gastos generales	13,0	75.443,68
Beneficios	6,0	34.820,16
Total SIN IVA		690.599,88
IVA	21	

Total CON IVA		835.625,85
----------------------	--	-------------------

3.3 PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS

Acondicionamiento del terreno

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Excavaciones					
Partida	m ³	Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión.	445,276	25,52	11.363,44
Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión.					
Maquinaria	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW.	0,390	49,120	19,16
Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,277	18,520	5,13
	%	Costes directos complementarios	2,00	24,290	0,49
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					11.363,44

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Desbroce y limpieza					

Partida	m ²	Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: arbustos, pequeñas plantas, tocones, 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; y carga a camión.	1.851,500	2,010	3.721,52
Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: arbustos, pequeñas plantas, tocones, 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; y carga a camión.					
Maquinaria	h	Motosierra a gasolina, de 50 cm de espada y 2 kW de potencia.	0,020	3,020	0,06
Maquinaria	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	0,015	40,710	0,61
Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.	0,067	18,520	1,24
	%	Costes directos complementarios	2,00	1,910	0,04
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					3.721,52

Coste total de partida	15.084,96 €
-------------------------------	--------------------

Cimentaciones

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Vigas entre zapatas					

Partida	m ³	Viga de atado 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 60 kg/m ³ . Incluso alambre de atar, y separadores.	5,415	202,000	1.093,83
Viga de atado 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 60 kg/m ³ . Incluso alambre de atar, y separadores.					
Material	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	10,000	0,150	1,50
Material	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	60,000	1,640	98,40
Material	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,480	1,120	0,54
Material	m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	71,82	75,41
Mano de obra	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,214	20,790	4,45
Mano de obra	h	Ayudante ferrallista.	0,214	19,68	4,21
Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,078	20,79	1,62
Mano de obra	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,312	19,68	6,14
	%	Costes directos complementarios	2,000	192,27	3,85
	%	Costes indirectos	3,000		
Coste total partida					1.093,83

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Zapata					
Partida	m ³	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/m ³ . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores.	391,336	179,72	70.330,91
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/m ³ . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores.					
Material	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,150	1,20
Material	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros...	50,000	1,640	82,00
Material	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,200	1,120	0,54
Material	m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	71,82	75,41
Mano de obra	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,089	20,790	1,85
Mano de obra	h	Ayudante ferrallista.	0,134	19,680	2,64
Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,056	20,790	1,16
Mano de obra	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,335	19,680	6,59
	%	Costes directos complementarios	2,00	171,070	3,42

	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					70.330,91

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Hormigón de limpieza					
Partida	m ²	Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido con cubilote, en el fondo de la excavación previamente realizada.	4,000	7,730	30,92
Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido con cubilote, en el fondo de la excavación previamente realizada.					
Material	m ³	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central.	0,105	61,070	6,41
Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,009	20,790	0,19
Mano de obra	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,038	19,680	0,75
	%	Costes directos complementarios	2,00	7,350	0,15
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					30,92

Coste total de partida	71.455,06 €
-------------------------------	--------------------

Estructuras

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Escalera					
Partida	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra.	300,000	9,120	2.736,00
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra.					
Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,000	1,470	1,47
Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,230	0,05
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,177	20,790	3,68
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,177	8,680	0,17
	%	Costes directos complementarios	2,00	7,350	0,15
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					2.736,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
------	----	---------	----------	------------	-------------

Barandilla					
Partida	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra.	130,000	12,350	1.605,50
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra.					
Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,000	1,590	1,59
Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,026	3,230	0,08
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,249	20,790	5,18
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,249	19,680	4,90
	%	Costes directos complementarios	2,00	11,750	0,24
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					1.605,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Paneles estructurales					
Partida	m ²	Panel sándwich machihembrado en las cuatro caras, compuesto de: cara superior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido de 60 mm de espesor y cara inferior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, de 6000x1000 mm, transmitancia térmica 0,558 W/(m ² K), Euroclase B-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, fijado con tornillos autotaladrantes de cabeza avellanada, de acero al carbono, para forjado, sobre estructura de acero de perfiles con alas de hasta 6 mm de espesor. Incluso, sellador adhesivo, para el sellado de juntas entre paneles.	420,000	71,29	29.941,80
Panel sándwich machihembrado en las cuatro caras, compuesto de: cara superior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido de 60 mm de espesor y cara inferior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, de 6000x1000 mm, transmitancia térmica 0,558 W/(m ² K), Euroclase B-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, fijado con tornillos autotaladrantes de cabeza avellanada, de acero al carbono, para forjado, sobre estructura de acero de perfiles con alas de hasta 6 mm de espesor. Incluso, sellador adhesivo, para el sellado de juntas entre paneles.					
Material	m ²	Panel sándwich machihembrado en las cuatro caras, compuesto de: cara superior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido de 60 mm de espesor y cara inferior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, de 6000x1000 mm, transmitancia térmica 0,558 W/(m ² K), Euroclase B-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1.	1,050	45,650	47,93
Material	Ud	Tornillo autotaladrante de cabeza avellanada, de acero al carbono, de 6,3 mm de diámetro y 125 mm de longitud.	12,000	0,770	9,24

Material	Ud	Cartucho de 310 ml de sellador adhesivo, a base de polímeros acrílicos en dispersión acuosa.	0,240	7,030	1,69
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,228	20,510	4,68
Mano de obra	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,228	18,890	4,31
	%	Costes directos complementarios	2,00	67,850	1,36
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					29.941,80

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Pilares					
Partida	Ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 650x650 mm y espesor 25 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400 S de 25 mm de diámetro y 100 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.	23,000	415,68	9.560,64
Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 650x650 mm y espesor 25 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400 S de 25 mm de diámetro y 100 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.					

Material	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones atornilladas en obra.	90,786	2,270	206,08
Material	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 400 S, de varios diámetros.	23,108	1,610	37,20
Material	Ud	Juego de arandelas, tuerca y contratuerca, para perno de anclaje de 25 mm de diámetro.	6,000	1,860	11,16
Material	kg	Mortero autonivelante expansivo, de dos componentes, a base de cemento mejorado con resinas sintéticas.	25,350	0,970	24,59
Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	4,146	5,050	20,94
Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,005	3,230	0,02
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	2,364	20,790	49,15
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	2,364	19,680	46,52
	%	Costes directos complementarios	2,00	395,660	7,91
	%	Costes indirectos	3,00		
Partida	Ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 450x450 mm y espesor 20 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400 S de 20 mm de diámetro y 100 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso	6,000	167,05	1.002,30

		mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.			
Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central, de 450x450 mm y espesor 20 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400 S de 20 mm de diámetro y 100 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos.					
Material	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones atornilladas en obra.	33,683	2,270	76,46
Material	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 400 S, de varios diámetros.	9,860	1,610	15,87
Material	Ud	Juego de arandelas, tuerca y contratuerca, para perno de anclaje de 20 mm de diámetro.	4,000	1,570	6,28
Material	kg	Mortero autonivelante expansivo, de dos componentes, a base de cemento mejorado con resinas sintéticas.	12,150	0,970	11,79
Material	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	1,590	5,050	8,03
Maquinaria	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,005	3,230	0,02
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	1,002	20,790	20,83
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	1,002	19,680	19,72

	%	Costes directos complementarios	2,00	159,000	3,18
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					10.562,94

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Estructuras para cubiertas					
Partida	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, fijadas a las cerchas con uniones soldadas en obra.	34.958,000	3,000	104.874,00
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, fijadas a las cerchas con uniones soldadas en obra.					
Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para correa formada por pieza simple, de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, acabado con imprimación antioxidante, trabajado en taller, para colocar en obra mediante soldadura.	1,000	1,320	1,32
Maquinaria	h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	0,036	7,440	0,27
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,039	20,790	0,81
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,023	19,680	0,45
	%	Costes directos complementarios	2,00	3,290	0,07

	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					104.874,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Vigas					
Partida	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado galvanizado en caliente, colocado con uniones atornilladas en obra, a una altura de más de 3 m.	60.625,850	3,46	209.765,44
Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado galvanizado en caliente, colocado con uniones atornilladas en obra, a una altura de más de 3 m.					
Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para correa formada por pieza simple, de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, acabado con imprimación antioxidante, trabajado en taller, para colocar en obra mediante soldadura.	1,000	2,720	2,72
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,014	20,790	0,29
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,014	19,680	0,28
	%	Costes directos complementarios	2,00	3,290	0,07
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					209.765,44

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Losas alveolares para cierre					
Partida	m ²	Losa de 40 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 40 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 75 kN·m/m, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares y zonas de enlace con apoyos, realizados con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m ² . Incluso piezas de acero UNE-EN 10025 S275JR tipo Omega, en posición invertida, laminado en caliente, con recubrimiento galvanizado, 1 kg/m ² , para el apoyo de las placas en los huecos del forjado y alambre de atar.	1.056,000	108,70	114.787,20
Losa de 40 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 40 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 75 kN·m/m, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares y zonas de enlace con apoyos, realizados con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m ² . Incluso piezas de acero UNE-EN 10025 S275JR tipo Omega, en posición invertida, laminado en caliente, con recubrimiento galvanizado, 1 kg/m ² , para el apoyo de las placas en los huecos del forjado y alambre de atar.					
Material	m ²	Placa alveolar prefabricada de hormigón pretensado de 40 cm de canto y 120 cm de anchura, con junta lateral abierta superiormente, momento flector último de 75 kN·m por m de ancho. Según UNE-EN 1168.	1,000	63,430	63,43

Material	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en pieza para apoyo de placa prefabricada de hormigón en hueco de forjado, compuesta por perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T y pletina, trabajado en taller, acabado galvanizado en caliente.	1,000	4,050	4,05
Material	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	4,000	1,640	6,56
Material	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,048	1,120	0,05
Material	m ³	Hormigón HA-25/B/20/Ila, fabricado en central.	0,011	71,820	0,79
Maquinaria	h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,231	67,800	15,66
Mano de obra	h	Oficial 1ª montador de estructura prefabricada de hormigón.	0,262	20,790	5,45
Mano de obra	h	Ayudante montador de estructura prefabricada de hormigón.	0,262	19,680	5,16
Mano de obra	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,055	20,790	1,14
Mano de obra	h	Ayudante ferrallista.	0,046	19,680	0,91
Mano de obra	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,003	20,790	0,06
Mano de obra	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,010	19,680	0,20
	%	Costes directos complementarios	2,00	103,460	2,07
	%	Costes indirectos	3,00		

Coste total partida			114.787,20
----------------------------	--	--	-------------------

Coste total de partida	474.272,88 €
-------------------------------	---------------------

Gestión de residuos

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Transporte de tierras					
Partida	Ud	Transporte de tierras con contenedor de 7 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.	15,000	114,60	1.719,00
Transporte de tierras con contenedor de 7 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.					
Maquinaria	Ud	Carga y cambio de contenedor de 7 m ³ , para recogida de tierras, colocado en obra a pie de carga, incluso servicio de entrega, alquiler y canon de vertido por entrega de residuos.	1,027	106,210	109,08
	%	Costes directos complementarios	2,00	109,080	2,18
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					1.719,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Entrega de tierras a gestor autorizado					
Partida	Ud	Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.	15,000	15,24	228,60
Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.					
Maquinaria	Ud	Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de mampostero de albañil de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.	1,027	14,130	14,51
	%	Costes directos complementarios	2,00	14,510	0,29
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					228,60

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Transporte de residuos inertes					
Partida	Ud	Transporte de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.	10,000	281,07	2.810,70

Transporte de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.					
Maquinaria	Ud	Carga y cambio de contenedor de 7 m ³ , para recogida de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, colocado en obra a pie de carga, incluso servicio de entrega, alquiler y canon de vertido por entrega de residuos.	1,027	260,500	267,53
	%	Costes directos complementarios	2,00	267,530	5,35
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					1.719,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Entrega de residuos inertes a gestor autorizado					
Partida	Ud	Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.	10,000	49,02	490,20
Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.					
Maquinaria	Ud	Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de mampostero de albañil de construcción y	1,027	45,430	46,66

		demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.			
	%	Costes directos complementarios	2,00	14,510	0,29
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					490,20

Coste total de partida	5.248,50 €
-------------------------------	-------------------

Seguridad y salud

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Protección de huecos horizontales en estructuras					
Partida	m ²	Protección de hueco horizontal de forjado de superficie inferior o igual a 1 m ² mediante tablero de madera de pino de 22 mm de espesor, colocado de manera que cubra la totalidad del hueco, reforzado en su parte inferior por tabloncillos, quedando el conjunto con la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a los que se le va a someter y sujeto al forjado con puntas planas de acero de modo que se impida su movimiento horizontal. Amortizable en 4 usos.	30,000	10,77	323,10
Protección de hueco horizontal de forjado de superficie inferior o igual a 1 m ² mediante tablero de madera de pino de 22 mm de espesor, colocado de manera que cubra la totalidad del hueco, reforzado en su parte inferior por tabloncillos, quedando el conjunto con la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a los que se le va a someter y sujeto al forjado con puntas planas de acero de modo que se impida su movimiento horizontal. Amortizable en 4 usos.					
Material	m ²	Tablero de madera de pino hidrofugada, espesor 22 mm.	0,333	10,000	3,33
Material	m ³	Tabloncillo de madera de pino, dimensiones 15x5,2 cm.	0,007	363,060	2,54
Material	kg	Puntas planas de acero de 20x100 mm.	0,040	1,040	0,04

Mano de obra	h	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,113	19,950	2,25
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,113	18,520	2,09
	%	Costes directos complementarios	2,00	10,250	0,21
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					323,10

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Protección de huecos verticales					
Partida	m	Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad, color blanco, con cuerda de red de calibre 4 mm y rodapié de malla de polietileno de alta densidad, color verde, anclada al borde del forjado cada 50 cm con anclajes expansivos de acero galvanizado en caliente, para cerrar completamente el hueco existente entre dos forjados, durante los trabajos sobre andamios junto a balcones o terrazas, en planta de entre 4 y 5 m de altura libre. Incluso cuerda de unión de polipropileno, para unir las redes.	100,000	18,05	1.805,00
Red vertical de protección, tipo pantalla, de poliamida de alta tenacidad, color blanco, con cuerda de red de calibre 4 mm y rodapié de malla de polietileno de alta densidad, color verde, anclada al borde del forjado cada 50 cm con anclajes expansivos de acero galvanizado en caliente, para cerrar completamente el hueco existente entre dos forjados, durante los trabajos sobre andamios junto a balcones o terrazas, en planta de entre 4 y 5 m de altura libre. Incluso cuerda de unión de polipropileno, para unir las redes.					
Material	m ²	Red vertical de protección, de poliamida de alta tenacidad, de color blanco. Cuerda de red de calibre 4 mm. Configuración de la red al rombo.	5,500	1,600	8,80
Material	m	Cuerda de unión UNE-EN 1263-1 N de polipropileno de alta tenacidad, con tratamiento a los rayos UV, D=8 mm y carga de rotura superior a 7,5 kN.	0,330	0,170	0,06

Material	m ²	Lona de polietileno de alta densidad, con tratamiento ultravioleta, color verde, 60% de porcentaje de cortaviento, con orificios cada 20 cm en todo el perímetro.	0,300	0,530	0,16
Material	Ud	Anclaje expansivo de 8x60 mm, de acero galvanizado en caliente.	2,300	0,720	1,66
Mano de obra	h	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,169	19,950	3,37
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,169	18,520	3,13
	%	Costes directos complementarios	2,00	17,180	0,34
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					1.805,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Vallado provisional de solar					
Partida	m	Vallado provisional de solar compuesto por vallas trasladables de 3,50x2,00 m, formadas por panel de malla electrosoldada con pliegues de refuerzo, de 200x100 mm de paso de malla, con alambres horizontales de 5 mm de diámetro y verticales de 4 mm, soldados en los extremos a postes verticales de 40 mm de diámetro, acabado galvanizado, amortizables en 5 usos y bases prefabricadas de hormigón, de 65x24x12 cm, con 8 orificios, para soporte de los postes, amortizables en 5 usos, fijadas al pavimento con pletinas de 20x4 mm y tacos de expansión de acero. Malla de ocultación de polietileno de alta densidad, color verde, colocada sobre las vallas.	175,000	13,41	2.346,75
Vallado provisional de solar compuesto por vallas trasladables de 3,50x2,00 m, formadas por panel de malla electrosoldada con pliegues de refuerzo, de 200x100 mm de paso de malla, con alambres horizontales de 5 mm de diámetro y verticales de 4 mm, soldados en los extremos a postes verticales					

de 40 mm de diámetro, acabado galvanizado, amortizables en 5 usos y bases prefabricadas de hormigón, de 65x24x12 cm, con 8 orificios, para soporte de los postes, amortizables en 5 usos, fijadas al pavimento con pletinas de 20x4 mm y tacos de expansión de acero. Malla de ocultación de polietileno de alta densidad, color verde, colocada sobre las vallas.					
Material	Ud	Valla trasladable de 3,50x2,00 m, formada por panel de malla electrosoldada con pliegues de refuerzo, de 200x100 mm de paso de malla, con alambres horizontales de 5 mm de diámetro y verticales de 4 mm de diámetro, soldados en los extremos a postes verticales de 40 mm de diámetro, acabado galvanizado, para delimitación provisional de zona de obras, incluso argollas para unión de postes.	0,060	37,840	2,27
Material	Ud	Base prefabricada de hormigón, de 65x24x12 cm, con 8 orificios, reforzada con varillas de acero, para soporte de valla trasladable.	0,080	5,910	0,47
Material	m	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x4 mm, para aplicaciones estructurales.	0,096	1,220	0,12
Material	m ²	Lona de polietileno de alta densidad, con tratamiento ultravioleta, color verde, 60% de porcentaje de cortaviento, con orificios cada 20 cm en todo el perímetro.	2,000	0,530	1,06
Material	Ud	Anclaje mecánico con taco de expansión de acero galvanizado, tuerca y arandela.	0,192	1,510	0,29
Mano de obra	h	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	0,113	19,950	2,25
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,340	18,520	6,30
	%	Costes directos complementarios	2,00	12,760	0,26
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					2.346,75

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Protección eléctrica					
Partida	Ud	Lámpara portátil de mano, con cesto protector, mango aislante, cable de 5 m y gancho de sujeción, amortizable en 5 usos.	2,000	5,03	10,06
Lámpara portátil de mano, con cesto protector, mango aislante, cable de 5 m y gancho de sujeción, amortizable en 5 usos.					
Material	Ud	Lámpara portátil de mano, con cesto protector, mango aislante, cable de 5 m y gancho de sujeción.	0,200	13,430	2,69
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,113	18,520	2,09
	%	Costes directos complementarios	2,00	4,780	0,10
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					10,06

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Protección contra incendios					
Partida	Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, amortizable en 3 usos.	3,000	17,48	52,44
Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, amortizable en 3 usos.					
Material	Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con	0,333	43,700	14,55

		manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.			
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,113	18,520	2,09
	%	Costes directos complementarios	2,00	16,640	0,33
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					52,44

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Conjunto de sistemas de protección colectiva					
Partida	Ud	Conjunto de sistemas de protección colectiva, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.	1,000	1.030,00	1.030,00
Conjunto de sistemas de protección colectiva, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera, reparación o reposición y transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.					
Coste total partida					1.030,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Reuniones					
Partida	Ud	Hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por Técnico cualificado perteneciente a una empresa asesora en Seguridad y Prevención de Riesgos.	1,000	101,99	101,99

Hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por Técnico cualificado perteneciente a una empresa asesora en Seguridad y Prevención de Riesgos.					
Material	Ud	Coste de la hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por técnico cualificado.	1,000	97,080	97,08
	%	Costes directos complementarios	2,00	97,080	1,94
	%	Costes indirectos	3,00		
Partida	Ud	Reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión de dos horas. El Comité estará compuesto por un técnico cualificado en materia de Seguridad y Salud con categoría de encargado de obra, dos trabajadores con categoría de oficial de 2ª, un ayudante y un vigilante de Seguridad y Salud con categoría de oficial de 1ª.	1,000	143,19	143,19
Reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando una reunión de dos horas. El Comité estará compuesto por un técnico cualificado en materia de Seguridad y Salud con categoría de encargado de obra, dos trabajadores con categoría de oficial de 2ª, un ayudante y un vigilante de Seguridad y Salud con categoría de oficial de 1ª.					
Material	Ud	Coste de la reunión del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.	1,000	136,290	136,29
	%	Costes directos complementarios	2,00	97,080	1,94
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					245,18

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Formación del personal					
Partida	Ud	Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.	1,000	515,00	515,00

Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.			
Coste total partida			515,00

Equipos de protección individual

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Para la cabeza					
Partida	Ud	Casco contra golpes, destinado a proteger al usuario de los efectos de golpes de su cabeza contra objetos duros e inmóviles, amortizable en 10 usos.	10,000	0,30	3,00
Casco contra golpes, destinado a proteger al usuario de los efectos de golpes de su cabeza contra objetos duros e inmóviles, amortizable en 10 usos.					
Material	Ud	Casco contra golpes, EPI de categoría II, según EN 812, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	2,840	0,28
	%	Costes directos complementarios	2,00	16,640	0,33
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					3,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Contra caídas de altura					
Partida	Ud	Sistema anticaídas compuesto por un conector básico (clase B) que permite ensamblar el sistema con un dispositivo de anclaje, amortizable en 4 usos; un dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible con función de bloqueo automático y un sistema de guía, amortizable en 4 usos; una cuerda de fibra de longitud fija como elemento de	4,000	91,69	366,76

		amarre, amortizable en 4 usos; un absorbedor de energía encargado de disipar la energía cinética desarrollada durante una caída desde una altura determinada, amortizable en 4 usos y un arnés anticaídas con un punto de amarre constituido por bandas, elementos de ajuste y hebillas, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta, amortizable en 4 usos.			
Casco contra golpes, destinado a proteger al usuario de los efectos de golpes de su cabeza contra objetos duros e inmóviles, amortizable en 10 usos. Sistema anticaídas compuesto por un conector básico (clase B) que permite ensamblar el sistema con un dispositivo de anclaje, amortizable en 4 usos; un dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible con función de bloqueo automático y un sistema de guía, amortizable en 4 usos; una cuerda de fibra de longitud fija como elemento de amarre, amortizable en 4 usos; un absorbedor de energía encargado de disipar la energía cinética desarrollada durante una caída desde una altura determinada, amortizable en 4 usos y un arnés anticaídas con un punto de amarre constituido por bandas, elementos de ajuste y hebillas, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta, amortizable en 4 usos.					
Material	Ud	Conector básico (clase B), EPI de categoría III, según UNE-EN 362, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,250	18,550	4,64
Material	Ud	Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible, EPI de categoría III, según UNE-EN 353-2, UNE-EN 363, UNE-EN 364 y UNE-EN 365, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,250	105,050	26,26
Material	Ud	Cuerda de fibra como elemento de amarre, de longitud fija, EPI de categoría III, según UNE-EN 354, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,250	78,530	19,63
Material	Ud	Absorbedor de energía, EPI de categoría III, según UNE-EN 355, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,250	112,070	28,02
Material	Ud	Arnés anticaídas, con un punto de amarre, EPI de categoría III, según UNE-EN 361, UNE-EN 363, UNE-	0,250	34,870	8,72

		EN 364 y UNE-EN 365, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.			
	%	Costes directos complementarios	2,00	87,270	1,75
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					366,76

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Para los ojos y la cara					
Partida	Ud	Gafas de protección con montura integral, con resistencia a polvo grueso, con ocular único sobre una montura flexible y cinta elástica, amortizable en 5 usos.	10,000	4,54	45,40
Gafas de protección con montura integral, con resistencia a polvo grueso, con ocular único sobre una montura flexible y cinta elástica, amortizable en 5 usos.					
Material	Ud	Gafas de protección con montura integral, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,200	21,610	4,32
	%	Costes directos complementarios	2,00	4,320	0,09
	%	Costes indirectos	3,00		
Material	Ud	Máscara de protección facial, para soldadores, con armazón opaco y mirilla fija, de sujeción manual y con filtros de soldadura, amortizable en 5 usos.	5,000	6,27	31,35
Máscara de protección facial, para soldadores, con armazón opaco y mirilla fija, de sujeción manual y con filtros de soldadura, amortizable en 5 usos.					
Material	Ud	Máscara de protección facial, de sujeción manual y con filtros de soldadura, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, UNE-EN 175 y UNE-EN 169,	0,200	29,840	5,97

		cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.			
	%	Costes directos complementarios	2,00	5,970	0,12
	%	Costes indirectos	3,00		
Para las manos y los brazos					
Partida	Ud	Par de guantes para soldadores, de serraje vacuno, amortizable en 10 usos.	4,000	1,16	4,64
Par de guantes para soldadores, de serraje vacuno, amortizable en 10 usos.					
Material	Ud	Par de guantes para soldadores, EPI de categoría II, según UNE-EN 420 y UNE-EN 12477, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	11,080	1,11
	%	Costes directos complementarios	2,00	1,11	0,02
	%	Costes indirectos	3,00		
Para los oídos					
Partida	Ud	Juego de orejeras, acopladas a cascos de protección, compuesto por un casquete diseñado para producir presión sobre la cabeza mediante un elemento acoplado a un casco de protección y ajuste con almohadillado central, con atenuación acústica de 15 dB, amortizable en 10 usos.	10,000	1,10	11,00
Juego de orejeras, acopladas a cascos de protección, compuesto por un casquete diseñado para producir presión sobre la cabeza mediante un elemento acoplado a un casco de protección y ajuste con almohadillado central, con atenuación acústica de 15 dB, amortizable en 10 usos.					
Material	Ud	Juego de orejeras, acopladas a cascos de protección, con atenuación acústica de 15 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-3 y UNE-EN 458, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	10,450	1,05
	%	Costes directos complementarios	2,00	1,05	0,02
	%	Costes indirectos	3,00		

Para los pies y las piernas					
Partida	Ud	Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, con resistencia al deslizamiento, a la perforación, a la penetración y a la absorción de agua, con código de designación SB, amortizable en 10 usos.	10,000	5,74	57,40
Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, con resistencia al deslizamiento, a la perforación, a la penetración y a la absorción de agua, con código de designación SB, amortizable en 10 usos.					
Material	Ud	Par de botas de media caña de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, con resistencia al deslizamiento, a la perforación, a la penetración y a la absorción de agua, EPI de categoría II, según UNE-EN ISO 20344 y UNE-EN ISO 20345, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	54,570	5,46
	%	Costes directos complementarios	2,00	5,460	0,11
	%	Costes indirectos	3,00		
Para el cuerpo (vestuario de protección)					
Partida	Ud	Mono de protección, amortizable en 10 usos.	10,000	5,03	50,30
Mono de protección, amortizable en 10 usos.					
Material	Ud	Mono de protección, EPI de categoría I, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	47,750	4,78
	%	Costes directos complementarios	2,00	4,78	0,10
	%	Costes indirectos	3,00		
Partida	Ud	Chaleco de alta visibilidad, de material combinado, con propiedades fluorescentes y reflectantes, color amarillo, amortizable en 10 usos.	10,000	2,97	29,70

Chaleco de alta visibilidad, de material combinado, con propiedades fluorescentes y reflectantes, color amarillo, amortizable en 10 usos.					
		Chaleco de alta visibilidad, de material combinado, color amarillo, EPI de categoría II, según UNE-EN 471 y UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	28,170	2,82
	%	Costes directos complementarios	2,00	2,82	0,06
	%	Costes indirectos	3,00		
		Mandil de protección para trabajos de soldeo, con propagación limitada de la llama y resistencia a la electricidad, sometidos a una temperatura ambiente hasta 100°C, amortizable en 10 usos.	4,000	1,59	6,36
Mandil de protección para trabajos de soldeo, con propagación limitada de la llama y resistencia a la electricidad, sometidos a una temperatura ambiente hasta 100°C, amortizable en 10 usos.					
		Mandil de protección para trabajos de soldeo, sometidos a una temperatura ambiente hasta 100°C, EPI de categoría II, según UNE-EN ISO 11611, UNE-EN 348 y UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	15,050	1,51
	%	Costes directos complementarios	2,00	1,51	0,03
	%	Costes indirectos	3,00		
		Par de rodilleras con la parte delantera elástica y con esponja de celulosa, amortizable en 10 usos.	10,000	1,62	16,20
Par de rodilleras con la parte delantera elástica y con esponja de celulosa, amortizable en 10 usos.					
		Par de rodilleras con la parte delantera elástica y con esponja de celulosa, EPI de categoría II, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	0,100	15,390	1,54
	%	Costes directos complementarios	2,00	1,54	0,03

	%	Costes indirectos	3,00		
Para las vías respiratorias					
Partida	Ud	Mascarilla autofiltrante contra partículas, fabricada totalmente de material filtrante, que cubre la nariz, la boca y la barbilla, garantizando un ajuste hermético a la cara del trabajador frente a la atmósfera ambiente, FFP2, con válvula de exhalación, amortizable en 1 uso.	10,000	4,90	49,00
Mascarilla autofiltrante contra partículas, fabricada totalmente de material filtrante, que cubre la nariz, la boca y la barbilla, garantizando un ajuste hermético a la cara del trabajador frente a la atmósfera ambiente, FFP2, con válvula de exhalación, amortizable en 1 uso.					
Material	Ud	Mascarilla autofiltrante contra partículas, FFP2, con válvula de exhalación, EPI de categoría III, según UNE-EN 149, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el R.D. 1407/1992.	1,000	4,670	4,67
	%	Costes directos complementarios	2,00	4,67	0,09
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					49,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Material médico					
Partida	Ud	Botiquín de urgencia para caseta de obra, provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gases estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes desechables, bolsa de goma para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un torniquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, fijado al paramento con tornillos y tacos.	3,000	128,69	386,07
Botiquín de urgencia para caseta de obra, provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gases estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes					

desechables, bolsa de goma para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un torniquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, fijado al paramento con tornillos y tacos.					
Material	Ud	Botiquín de urgencia provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes desechables, bolsa de goma para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un torniquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, con tornillos y tacos para fijar al paramento.	1,000	118,340	118,34
		Peón Seguridad y Salud.	0,224	18,520	4,15
	%	Costes directos complementarios	2,00	122,490	2,45
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					386,07

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Casetas (alquiler/construcción/adaptación de locales)					
Partida	Ud	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de dimensiones 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalaciones de fontanería, saneamiento y electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, termo eléctrico, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo contrachapado hidrófugo con capa antideslizante, revestimiento de tablero en paredes, inodoro, dos platos de ducha y lavabo de tres grifos y puerta de madera en inodoro y cortina en ducha.	2,000	207,52	415,04
Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de dimensiones 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura					

prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalaciones de fontanería, saneamiento y electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, termo eléctrico, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo contrachapado hidrófugo con capa antideslizante, revestimiento de tablero en paredes, inodoro, dos platos de ducha y lavabo de tres grifos y puerta de madera en inodoro y cortina en ducha.					
Material	Ud	Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseos en obra, de 3,45x2,05x2,30 m (7,00 m ²), compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido; instalaciones de fontanería, saneamiento y electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; termo eléctrico de 50 litros de capacidad; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante; revestimiento de tablero melaminado en paredes; inodoro, plato de ducha y lavabo de tres grifos, de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante; puerta de madera en inodoro y cortina en ducha. Según R.D. 1627/1997.	1,000	197,530	197,530
	%	Costes directos complementarios	2,00	197,530	3,95
	%	Costes indirectos	3,00		
		Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de dimensiones 4,20x2,33x2,30 m (9,80 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalación de electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo de aglomerado revestido con PVC continuo y	1,000	129,94	129,94

		poliestireno con apoyo en base de chapa y revestimiento de tablero en paredes.			
Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de dimensiones 4,20x2,33x2,30 m (9,80 m ²), compuesta por: estructura metálica, cerramiento de chapa con terminación de pintura prelacada, cubierta de chapa, aislamiento interior, instalación de electricidad, tubos fluorescentes y punto de luz exterior, ventanas de aluminio con luna y rejas, puerta de entrada de chapa, suelo de aglomerado revestido con PVC continuo y poliestireno con apoyo en base de chapa y revestimiento de tablero en paredes.					
		Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de 4,20x2,33x2,30 (9,80) m ² , compuesta por: estructura metálica mediante perfiles conformados en frío; cerramiento de chapa nervada y galvanizada con terminación de pintura prelacada; cubierta de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; aislamiento interior con lana de vidrio combinada con poliestireno expandido; instalación de electricidad y fuerza con toma exterior a 230 V; tubos fluorescentes y punto de luz exterior; ventanas correderas de aluminio anodizado, con luna de 6 mm y rejas; puerta de entrada de chapa galvanizada de 1 mm con cerradura; suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm y poliestireno de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal y revestimiento de tablero melaminado en paredes. Según R.D. 1627/1997.	1,000	123,690	123,69
	%	Costes directos complementarios	2,00	123,69	2,47
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					544,98

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Mobiliario y equipamiento					
Partida	Ud	10 taquillas individuales, 20 perchas, 2 bancos para 5 personas, espejo, portarrollos, jabonera en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos.	1,000	717,54	717,54
10 taquillas individuales, 20 perchas, 2 bancos para 5 personas, espejo, portarrollos, jabonera en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos.					
Material	Ud	Taquilla metálica individual con llave para ropa y calzado.	3,300	93,020	306,97
Material	Ud	Percha para vestuarios y/o aseos.	20,000	7,990	159,80
Material	Ud	Banco de madera para 5 personas.	1,000	109,840	109,84
Material	Ud	Espejo para vestuarios y/o aseos.	1,000	14,650	14,65
Material	Ud	Portarrollos industrial de acero inoxidable.	0,330	32,540	10,74
Material	Ud	Jabonera industrial de acero inoxidable.	0,330	31,120	10,27
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	3,818	18,520	70,71
	%	Costes directos complementarios	2,00	197,530	3,95
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					1.262,52

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Señalización de zonas de trabajo					
Partida	m	Malla de señalización de polietileno de alta densidad (200 g/m ²), color naranja, de 1,20 m de altura, sujeta mediante bridas de nylon a soportes de barra corrugada de acero B 500 S de 1,75 m de longitud y 20 mm de diámetro, hincados en el terreno cada 1,00 m, utilizada como señalización y delimitación de los bordes de la excavación. Amortizable la malla en 1 uso, los soportes en 5 usos y los tapones protectores en 5 usos.	15,000	6,58	98,70
Malla de señalización de polietileno de alta densidad (200 g/m ²), color naranja, de 1,20 m de altura, sujeta mediante bridas de nylon a soportes de barra corrugada de acero B 500 S de 1,75 m de longitud y 20 mm de diámetro, hincados en el terreno cada 1,00 m, utilizada como señalización y delimitación de los bordes de la excavación. Amortizable la malla en 1 uso, los soportes en 5 usos y los tapones protectores en 5 usos.					
Material	m	Malla de señalización de polietileno de alta densidad (200 g/m ²), doblemente reorientada, con tratamiento ultravioleta, color naranja, de 1,2 m de altura.	1,000	0,590	0,59
Material	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	1,089	1,250	1,36
Material	Ud	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	3,780	0,030	0,11
Material	Ud	Tapón protector de PVC, tipo seta, de color rojo, para protección de los extremos de las armaduras.	0,252	0,100	0,03
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,225	18,520	4,17
	%	Costes directos complementarios	2,00	6,260	0,13
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					98,70

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Señalización manual					
Partida	Ud	Paleta manual de paso alternativo, de polipropileno, con señal de detención obligatoria por una cara y de paso por la otra, con mango de plástico, amortizable en 10 usos.	2,000	1,98	3,96
Paleta manual de paso alternativo, de polipropileno, con señal de detención obligatoria por una cara y de paso por la otra, con mango de plástico, amortizable en 10 usos.					
Material	Ud	Paleta manual de paso alternativo, de polipropileno, con señal de detención obligatoria por una cara y de paso por la otra, con mango de plástico.	0,100	14,460	1,45
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,023	18,520	0,43
	%	Costes directos complementarios	2,00	1,880	0,04
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					3,96

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Señalización de seguridad y salud					
Partida	Ud	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, amortizable en 5 usos, fijado con bridas.	10,000	7,37	73,70
Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, amortizable en 5 usos, fijado con bridas.					
Material	Ud	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, con 6 orificios de fijación.	0,200	13,230	2,65
Material	Ud	Brida de nylon, de 4,8x200 mm.	6,000	0,030	0,18

Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,226	18,520	4,19
	%	Costes directos complementarios	2,00	7,020	0,14
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					73,70

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Señalización vertical					
Partida	Ud	Señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado, de peligro, triangular, L=70 cm, con retrorreflectancia nivel 1 (E.G.), con caballete portátil de acero galvanizado. Amortizable la señal en 5 usos y el caballete en 5 usos.	5,000	13,71	68,55
Señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado, de peligro, triangular, L=70 cm, con retrorreflectancia nivel 1 (E.G.), con caballete portátil de acero galvanizado. Amortizable la señal en 5 usos y el caballete en 5 usos.					
Material	Ud	Señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado, de peligro, triangular, L=70 cm, con retrorreflectancia nivel 1 (E.G.), según la Instrucción 8.3-IC.	0,200	39,790	7,96
Material	Ud	Caballete portátil de acero galvanizado, para señal provisional de obra.	0,200	9,720	1,94
Mano de obra	h	Peón Seguridad y Salud.	0,170	18,520	3,15
	%	Costes directos complementarios	2,00	13,050	0,26
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					68,55

Coste total de partida	19.243,02 €
-------------------------------	--------------------

Control de calidad y ensayos

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Barras corrugadas de acero					
Partida	Ud	Ensayo sobre una muestra de barras corrugadas de acero de un mismo lote, con determinación de: sección media equivalente, características geométricas del corrugado, doblado/desdoblado.	1,000	88,59	88,59
Ensayo sobre una muestra de barras corrugadas de acero de un mismo lote, con determinación de: sección media equivalente, características geométricas del corrugado, doblado/desdoblado.					
Material	Ud	Ensayo para determinar la sección media equivalente sobre una muestra de dos barras corrugadas de acero del mismo lote, según UNE-EN ISO 15630-1, incluso desplazamiento a obra, toma de muestra e informe de resultados.	1,000	27,100	27,10
Material	Ud	Ensayo para determinar las características geométricas del corrugado sobre una muestra de dos barras corrugadas de acero del mismo lote, según UNE-EN 10080, incluso desplazamiento a obra, toma de muestra e informe de resultados.	1,000	40,030	40,03
Material	Ud	Ensayo para determinar la presencia o ausencia de grietas mediante doblado/desdoblado sobre una muestra de dos barras corrugadas de acero del mismo lote, según UNE-EN ISO 15630-1, incluso desplazamiento a obra, toma de muestra e informe de resultados.	1,000	17,190	17,19
	%	Costes directos complementarios	2,00	84,320	1,69
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					88,59

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Perfiles laminados					
Partida	Ud	Ensayo destructivo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación de: límite elástico aparente, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, alargamiento y estricción; geometría de la sección y desviación de la masa.	1,000	279,00	279,00
Ensayo destructivo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación de: límite elástico aparente, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, alargamiento y estricción; geometría de la sección y desviación de la masa.					
Material	Ud	Repercusión de desplazamiento a obra para la toma de muestras.	1,000	0,750	0,750
Material	Ud	Toma en obra de muestras de perfil laminado en estructura metálica, cuyo peso no exceda de 50 kg.	1,000	32,630	32,63
Material	Ud	Ensayo a tracción para determinar el límite elástico aparente, la resistencia a tracción, el módulo de elasticidad, el alargamiento y la estricción de una muestra de perfil laminado en estructura metálica, según UNE-EN ISO 6892-1.	1,000	57,260	57,26
Material	Ud	Ensayo de comprobación de la geometría de la sección y desviación de la masa de una muestra de perfil laminado en estructura metálica.	1,000	77,020	77,020
Material	Ud	Informe de resultados de los ensayos realizados sobre una muestra de perfil laminado en estructura metálica.	1,000	97,900	97,900
	%	Costes directos complementarios	2,00	265,560	5,31
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					279,00

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Soldaduras					
Partida	Ud	Inspección visual sobre una unión soldada.	1,000	66,90	66,90
Inspección visual sobre una unión soldada.					
Material	Ud	Inspección visual sobre una unión soldada, según UNE-EN ISO 17637, incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.	1,000	63,680	63,68
	%	Costes directos complementarios	2,00	63,680	1,27
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					66,90

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Trabajo de campo y ensayos					
Partida	Ud	Estudio geotécnico del terreno en suelo medio (arcillas, margas) con, 3 sondeos hasta 10 m tomando 1 muestra inalterada y 1 muestra alterada (SPT), una penetración dinámica mediante penetrómetro dinámico (DPSH) hasta 10 m y realización de los siguientes ensayos de laboratorio: 2 de análisis granulométrico; 2 de límites de Atterberg; 2 de humedad natural; densidad aparente; resistencia a compresión; Proctor Normal; C.B.R. 2 de contenido en sulfatos.	1,000	2.985,72	2.985,72
Estudio geotécnico del terreno en suelo medio (arcillas, margas) con, 3 sondeos hasta 10 m tomando 1 muestra inalterada y 1 muestra alterada (SPT), una penetración dinámica mediante penetrómetro dinámico (DPSH) hasta 10 m y realización de los siguientes ensayos de laboratorio: 2 de análisis granulométrico; 2 de límites de Atterberg; 2 de humedad natural; densidad aparente; resistencia a compresión; Proctor Normal; C.B.R. 2 de contenido en sulfatos.					

Material	Ud	Inspección visual sobre una unión soldada, según UNE-EN ISO 17637, incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.	1,000	63,680	63,68
Material	Ud	Transporte de equipo de sondeo, personal especializado y materiales a la zona de trabajo y retorno al finalizar los mismos. Distancia menor de 40 km.	1,000	249,920	249,92
Material	Ud	Emplazamiento de equipo de sondeo en cada punto.	3,000	60,640	181,92
Material	m	Sondeo mediante perforación a rotación en suelo medio (arcillas, margas), con extracción de testigo continuo, con batería de diámetros 86 a 101 mm, hasta 25 m de profundidad.	30,000	35,670	1.070,10
Material	Ud	Caja porta-testigos de cartón parafinado, fotografiada.	11,000	8,150	89,65
Material	Ud	Transporte de equipo de penetración dinámica (DPSH), personal especializado y materiales a la zona de trabajo y retorno al finalizar los mismos. Distancia menor de 40 km.	1,000	154,670	154,67
Material	Ud	Emplazamiento de equipo de penetración dinámica (DPSH) en cada punto.	1,000	49,940	49,94
Material	m	Penetración mediante penetrómetro dinámico (DPSH), hasta 15 m de profundidad.	10,000	12,230	122,30
Material	Ud	Extracción de muestra inalterada mediante tomamuestras de pared gruesa, hasta 25 m de profundidad.	1,000	24,460	24,46
Material	Ud	Extracción de muestra alterada mediante tomamuestras normalizado del ensayo de Penetración Estándar (SPT), hasta 25 m de profundidad.	1,000	18,350	18,350

Material	m	Descripción de testigo continuo de muestra de suelo.	30,000	3,160	94,80
Material	Ud	Análisis granulométrico por tamizado de una muestra de suelo, según UNE 103101.	2,000	30,680	61,36
Material	Ud	Ensayo para determinar los Límites de Atterberg (límite líquido y plástico de una muestra de suelo), según UNE 103103 y UNE 103104.	2,000	36,790	73,58
Material	Ud	Ensayo para determinar el contenido de humedad natural mediante secado en estufa de una muestra de suelo, según UNE 103300.	2,000	4,590	9,18
Material	Ud	Ensayo para determinar la densidad aparente (seca y húmeda) de una muestra de suelo, según UNE 103301.	1,000	9,170	9,170
Material	Ud	Ensayo para determinar la resistencia a compresión simple de una muestra de suelo (incluso tallado), según UNE 103400.	1,000	30,680	30,68
Material	Ud	Ensayo Proctor Normal, según UNE 103500.	1,000	63,160	63,16
Material	Ud	Ensayo C.B.R. (California Bearing Ratio) en laboratorio, según UNE 103502, sin incluir ensayo Proctor, en explanadas.	1,000	177,680	177,68
Material	Ud	Ensayo cuantitativo para determinar el contenido en sulfatos solubles de una muestra de suelo, según UNE 103201.	2,000	27,620	55,24
Material	Ud	Informe geotécnico, con especificación de cada uno de los resultados obtenidos, conclusiones y validez del estudio sobre parámetros para el diseño de la cimentación.	1,000	305,760	305,760
	%	Costes directos complementarios	2,00	2.841,920	56,84
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					2.985,72

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Prefabricado de hormigón					
Partida	Ud	Ensayo sobre una muestra de bloque de hormigón, con determinación de: dimensiones y comprobación de la forma, densidad real del hormigón, absorción de agua, succión de agua, resistencia a compresión, variación por humedad, planeidad de las caras, resistencia a la helada.	1,000	1.307,62	1.307,62
Ensayo sobre una muestra de bloque de hormigón, con determinación de: dimensiones y comprobación de la forma, densidad real del hormigón, absorción de agua, succión de agua, resistencia a compresión, variación por humedad, planeidad de las caras, resistencia a la helada.					
Material	Ud	Repercusión de desplazamiento a obra para la toma de muestras.	1,000	0,750	0,75
Material	Ud	Toma en obra de muestras de bloques de hormigón cuyo peso no exceda de 50 kg.	1,000	31,690	31,69
Material	Ud	Ensayo para determinar las dimensiones y comprobación de la forma de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-16 y UNE-EN 772-20.	3,000	55,800	55,80
Material	Ud	Ensayo para determinar la densidad real del hormigón de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-13.	11,000	83,060	83,06
Material	Ud	Ensayo para determinar la absorción de agua de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-11.	1,000	77,870	77,87
Material	Ud	Ensayo para determinar la succión de agua de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-11.	1,000	95,800	95,80

Material	Ud	Ensayo para determinar la resistencia a compresión de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-1.	1,000	222,650	222,65
Material	Ud	Ensayo para determinar la variación por humedad de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-14.	1,000	256,840	256,84
Material	Ud	Ensayo para determinar la planeidad de las caras de una muestra de bloque de hormigón, según UNE-EN 772-20.	1,000	53,000	53,00
Material	Ud	Ensayo para determinar la resistencia a la helada de una muestra de bloque de hormigón.	1,000	269,280	269,28
Material	Ud	Informe de resultados de los ensayos realizados sobre una muestra de bloque de hormigón.	2,000	97,900	97,90
	%	Costes directos complementarios	2,00	1.244,640	24,89
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					1.307,62

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Barandillas					
Partida	Ud	Prueba estática sobre una barandilla, con determinación de la fuerza horizontal que resiste.	1,000	289,10	289,10
Prueba estática sobre una barandilla, con determinación de la fuerza horizontal que resiste.					
Material	Ud	Prueba estática para determinar la fuerza horizontal que resiste una barandilla, según CTE DB SE-AE, incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.	1,000	275,180	275,18
	%	Costes directos complementarios	2,00	275,180	5,50
	%	Costes indirectos	3,00		

Partida	Ud	Ensayo dinámico sobre una barandilla, con determinación de las cargas dinámicas que resiste.	1,000	314,09	314,09
Ensayo dinámico sobre una barandilla, con determinación de las cargas dinámicas que resiste.					
Material	Ud	Ensayo con cuerpo blando para determinar las cargas dinámicas que resiste una barandilla, según UNE 85238, incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.	1,000	298,960	298,96
	%	Costes directos complementarios	2,00	298,960	5,98
	%	Costes indirectos	3,00		
Coste total partida					603,19

Capítulo 4. Estudios con entidad propia

4.1 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORABLES

A continuación, se muestran los distintos riesgos que conlleva el desempeño de cada actividad que se realiza para la construcción de la nave industrial, así como el código de señalización, las medidas preventivas a adoptar y los sistemas de protección colectiva, individual y señalización.

Los sistemas de protección y señalización están incluidos en el presupuesto.

4.1.1 Acondicionamiento del terreno

Desbroce y limpieza del terreno con arbustos y tocones, con medios mecánicos



Fases de ejecución:

- Replanteo en el terreno.
- Corte de arbustos.
- Remoción mecánica de los materiales de desbroce.
- Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce.
- Carga a camión.

Maquinaria:

- Motosierra a gasolina.
- Pala cargadora sobre neumáticos.

Fase de ejecución.		Replanteo en el terreno.	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	No se trabajará en zonas próximas a los bordes y a los cortes del terreno.	Malla de señalización con soportes hincados al terreno.
	Caída de objetos por desplome.	No se trabajará en zonas donde se puedan producir desprendimientos de rocas, tierras o árboles.	Malla de señalización con soportes hincados al terreno.
	Atropello con vehículos.	Se verificará la ausencia de personas en el radio de acción de la máquina.	Malla de señalización con soportes hincados al terreno.
	Afección causada por seres vivos.	Si se observara la presencia de insectos o roedores, se procederá a la desinsectación o desratización de la zona, mediante la aplicación de productos adecuados por parte de personas con la formación necesaria para ello.	
Fase de ejecución		Corte de arbustos.	

Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Proyección de fragmentos o partículas.	Se verificará la ausencia de personas en el radio de acción de la máquina.	Malla de señalización con soportes hincados al terreno.
Fase de ejecución.		Remoción mecánica de los materiales de desbroce.	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Exposición a agentes químicos.	La zona de trabajo se regará con frecuencia para evitar la formación de polvo.	
Fase de ejecución		Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Atropello con vehículos.	Se verificará la ausencia de personas en el radio de acción de la máquina.	Malla de señalización con soportes hincados al terreno.
Fase de ejecución.		Carga a camión.	


Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de objetos desprendidos.	Se evitará la circulación de personas bajo la vertical de riesgo de caída de materiales.	

Tabla 13 Estudio de seguridad en desbroce y limpieza de terreno (Fuente: Cype)



Excavación de zanjas para cimentaciones, con medios mecánicos

Fases de ejecución:



- Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia
- Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones.
- Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras.
- Refinado de fondos laterales a mano, con extracción de las tierras.
- Carga a camión de los materiales excavados.

Maquinaria:

- Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos.

Durante todas las fases de ejecución.			
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	Se señala el borde de la excavación.	Malla de señalización con soportes hincados al terreno.
	Caída de personas al mismo nivel.	El interior de la excavación se mantendrá limpio.	

Fase de ejecución.		Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia.	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	No se trabajará en zonas próximas a los bordes y a los cortes del terreno.	
	Caída de objetos por desplome.	No se trabajará en zonas donde se puedan producir desprendimientos de rocas, tierras o árboles.	
	Atropello con vehículos.	Se verificará la ausencia de personas en el radio de acción de la máquina.	
Fase de ejecución.		Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones.	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Pisadas sobre objetos.	La zona de trabajo se mantendrá limpia de materiales y herramientas.	
Fase de ejecución.		Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras.	

Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	Para pasar sobre una excavación abierta, no se saltará de un lado a otro de la misma.	Protección de huecos horizontal.
	Caída de objetos por desplome.	No se acopiará la tierra en zonas situadas a menos de 2 m del borde de la excavación.	
Fase de ejecución.		Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras.	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de objetos por desplome.	<p>Se contará con la ayuda de otro operario en el exterior de la excavación que, en caso de emergencia, avisará al resto de trabajadores.</p> <p>Se colocarán escaleras de mano a lo largo del perímetro de la excavación, con una separación entre ellas no superior a 15m.</p>	Protección de huecos horizontal.


Fase de ejecución.		Carga a camión de los materiales excavados.	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de objetos desprendidos.	Se evitará la circulación de personas bajo la vertical de riesgo de caída de materiales.	

Tabla 14 Estudio de seguridad en excavaciones para zanjas de cimentación (Fuente: Cype)

4.1.2 Cimentaciones

Capa de hormigón de limpieza fabricado en central, vertido en cubilote

Fases de ejecución:

- Replanteo
- Colocación de toques y/o formación de maestras.
- Vertido y compactación del hormigón.
- Coronación y enrase del hormigón.

Equipos auxiliares:

- Cubilote.


Fase de ejecución.			
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Golpe y corte por objetos o herramientas.	Se comprobará que en las zonas a hormigonar no hay objetos punzantes.	

Tabla 15 Estudio de seguridad en ejecución de hormigón de limpieza (Fuente: Cype)

4.1.3 Estructuras



Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente, colocado con uniones atornilladas en obra.





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 atornilladas.

Maquinaria:

- Llave de impacto.
- Cortadora manual de metal, de disco.

Durante todas las fases de ejecución.			
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	Se utilizará un arnés anticaídas anclado a un dispositivo de anclaje o a una línea de anclaje, previamente instalados.	Dispositivos anticaída.
Fase de ejecución		Colocación y fijación provisional del pilar	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	No se trepará por la estructura, debiéndose utilizar escaleras metálicas manuales con garfios	

		en sus extremos, para sujetarse a los respectivos pilares metálicos.	
	Caída de objetos desprendidos.	<p>Se señalizará y delimitará la zona afectada por las maniobras de izado, restringiéndose el paso de vehículos y personas.</p> <p>Las piezas se transportarán en posición horizontal, suspendidas de dos puntos mediante eslingas, y se depositarán cerca de su ubicación definitiva.</p>	
	Golpe y corte por objetos o herramientas.	Los perfiles se izarán cortados a la medidas requerida para su montaje, para evitar el oxicorte en altura.	
	Atrapamiento por objetos.	Para controlar el movimiento de los elementos suspendidos se emplearán cuerdas guía.	
	Caída de objetos por desplome.	Las piezas quedarán fijadas provisionalmente e inmovilizadas	


		mediante codales, eslingas o puntales, hasta concluido el punteo de soldadura provisional.	
	Sobreesfuerzo.	La presentación de las piezas se realizará por, al menos, dos operarios.	
Fase de ejecución		Aplomado y nivelación	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de objetos por desplome.	No se montarán más de dos plantas de la estructura metálica sin la realización del correspondiente forjado.	

Tabla 16 Estudio de seguridad en montaje de perfiles (Fuente: Cype)


Acero UNE-EN 10025 S275JR, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente, fijadas a las cerchas con uniones soldadas en obra.




Fases de ejecución:

- Replanteo de las correas sobre las cerchas.
- Presentación de las correas sobre las cerchas.
- Aplomado y nivelación definitivos.
- Ejecución de las uniones soldadas.

Maquinaria:

- Equipo de oxicorte con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.
- Cortadora manual de metal, de disco.

Durante todas las fases de ejecución			
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de personas a distinto nivel.	Se utilizará un arnés anticaídas anclado a un dispositivo de anclaje o a una línea de anclaje, previamente instalados.	Dispositivos anticaída.
Fase de ejecución		Presentación de las correas sobre las cerchas	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de objetos desprendidos.	<p>Se señalizará y delimitará la zona afectada por las maniobras de izado, restringiéndose el paso de vehículos y personas.</p> <p>Las piezas se transportarán en posición horizontal, suspendidas de dos puntos mediante eslingas, y se depositarán cerca de su ubicación definitiva.</p>	

	Atrapamiento por objetos.	Para controlar el movimiento de los elementos suspendidos se emplearán cuerdas guía.	
	Sobreesfuerzo.	La presentación de las piezas se realizará por, al menos, dos operarios.	
Fase de ejecución		Ejecución de las uniones soldadas	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	Caída de objetos por desplome.	No se elevará una nueva altura sin haber concluido la soldadura de la cota inferior.	
	Contacto térmico.	Se evitará el contacto con las piezas recién soldadas. En caso de que se prevea la realización simultánea de trabajos de soldadura en altura con otros trabajos en la misma vertical, se dispondrá una protección horizontal contra la proyección de partículas incandescentes.	Dispositivos anticaída con protección a partículas incandescentes.


	<p>Incendio.</p>	<p>En caso de que se prevea la realización simultanea de trabajos de soldadura en altura con otros trabajos en la misma vertical, se dispondrá una protección horizontal contra la proyección de partículas incandescentes.</p>	<p>Dispositivos anticaída con protección a partículas incandescentes.</p>
---	------------------	---	---

Tabla 17 Estudio de seguridad en montaje de correas (Fuente: Cype)

Paneles sándwich sobre estructura de acero.

Fases de ejecución:

- Replanteo y corte de los paneles.
- Colocación y fijación del panel sándwich.


Fase de ejecución		Replanteo y corte de los paneles	
Código	Riesgos	Medidas preventivas a adoptar	Sistemas de protección colectiva y señalización
	<p>Golpe y corte por objetos o herramientas.</p>	<p>Se seguirá el procedimiento de trabajo y se evitarán las prisas</p>	

Tabla 18 Estudio de seguridad en el montaje de paneles sándwich (Fuente: Cype)

4.2 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Acorde a la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, cuyo cometido es regir la evaluación ambiental para conservar y proteger el medio ambiente, promoviendo a su vez un desarrollo sostenible, mediante:

- La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos.
- El análisis y selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables.
- Establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- Establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para el cumplimiento con las finalidades de esta ley.

Se realiza el siguiente:

Atmosférico

Este proceso tiene en cuenta solamente los gases de efecto invernadero, ya que no hay ninguna información sobre conductos de gases nocivos para la salud o gases prohibidos, aquellos que presentan un potencial de calentamiento atmosférico superior o igual a 2500.

En cuanto a contaminación del aire debido al movimiento de tierras y formación de zanjas se reduce al máximo puesto que dichas tierras serán transportadas a un contenedor autorizado. Para la protección de los trabajadores, se dispone de mascarillas.

Acústico

Las emisiones acústicas se consideran de baja entidad o puntuales, por lo tanto, se considera impacto acústico nulo. Para la protección de los trabajadores, se dispone de orejeras integradas en el casco.

Tratamiento de aguas

No existe potencial afección sobre ningún cauce superficial o subterráneo por derrame o accidente como consecuencia de la construcción de la nave.

Residuos

Se contará con traslados autorizados a vertederos de los residuos ocasionados durante la obra.

Flora y fauna

Debido a la localización de la construcción de la nave industrial no existirá afección de flora y fauna.

La parcela no presenta árboles protegidos, tierras de cultivo o vida animal.

Generación de empleo

La contratación de los diferentes equipos de trabajos necesarios para llevar a cabo la construcción corre a cargo de la empresa contratista.

Afección de patrimonio cultural

Debido a que la parcela se sitúa en zona industrial no hay existencia de elementos protegidos.

Capítulo 5. Pliego de condiciones

El Pliego de Condiciones del presente proyecto donde se definen las condiciones y parámetros para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE, se realiza con la ayuda de la opción “Arquímedes” que se encuentra en Cypecad.

5.1 DISPOSICIONES GENERALES

5.1.1 Disposición de carácter general

Objeto

En el presente Pliego se fijan los criterios de la relación establecida entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre promotor y contratista.

Contrato de la obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

Documentación de la obra

Se integran los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Condiciones fijadas en el contrato de la obra.
- Presente Pliego de Condiciones.
- Documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

Proyecto arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”. En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyectos serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza.
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista obliga al cumplimiento estricto del Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto general.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común t al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

Ejecución de las obras y responsabilidades del contratista

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obra diere al contratista.

Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el “Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción” y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

Daños y perjuicios a terceros

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y

cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de “Todo riesgo al derribo y la construcción”, suscrita por una compañía aseguradora con las suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

Anuncios y carteles

Sin previa autorización del promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

Copia de documentos

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

Hallazgos

El promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del director de obra.

El promotor abonará al contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del contratista.
- La quiebra del contratista.
- Las alteraciones del contrato por las siguientes causas:
 - Cuando exista alteración del proyecto y el presupuesto represente una desviación mayor del 30%.
 - Modificaciones de unidades de obra que representen variaciones de más o menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
- Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

Efectos de rescisión del contrato de obra

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de estas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3º por cien del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre promotor y contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la

documentación complementaria del proyecto de la obra se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes.

Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajadores es, generalmente, facultad del contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como la carencia de planos u ordenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

Trabajos defectuosos

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y se realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas 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 o equipos 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 sustituidas o 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.

Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, apartados y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los que se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que se vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

5.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS

5.2.1 Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son reguladas por la

“Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”.

Se definen agentes de edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la “Ley 38/1999. Ley de ordenación de la Edificación” y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación son los siguientes:

Promotor: persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparán también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la “Ley 9/2017. Ley de

Contratos del Sector Público” y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”.

Projectista: agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”, cada projectista asumirá la titularidad de su proyecto.

Constructor o contratista: agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de estas con sujeción al Proyecto y al Contrato de Obra.

La ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

Director de obra: agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

Director de la ejecución de la obra: agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de estas.

Entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación: son aquellas entidades capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

Suministradores de productos: los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de estas, tanto terminadas como en procesos de ejecución.

5.2.2 Agentes que intervienen en la obra

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

5.2.3 Agentes en materia de seguridad y salud

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

5.2.4 Dirección facultativa

La Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

5.2.5 Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerirle al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

5.2.6 Documentación final de obra: Libro del Edificio

De acuerdo con la “Ley 38*1999. Ley de Ordenación de la Edificación”, una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el {{Libro de Edificación}}, será entregada a los usuarios finales del edificio.

Propietarios y usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como de recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sea o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismo de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

5.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS

5.3.1 Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

5.3.2 Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.

- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios.
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de la obra.

5.3.3 Criterio General

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la “Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación”, tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

5.3.4 Finanzas

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de la obra:

Ejecución de trabajos con cargo a la fianza: si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

Devolución de las fianzas: La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales: si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

5.3.5 De los precios

el objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

Precio básico: Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

Precio unitario: es el precio de una unidad que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos “precio básico x cantidad” de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que su representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquellos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de “Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra”, junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

5.3.6 Obras por administración

Se denominan “Obras por administración” aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

5.3.7 Valoración y abono de los trabajos

Forma y plazos de abono de las obras: se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Preocupaciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el periodo de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde a probar al contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

Relaciones valoradas y certificadas: en los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entrega a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

5.3.8 Indemnizaciones mutuas

Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras: si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

Demora de los pagos por parte del promotor: se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

5.3.9 Varios

Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra: solo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los

precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el director de obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

Seguro de las obras: el contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta recepción definitiva.

Conservación de la obra: el contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor: no podrá el contratista hacer uso de edificio o bienes del promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de la obra.

5.3.10 Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien y responderá a los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, “en metálico” o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

5.3.11 Plazos de ejecución

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

5.3.12 Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este caso se dará por terminada la obra y se entregarán los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el directo de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

5.3.13 Liquidación final de la obra

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con la certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

5.4 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

5.4.1 Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el “Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)”, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus cualidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de estos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de la calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel del control de calidad que se establezca para la aceptación de estos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

5.4.2 Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengas incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el “Reglamento (UE) Nº 305/2011. Reglamento por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo”.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo “CE” acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado.
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad.
- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias, los números de todas ellas.
- La designación del producto, uso previsto y su designación normalizada.
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención “Prestación no determinada” (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

5.4.3 Aceros para estructuras metálicas

Aceros en perfiles laminados

Condiciones de suministro

Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean los mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado.

Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.

Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra acabadas con imprimación antioxidante tengan una preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y hayan recibido en taller dos manos de imprimación anticorrosiva, libre de plomo y de cromados, con un espesor mínimo de película seca de 35 micras por mano, excepto en la zona en que deben realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura.

Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra con acabado galvanizado tendrán el recubrimiento de zinc homogéneo y continuo en toda la superficie, y no se aprecien grietas, exfoliaciones, ni desprendimientos en el mismo.

Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Para los productos planos:
 - Salvo acuerdo contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S2235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
 - Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
 - Tipo de inspección y ensayo.
 - El tipo de documento de la inspección.
- Para los productos largos:
 - Salvo acuerdo contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

Conservación, almacenamiento y manipulación.

Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.

El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

5.4.4 Equipos de protección individual

Condiciones de suministro

El empresario suministrará los equipos gratuitamente, de modo que el coste nunca podrá repercutir sobre los trabajadores.

Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según normativa vigente.

Conservación, almacenamiento y manipulación

La utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección y la reparación de los equipos cuando proceda, deben efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Recomendaciones para su uso en obra

Salvo en casos excepcionales, los equipos de protección individual.

Capítulo 6. Conclusiones

6.1 CONCLUSIÓN

La nave industrial, se calcula correctamente, acogiéndose a la normativa urbanística de Getafe y la recogida por el Código Técnico de la Edificación, buscando la solución más eficiente.

Realizando el proyecto desde el desbroce de la parcela hasta el montaje de los perfiles, procesos de los cuales se realiza un estudio de seguridad y salud para llevar a cabo la construcción de la manera más segura posible, dotando a cada equipo de operarios con EPIs y suministrando a la construcción de elementos de seguridad colectivos, los cuales todos estos quedan reflejados en el presupuesto.

Por último, se busca realizar la obra de la manera más ecológica posible, transportando los residuos a los vertederos oportunos y habiendo realizado un estudio del terreno para respetar la flora y la fauna en el caso de que hubiera sido el caso. Se comprueba también que no existe peligro de verter ningún tipo de producto a aguas superficiales.

6.2 TRABAJOS FUTUROS

Este apartado recoge los posibles futuros trabajos que se pueden llevar a cabo para ampliar este proyecto:

- Definición de comedores, aseos, vestidores, oficinas y su distribución.
- Realización de instalaciones tales como eléctrica, hidráulicas, climáticas.
- Definición de uso y su explotación.
- Estudios propios de fase de explotación.
- Gestión de obra y plazos de construcción y entrega.
- cálculos de cimentaciones y uniones.

Capítulo 7. Bibliografía

Nave industrial. Edificaciones Dinámicas. (n.d), de Nave industrial
Sitio web: <https://edificacionesdinamicas.com/nave-industrial-definicion/#:~:text=Se%20le%20denomina%20como%20nave,una%20gran%20variedad%20de%20productos>

QNave!. Tipos de naves industriales según su estructura. (n.d.), de QNave!
Sitio web: <https://qnave.es/tipos-de-naves-industriales-segun-su-estructura/>

QNave!. Tipos de naves industriales según su estructura. (n.d)), de QNave!
Sitio web: <https://qnave.es/tipos-de-naves-industriales-segun-su-estructura/>

Víctor Estrada. (septiembre 29, 2018). Tipos de estructuras y cubiertas en naves industriales. (n.d), de X Sitio web: <https://estradapartners.com/estructura-nave-industrial/>

Ministerio de Fomento. (diciembre 20, 2019). Documento Básico SE. (n.d), de Ministerio de Fomento
Sitio web: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>

Ministerio de Fomento. (abril, 2009). Documento Básico SE-EA. (n.d), de Ministerio de Fomento
Sitio web: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Ministerio de Fomento. (octubre 23, 2007). Documento Básico SE-A. enero 25, 2008, de Ministerio de Fomento
Sitio web: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>

CEM MALAGA. (x). Características constructivas de espacio. (n.d), de CEM MALAGA
Sitio web: <https://www.cem-malaga.es/portalcem/novedades/2010/Dis&Ima/contenidos/txtT03-01.html#:~:text=La%20estructura%20es%20el%20conjunto,que%20garantiza%20la%20funci%C3%B3n%20est%C3%A1tica.>

(2022). Apuntes Estructuras y Edificaciones Industriales. (n.d)

Anónimo. TIPOLOGIA GENERAL DE ESTRUCTURA METÁLICAS. (n.d),

Alsimet. (febrero 28, 2022). LOS 5 METALES MÁS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN. (n.d),
de Alsimet

Sitio web: <http://alsimet.es/es/noticias/los-5-metales-mas-usados-en-la-construccion>

FerNAN Civil. (enero 10, 2020). Elementos de una estructura metálica. (n.d), de Libre
Ingeniería Civil Sitio web:

<https://www.libreingenieriacivil.com/2020/01/configuraciones-estructurales.html#:~:text=Las%20placas%20de%20anclaje%20son,tensiones%20admisibles%20en%20este%20material>.

Estructuras metálicas Colombia. Diseño y montaje de pórticos con estructura metálica.
(n.d), de Estructuras metálicas Colombia Sitio web:

<https://www.estructurasmetalicascolombia.com/construcciones-metalicas/porticos/construccion-de-porticos>

Gobierno de España. Instrucción de Acero Estructural. (n.d), de Gobierno de España

Sitio web: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/06_0.pdf

Ignifugaciones Argos. Estructuras de Acero. (n.d), de Ignifugaciones Argos Sitio web:

<https://www.ignifugacionesargos.com/>

Suministros Merle. Perfiles (IPE, IPN, HEA, HEB, UPN, Angular). (n.d), de X Sitio web:

<https://merle.es/perfiles-ipn-ipe-upn-hea-heb/>

Capítulo 8. Anexos

8.1 CÁLCULOS

Compresión

Para validar un perfil se debe satisfacer:

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

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

Donde:

- $N_{c,Ed}$ = compresión solicitante en el para la combinación de acciones que más carga genera.
- $N_{c,Rd}$ = resistencia de cálculo a compresión el cual viene determinado por el área del perfil y la resistencia del cálculo de acero $\left(f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{MD}}\right)$ siendo (f_y) el límite elástico el cual se recoge de la tabla (CTE DB SE-A) y γ_{MD} el coeficiente parcial de seguridad.

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

- $N_{b,Rd}$ = resistencia al pandeo, el cual viene determinado por un coeficiente de pandeo (χ) , y la resistencia de cálculo a compresión.

Donde el coeficiente de pandeo (χ) se determina a partir de la esbeltez reducida $(\bar{\lambda})$.

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

Para el cálculo de la esbeltez reducida $(\bar{\lambda})$ Cype se basa en el CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1.

Para que Cype considere válido este valor, la esbeltez reducida $(\bar{\lambda})$ debe ser inferior a 2.0. Esta es el cociente entre la resistencia plástica de la sección de cálculo y la compresión crítica de pandeo, la cual para cada barra hay que calcular tres compresiones críticas una respecto al eje Y, otra respecto al eje X y por último el pandeo por torsión, eligiendo el más desfavorable de estos para el cálculo. Una vez calculada la esbeltez reducida $(\bar{\lambda})$, se puede hallar el coeficiente de pandeo (χ) mediante la siguiente tabla:

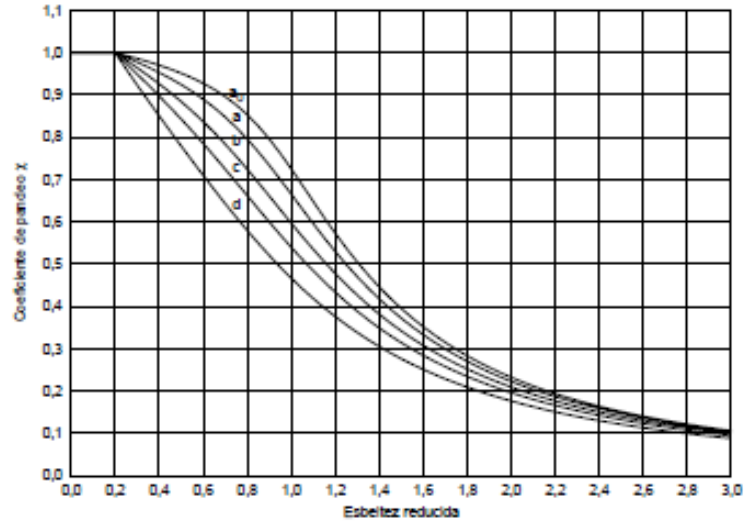


Ilustración 26 Curva de pandeo (Fuente: DBSE-A)

La curva a seleccionar depende del espesor del perfil y de la relación entre la altura del perfil (h) y el ala (b).

Tipo de sección	Tipo de acero	S235 a S355		S450		
		Eje de pandeo ⁽¹⁾				
Perfiles laminados en I		y	z	y	z	
	$h/b > 1,2$	$t \leq 40$ mm	a	b	a ₀	
	40 mm $< t \leq 100$ mm	b	c	a	a	
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100$ mm	b	c	a	a
	$t > 100$ mm	d	d	c	c	

Ilustración 27 Curva de pandeo en función de la sección transversal (Fuente: DBSE-A)

Tracción

Para validar un perfil debe satisfacer:

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

Donde:

- $N_{t,Ed}$ = tracción solicitante en el para la combinación de acciones que más carga genera.
- $N_{t,Rd}$ = resistencia de cálculo a compresión el cual viene determinado por el área del perfil y la resistencia del cálculo de acero ($f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{MD}}$) siendo (f_y) el límite elástico el cual se recoge de la tabla (CTE DB SE-A) y γ_{MD} el coeficiente parcial de seguridad.

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

Resistencia a flexión

CTE DB SE-A Artículo 6.2.6.

Para validar un perfil debe satisfacer:

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

Donde:

- M_{Ed} = momento flector solicitante para la combinación de acciones que más carga genera, tanto para flexión positiva, como para flexión negativa.
- $M_{c,Rd}$ = momento flector resistente, el cual viene dado por: $M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$ siendo ($W_{pl,z}$) el módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión.

Resistencia al corte eje fuerte

CTE DB SE-A Artículo 6.2.4.

Para validar un perfil debe satisfacer:

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

Donde:

- V_{Ed} = esfuerzo solicitante para la combinación de acciones que más carga genera.
- $V_{c,Rd}$ = esfuerzo cortante solicitante, el cual viene determinado por: $V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$ siendo (A_v) el área transversal cortante la cual se saca mediante la altura del alma (d) y el espesor de esta (t_w), mediante la fórmula: $A_v = A - d \cdot t_w$.

Resistencia al corte eje débil

CTE DB SE-A Artículo 6.2.4.

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

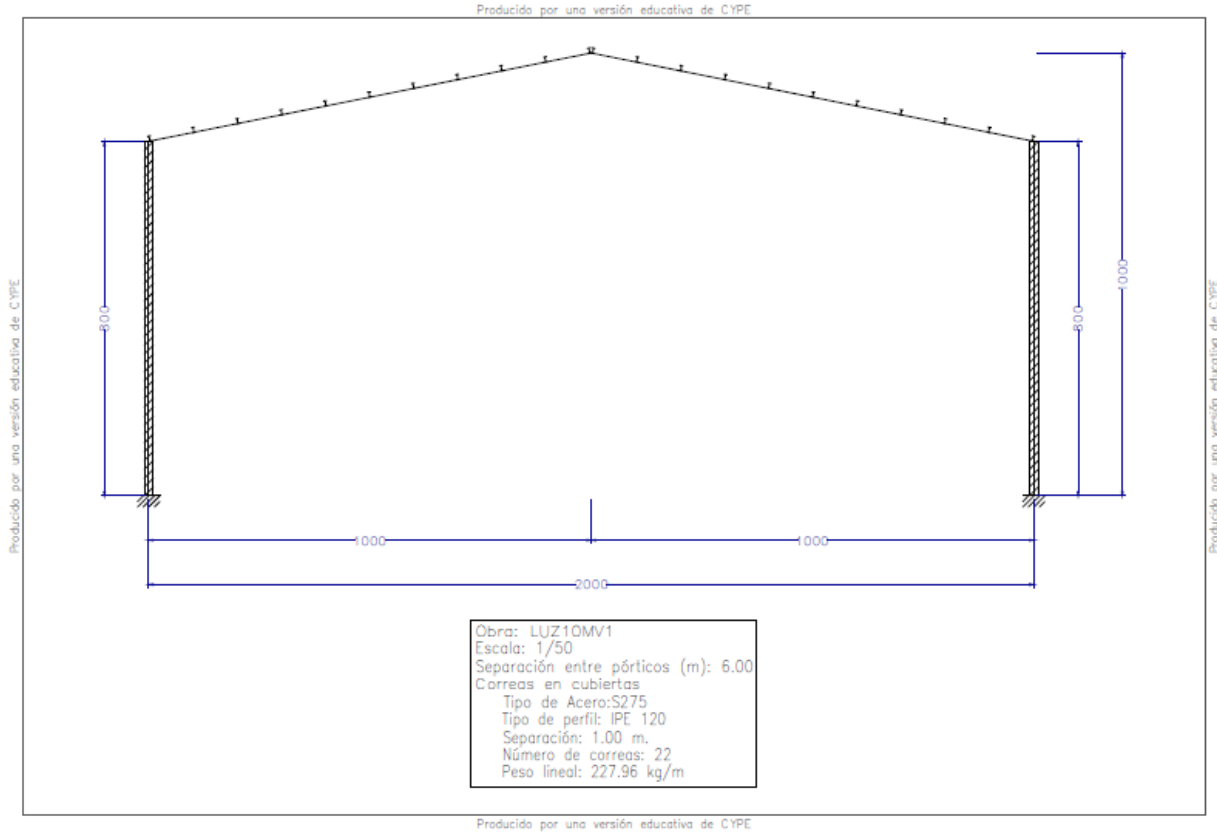
Donde:

- V_{Ed} = esfuerzo solicitante para la combinación de acciones que más carga genera.
- V = esfuerzo cortante solicitante, el cual viene determinado por: $V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$ siendo (A_v) el área transversal cortante la cual se saca mediante la altura del alma (d) y el espesor de esta (t_w), mediante la fórmula: $A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$.

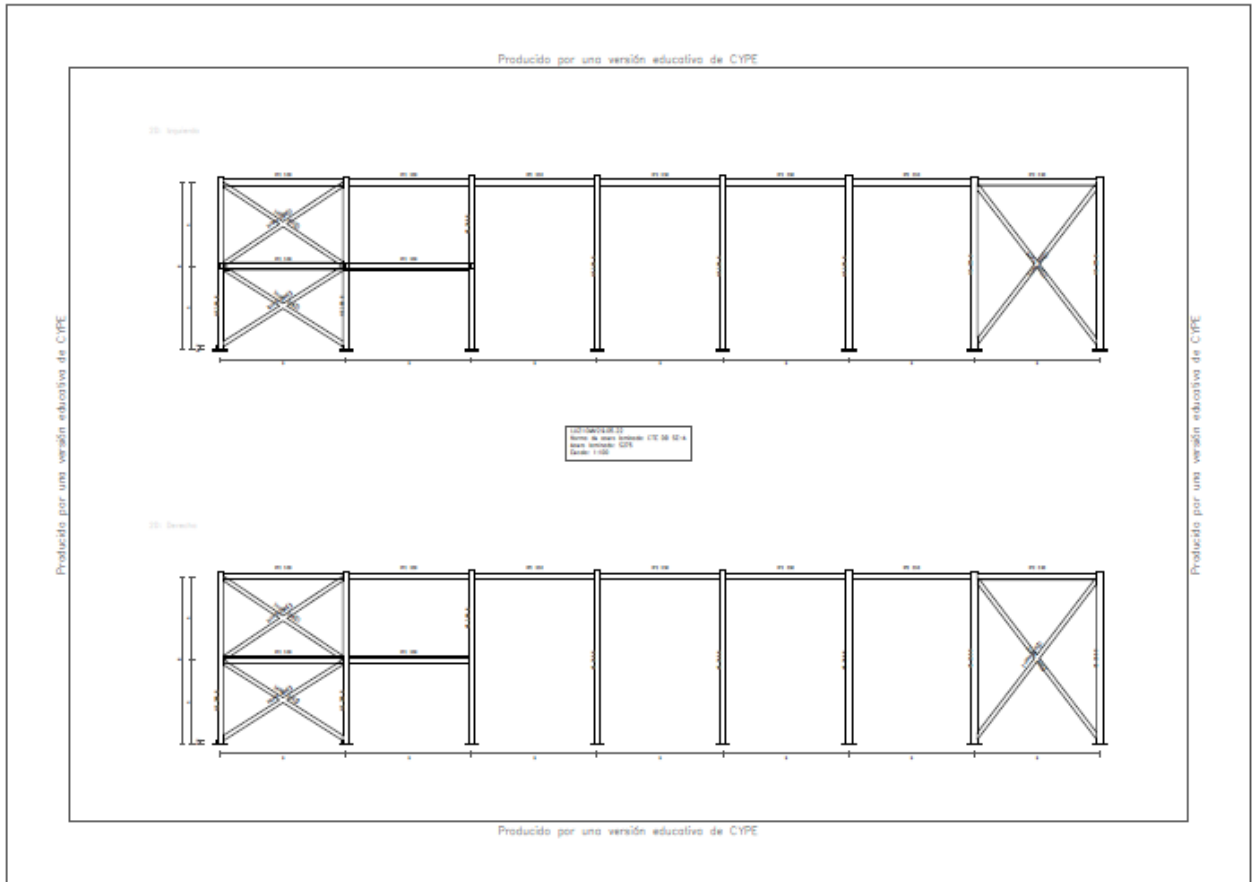
Donde:

- A: área bruta de sección.
- b: ancho de sección.
- t_f = espesor del ala.
- t_w = espesor del alma.
- r = radio de acuerdo entre ala y alma.

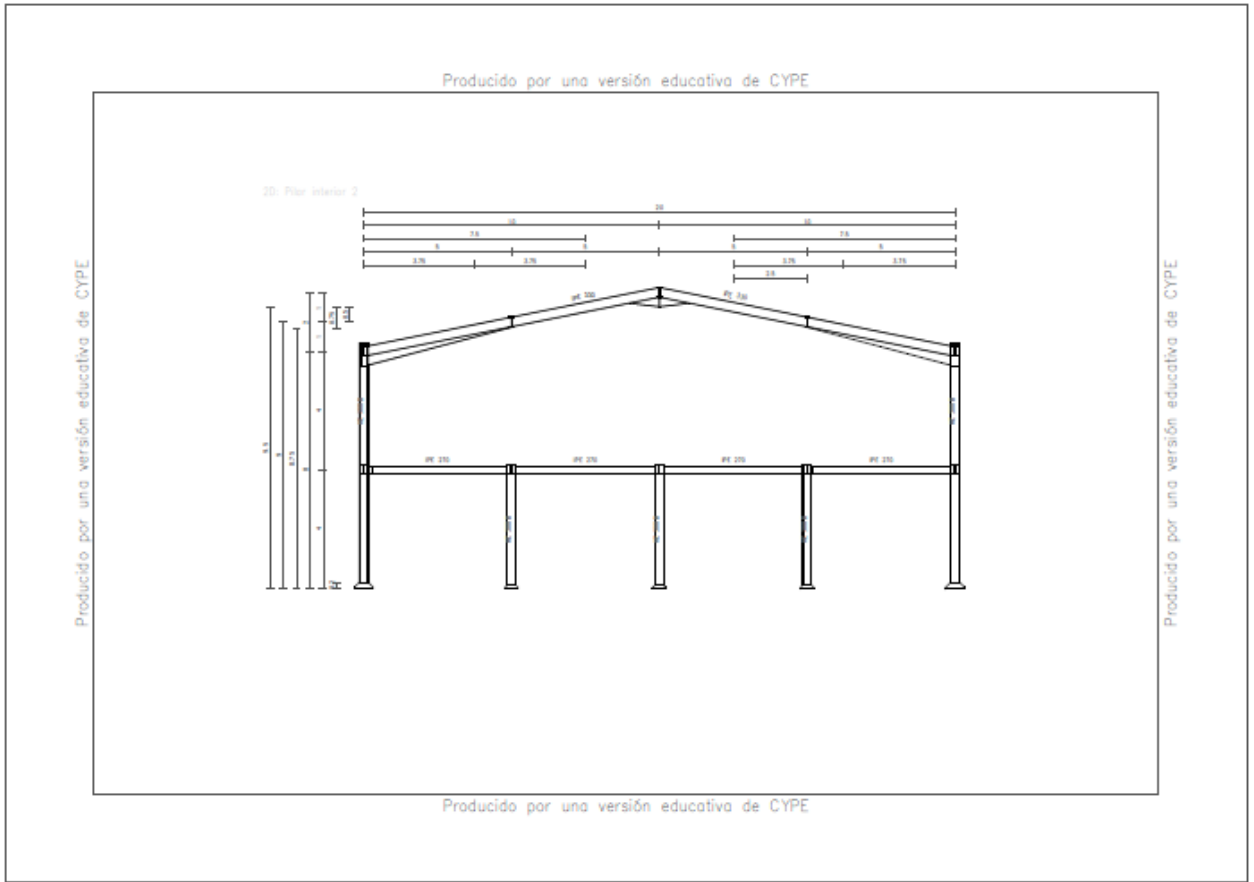
Plano pórtico



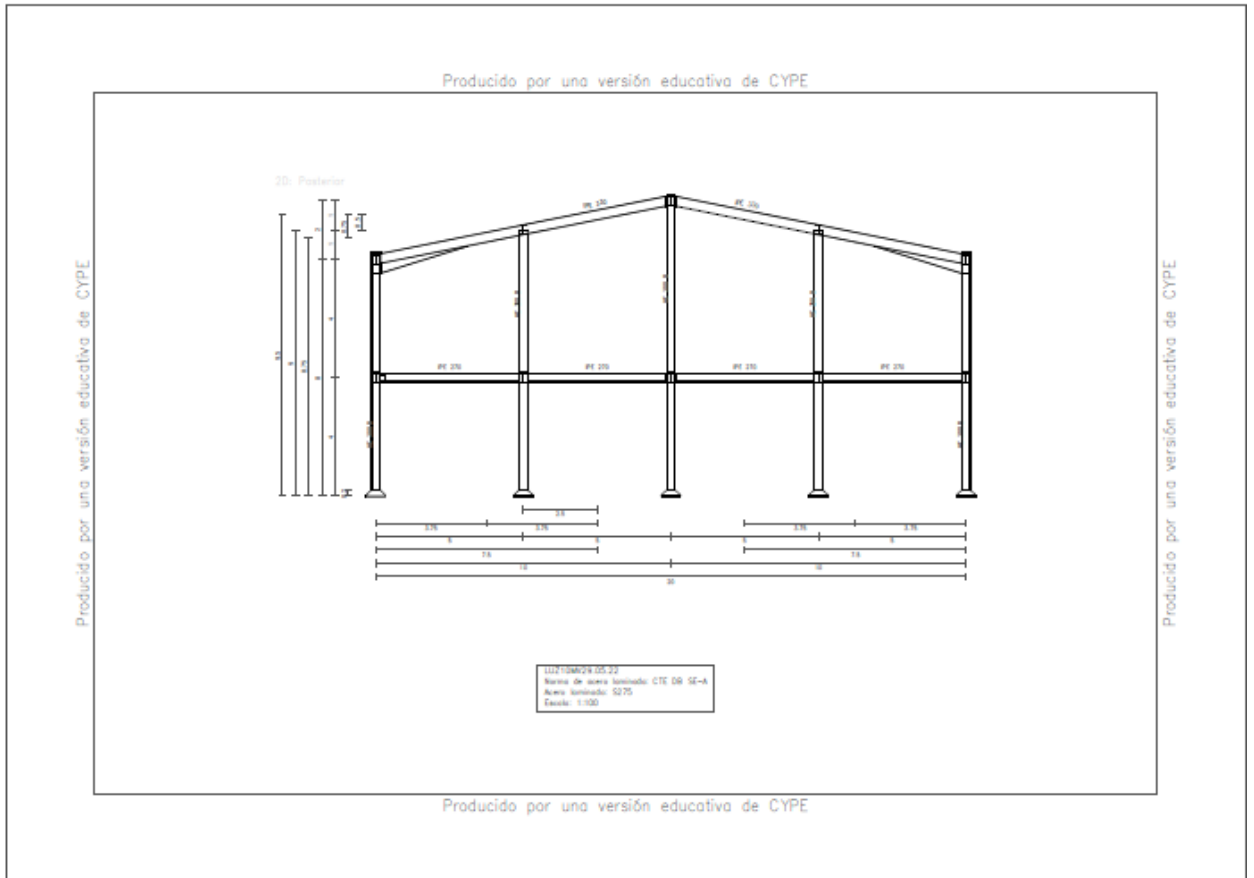
Fachadas laterales



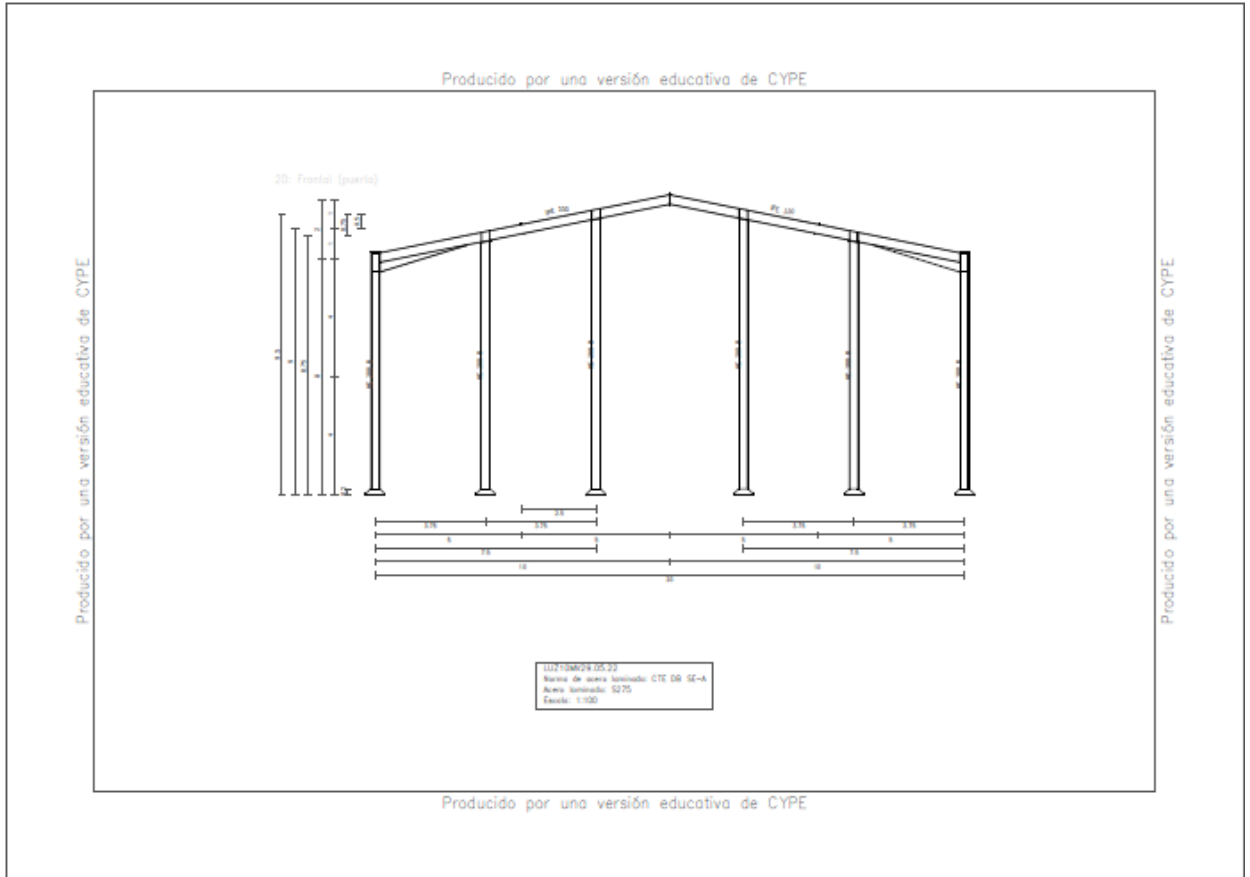
Lateral oficina



Fachada trasera



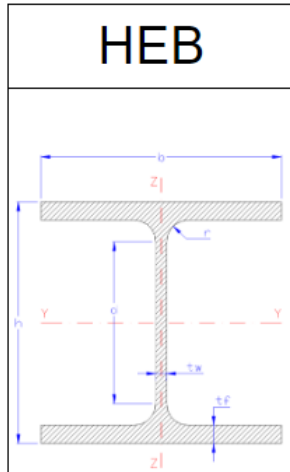
Fachada puerta



8.3 FICHA TÉCNICAS

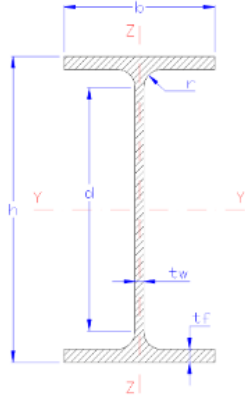
Prontuario HEB

HEB	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y MECÁNICAS DE LA SERIE														
	HEB	Dimensiones						Sección	Peso	Propiedades de la Sección					
		h mm	b mm	t _w mm	t _r mm	r mm	d mm			Referido al eje y-y			Referido al eje z-z		
							A cm ²	G Kg/m	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm	
HEB 100	100	100	6	10	12	56	26	20.4	450	89.9	4.16	167	33.5	2.53	
HEB 120	120	120	6.5	11	12	74	34	26.7	864	144	5.04	318	52.9	3.06	
HEB 140	140	140	7	12	12	92	43	33.7	1,510	216	5.93	550	78.5	3.58	
HEB 160	160	160	8	13	15	104	54.3	42.6	2,490	311	6.78	889	111	4.05	
HEB 180	180	180	8.5	14	15	122	65.3	51.2	3,830	426	7.66	1,360	151	4.57	
HEB 200	200	200	9	15	18	134	78.1	61.3	5,700	570	8.54	2,000	200	5.07	
HEB 220	220	220	9.5	16	18	152	91	71.5	8,090	736	9.43	2,840	258	5.59	
HEB 240	240	240	10	17	21	164	106	83.2	11,260	938	10.3	3,920	327	6.08	
HEB 260	260	260	10	17.5	24	177	118	93	14,920	1,150	11.2	5,130	395	6.58	
HEB 280	280	280	10.5	18	24	196	131	103	19,270	1,380	12.1	6,590	471	7.09	
HEB 300	300	300	11	19	27	208	149	117	25,170	1,680	13	8,560	571	7.58	
HEB 320	320	300	11.5	20.5	27	225	161	127	30,820	1,930	13.8	9,240	616	7.57	
HEB 340	340	300	12	21.5	27	243	171	134	36,660	2,160	14.6	9,690	646	7.53	
HEB 360	360	300	12.5	22.5	27	261	181	142	43,190	2,400	15.5	10,140	676	7.49	
HEB 400	400	300	13.5	24	27	298	198	155	57,680	2,880	17.1	10,820	721	7.4	
HEB 450	450	300	14	26	27	344	218	171	79,890	3,550	19.1	11,720	781	7.33	
HEB 500	500	300	14.5	28	27	390	239	187	107,200	4,290	21.2	12,620	842	7.27	
HEB 550	550	300	15	29	27	438	254.1	199	136,691	4,970	23.2	13,077	872	7.17	
HEB 600	600	300	15.5	30	27	486	270	212	171,041	5,790	25.2	13,350	902	7.08	
HEB 650	650	300	16	31	27	534	286.3	225	210,616	6,480	27.1	13,984	932	6.99	
HEB 700	700	300	17	32	27	582	306.4	241	256,888	7,340	29	14,441	963	6.87	
HEB 800	800	300	17.5	33	30	674	334.2	262	359,083	8,980	32.8	14,904	994	6.68	
HEB 900	900	300	18.5	35	30	770	371.3	291	494,065	10,980	36.5	15,816	1,050	6.53	
HEB 1000	1000	300	19	36	30	868	400	314	664,748	12,890	40.1	16,276	1,090	6.38	



Prontuario IPE

IPE	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y MECÁNICAS DE LA SERIE														
	IPE	Dimensiones						Sección A cm ²	Peso G Kg/m	Propiedades de la Sección					
		h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	d mm			Referido al eje y-y			Referido al eje z-z		
ly cm ⁴	Wy cm ³	iy cm	Iz cm ⁴	Wz cm ³	iz cm										
IPE 80	80	46	3.8	5.2	5	59.6	7.64	6	80.14	20.03	3.24	8.49	3.69	1.05	
IPE 100	100	55	4.1	5.7	7	74.6	10.32	8.1	171	34.2	4.07	15.9	5.79	1.24	
IPE 120	120	64	4.4	6.3	7	93.4	13.2	10.4	318	53	4.9	27.7	8.65	1.45	
IPE 140	140	73	4.7	6.9	7	112.2	16.4	12.9	541	77.3	5.74	44.9	12.3	1.65	
IPE 160	160	82	5	7.4	9	127.2	20.1	15.8	869	109	6.58	68.3	16.7	1.84	
IPE 180	180	91	5.3	8	9	146	23.9	18.8	1,320	146	7.42	101	22.2	2.05	
IPE 200	200	100	5.6	8.5	12	159	28.5	22.4	1,940	194	8.26	142	28.5	2.24	
IPE 220	220	110	5.9	9.2	12	177.6	33.4	26.2	2,770	252	9.11	205	37.3	2.48	
IPE 240	240	120	6.2	9.8	15	190.4	39.1	30.7	3,890	324	9.97	284	47.3	2.69	
IPE 270	270	135	6.6	10.2	15	219.6	45.9	36.1	5,790	429	11.2	420	62.2	3.02	
IPE 300	300	150	7.1	10.7	15	248.6	53.8	42.2	8,360	557	12.5	604	80.5	3.35	
IPE 330	330	160	7.5	11.5	18	271	62.6	49.1	11,770	713	13.7	788	98.5	3.55	
IPE 360	360	170	8	12.7	18	298.6	72.7	57.1	16,270	904	15	1,040	123	3.79	
IPE 400	400	180	8.6	13.5	21	331	84.5	66.3	23,130	1,160	16.5	1,320	146	3.95	
IPE 450	450	190	9.4	14.6	21	378.8	98.8	77.6	33,740	1,500	18.5	1,680	176	4.12	
IPE 500	500	200	10.2	16	21	426	116	90.7	48,200	1,930	20.4	2,140	214	4.31	
IPE 550	550	210	11.1	17.2	24	467.6	134	106	67,120	2,440	22.3	2,670	254	4.45	
IPE 600	600	220	12	19	24	514	156	122	92,080	3,070	24.3	3,390	308	4.66	



8.4 MEDICIONES

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N1/N2	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N3/N4	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N2/N5	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N4/N5	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N6/N7	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N8/N9	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N7/N10	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N9/N10	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N11/N12	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N13/N14	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N12/N15	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N14/N15	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N16/N17	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N18/N19	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N17/N20	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N19/N20	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N21/N22	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N23/N24	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N22/N25	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N24/N25	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N26/N27	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N28/N29	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N27/N30	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N29/N30	IPE 330 (IPE)	10.198	0.106	642.01
		N31/N32	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N33/N34	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N32/N35	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N34/N35	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N36/N37	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N38/N39	HE 300 B (HEB)	8.000	0.119	936.35
		N37/N40	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N39/N40	IPE 330 (IPE)	10.198	0.085	571.57
		N41/N42	HE 300 B (HEB)	9.500	0.142	1111.91
		N43/N44	HE 300 B (HEB)	9.500	0.142	1111.91
		N45/N46	HE 300 B (HEB)	8.750	0.130	1024.13
		N47/N48	HE 300 B (HEB)	8.750	0.130	1024.13
		N49/N50	HE 300 B (HEB)	9.000	0.134	1053.39
		N51/N40	HE 300 B (HEB)	10.000	0.149	1170.43
		N52/N53	HE 300 B (HEB)	9.000	0.134	1053.39
		N57/N56	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N58/N57	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N54/N58	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N56/N55	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N61/N62	HE 300 B (HEB)	4.000	0.060	468.17
		N63/N64	HE 300 B (HEB)	4.000	0.060	468.17
		N65/N66	HE 300 B (HEB)	4.000	0.060	468.17
		N66/N64	IPE 330 (IPE)	5.000	0.031	245.71
		N64/N62	IPE 330 (IPE)	5.000	0.031	245.71
		N62/N60	IPE 330 (IPE)	5.000	0.031	245.71
		N59/N66	IPE 330 (IPE)	5.000	0.031	245.71
		N69/N70	HE 300 B (HEB)	4.000	0.060	468.17
		N71/N72	HE 300 B (HEB)	4.000	0.060	468.17
		N73/N74	HE 300 B (HEB)	4.000	0.060	468.17
		N74/N72	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N72/N70	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N70/N68	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16
		N67/N74	IPE 270 (IPE)	5.000	0.023	180.16

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N7/N12	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N12/N17	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N17/N22	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N22/N27	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N27/N32	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N32/N37	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N2/N7	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N10/N15	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N15/N20	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N20/N25	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N25/N30	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N30/N35	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N35/N40	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N5/N10	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N9/N14	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N14/N19	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N19/N24	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N24/N29	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N29/N34	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N34/N39	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N4/N9	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N75/N53	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N76/N50	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N77/N78	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N79/N80	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N66/N58	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N74/N66	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N64/N57	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N72/N64	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N62/N56	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N70/N62	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N59/N54	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N67/N59	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N60/N55	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N68/N60	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N2/N80	2xUPN 200([UPN])	7.874	0.051	398.06
		N80/N5	2xUPN 200([UPN])	7.874	0.051	398.06
		N78/N5	2xUPN 200([UPN])	7.874	0.051	398.06
		N4/N78	2xUPN 200([UPN])	7.874	0.051	398.06
		N7/N79	2xUPN 200([UPN])	7.874	0.051	398.06
		N79/N10	2xUPN 200([UPN])	7.874	0.051	398.06

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N77/N10	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N9/N77	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N54/N32	2xUPN 200([]) (UPN)	7.211	0.046	364.55
		N32/N53	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N53/N35	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N50/N35	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N34/N50	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N55/N34	2xUPN 200([]) (UPN)	7.211	0.046	364.55
		N60/N39	2xUPN 200([]) (UPN)	7.211	0.046	364.55
		N39/N76	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N76/N40	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N75/N40	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N37/N75	2xUPN 200([]) (UPN)	7.874	0.051	398.06
		N59/N37	2xUPN 200([]) (UPN)	7.211	0.046	364.55
		N81/N55	2xUPN 200([]) (UPN)	7.102	0.046	359.04
		N82/N60	2xUPN 200([]) (UPN)	7.102	0.046	359.04
		N83/N9	2xUPN 200([]) (UPN)	9.841	0.063	497.49
		N84/N4	2xUPN 200([]) (UPN)	9.841	0.063	497.49
		N7/N85	2xUPN 200([]) (UPN)	9.841	0.063	497.49
		N86/N2	2xUPN 200([]) (UPN)	9.841	0.063	497.49
		N87/N54	2xUPN 200([]) (UPN)	7.102	0.046	359.04
		N88/N59	2xUPN 200([]) (UPN)	7.102	0.046	359.04
		N89/N76	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N90/N89	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N91/N75	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N92/N91	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N93/N92	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N94/N93	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N80/N94	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N95/N90	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N96/N95	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85
		N78/N96	IPE 330 (IPE)	6.000	0.038	294.85

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final

8.5 COMPROBACIONSE E.L.U

1.1.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Nota: Se muestra el listado completo de comprobaciones realizadas para las 10 barras con mayor coeficiente de aprovechamiento.

Barra N75/N35

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 3.00 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)
N75	N35	5.099	103.27	52010.55	1181.58	40.35	0.00	154.21
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N75) ⁽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	1.00	1.00	0.20	1.00			
	L _K	5.099	5.099	1.000	5.099			
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.66} \quad \checkmark$$

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} : 628.16 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. $N_{cr,Y} : \underline{9382.58} \text{ kN}$
- b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,Z} : \underline{628.16} \text{ kN}$
- c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{1923.77} \text{ kN}$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{28.06} \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$
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.	$L_{ky} : \underline{5.099} \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{5.099} \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{5.099} \text{ m}$
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_o : \underline{14.16} \text{ cm}$

Siendo:

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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE, 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 : <u>307.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>23.03</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>18.40</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)

Se debe satisfacer:

η : 0.051 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : 83.09 kN

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

$N_{t,Rd}$: 1639.52 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>62.60</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.127} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.437} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N75, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{208.30} \text{ kN}$$

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.

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

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

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

f_{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: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{476.84} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

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

$$\chi_z : \underline{0.29}$$

$$\chi_T : \underline{0.63}$$

$$\phi_y : \underline{0.62}$$

$$\phi_z : \underline{2.12}$$

$$\phi_T : \underline{1.07}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.43}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.66}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.95}$$

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

$$N_{cr} : \underline{628.16} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{9382.58} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{628.16} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{1923.77} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.280} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.580} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{27.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{59.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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)

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{204.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{101.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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.

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.97}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.48}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.56}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{1.38}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.34}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT^+} : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_{LT^-} : \underline{1.19}$$

M_{cr}: Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\mathbf{M}_{cr^+} : \underline{2681.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{cr^-} : \underline{156.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M_{cr}** se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$\mathbf{M}_{LTv^+} : \underline{609.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{LTv^-} : \underline{119.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$\mathbf{M}_{LTw^+} : \underline{2610.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{LTw^-} : \underline{100.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

W_{el,y}: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$\mathbf{W}_{el,y} : \underline{713.33} \text{ cm}^3$$

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

$$\mathbf{I}_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{28.06} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c⁺: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$\mathbf{L}_{c^+} : \underline{1.000} \text{ m}$$

L_c⁻: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$\mathbf{L}_{c^-} : \underline{5.099} \text{ m}$$

C₁: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$\mathbf{C}_1 : \underline{1.00}$$

i_{f,z}: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$\mathbf{i}_{f,z^+} : \underline{4.20} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_{f,z^-} : \underline{4.20} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.016} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N75, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N75, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

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

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_{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:

$$\eta : \underline{0.089} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 41.50$ kN

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

$V_{c,Rd} : 465.77$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 30.80$ cm²

Siendo:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra. $A : 62.60$ cm²

b : Ancho de la sección. $b : 160.00$ mm

t_f : Espesor del ala. $t_f : 11.50$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : 7.50$ mm

r : Radio de acuerdo entre ala y alma. $r : 18.00$ 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_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : 1.05$

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 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : 36.13$

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

ϵ : Factor de reducción. $\epsilon : 0.92$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : 235.00$ 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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

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)

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

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

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

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

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

$$5.99 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^simo. $V_{Ed} : \underline{5.99} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$

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 p^simo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$0.13 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^simo. $V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.404} \checkmark$

$\eta : \underline{0.725} \checkmark$

$\eta : \underline{0.971} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N35, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : $\frac{202.82}{1}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : $\frac{58.63}{1}$ kN·m M_{z,Ed} : $\frac{0.06}{1}$ 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 : $\frac{1}{1}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : $\frac{1639.52}{1}$ 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} : $\frac{210.57}{1}$ kN·m M_{pl,Rd,z} : $\frac{40.33}{1}$ kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{62.60}{1}$ cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : $\frac{804.00}{1}$ cm ³ W_{pl,z} : $\frac{154.00}{1}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{261.90}{1}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\frac{275.00}{1}$ MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : $\frac{1.05}{1}$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.03}{1}$$

$$k_z : \frac{1.60}{1}$$

$$k_{y,LT} : \frac{0.94}{1}$$

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

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{1}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{1}$$

$$C_{m,LT} : \frac{1.00}{1}$$

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

$$\chi_y : \frac{0.95}{1}$$

$$\chi_z : \frac{0.29}{1}$$

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \frac{0.48}{1}$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.43}{1}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{1.66}{1}$$

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 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$5.99 \text{ kN} \leq 232.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{5.99} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{465.32} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{3.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

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

f_y : 275.00 MPa
 γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

η : 0.089 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N35, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 41.50 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 465.12 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 465.77 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 0.53 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 24.40 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 cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta < \underline{0.001} ✓$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

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

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{598.24} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

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

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

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.

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

Barra N16/N17

Perfil: HE 300 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N16	N17	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	1.00	0.00		
	L _K	5.600	5.600	8.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>25170.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>1688000.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.600</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.600</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>8.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>15.04</u> cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>12.99</u> cm
y_o , z_o : 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 : <u>7.58</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>262.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>11.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>28.82</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>57.00</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.
Siendo:

$f_{yf} : \underline{265.00}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.010}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N16, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed} : \underline{37.68}$ kN

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

$N_{t,Rd} : \underline{3763.00}$ kN

Donde:

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

$A : \underline{149.10}$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ 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:

$\eta : \underline{0.036}$ ✓

$\eta : \underline{0.057}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{136.82}$ kN

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

$N_{c,Rd} : \underline{3763.00}$ 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 : 149.10 cm²

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 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:

$N_{b,Rd} : \underline{2407.76}$ kN

Donde:

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

A : 149.10 cm²

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

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.89

χ_z : 0.64

χ_T : 0.75

Siendo:

φ_y : 0.67

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.702} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.890} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N16, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{331.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N16, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{82.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.79}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.89}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{0.00}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.81}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.00}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{752.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{\infty}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{651.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{\infty}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{375.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{\infty}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{189.18} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{8.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{0.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.117} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N16, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{80.89} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{47.45} \text{ cm}^2$$

Siendo:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{19.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{27.00} \text{ mm}$$

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.

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

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:

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.91}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

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 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 $V_{c,Rd}$.

$$75.60 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{75.60} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$0.03 \text{ kN} \leq 876.31 \text{ kN} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.735} \checkmark$

$\eta : \underline{0.936} \checkmark$

$\eta : \underline{0.936} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N16, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : $\frac{121.79}{}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : $\frac{331.25}{}$ kN·m
	M_{z,Ed}⁻ : $\frac{0.02}{}$ kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : $\frac{1}{}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : $\frac{3763.00}{}$ 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} : $\frac{471.70}{}$ kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{149.10}{}$ cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : $\frac{1869.00}{}$ cm ³
	W_{pl,z} : $\frac{870.10}{}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{252.38}{}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\frac{265.00}{}$ MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : $\frac{1.05}{}$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.01}{}$$

$$k_z : \frac{1.05}{}$$

$$k_{y,LT} : \frac{0.99}{}$$

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

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

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

$$C_{m,LT} : \frac{1.00}{}$$

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

$$\chi_y : \frac{0.89}{}$$

$$\chi_z : \frac{0.64}{}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

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

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

$$\chi_{LT} : \underline{0.79}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$75.60 \text{ kN} \leq 345.63 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \underline{75.60} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{691.26} \text{ kN}$$

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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(90^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{14.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

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

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

Se debe satisfacer:

η : 0.117 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N16, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 80.89 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 691.26 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 691.40 kN

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

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 99.57 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 cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1752.54} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

Barra N18/N19

Perfil: HE 300 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N18	N19	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	0.00	1.00		
	L _K	5.600	5.600	0.000	8.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>25170.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>1688000.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.600</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.600</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>8.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>15.04</u> cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>12.99</u> cm
y_o , z_o : 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 : <u>7.58</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>262.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>11.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>28.82</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>57.00</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.
Siendo:

f_{yf} : 265.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

η : 0.010 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N18, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed}$: 37.67 kN

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

$N_{t,Rd}$: 3763.00 kN

Donde:

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

A : 149.10 cm²

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

γ_{Mo} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

η : 0.036 ✓

η : 0.057 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{136.78}$ kN

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

$N_{c,Rd} : \underline{3763.00}$ 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 :** 149.10 cm²

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 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:

$N_{b,Rd} : \underline{2407.76}$ kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 149.10 cm²

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_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.89

χ_z : 0.64

χ_T : 0.75

Siendo:

φ_y : 0.67

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.702} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.890} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{82.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{331.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.00}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.79}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{0.89}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.81}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{cr}^- : \underline{752.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{651.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{375.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{189.18} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{8.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.117} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{80.89} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{47.45} \text{ cm}^2$$

Siendo:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{19.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{27.00} \text{ mm}$$

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.

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

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:

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.91}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

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 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 $V_{c,Rd}$.

$$75.60 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 75.60 kN

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

$V_{c,Rd}$: 691.40 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 $V_{c,Rd}$.

0.03 kN ≤ 876.31 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 0.03 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1752.63 kN

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

Se debe satisfacer:

η : 0.735 ✓

Barra N18/N19

Perfil: HE 300 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N18	N19	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	0.00	1.00		
	L _K	5.600	5.600	0.000	8.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>25170.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>1688000.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.600</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.600</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>8.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>15.04</u> cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>12.99</u> cm
y_o , z_o : 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 : <u>7.58</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>262.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>11.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>28.82</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>57.00</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.
Siendo:

$f_{yf} : \underline{265.00}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.010}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N18, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed} : \underline{37.67}$ kN

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

$N_{t,Rd} : \underline{3763.00}$ kN

Donde:

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

$A : \underline{149.10}$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ 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:

$\eta : \underline{0.036}$ ✓

$\eta : \underline{0.057}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{136.78}$ kN

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

$N_{c,Rd} : \underline{3763.00}$ 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 :** 149.10 cm²

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 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:

$N_{b,Rd} : \underline{2407.76}$ kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 149.10 cm²

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_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1} :** 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.89

χ_z : 0.64

χ_T : 0.75

Siendo:

φ_y : 0.67

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.702} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.890} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{82.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{331.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.00}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.79}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{0.89}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.81}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{cr}^- : \underline{752.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{651.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{375.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{189.18} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{8.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.117} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{80.89} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{47.45} \text{ cm}^2$$

Siendo:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{19.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{27.00} \text{ mm}$$

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.

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

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:

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.91}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

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 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 $V_{c,Rd}$.

$$75.60 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 75.60 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 691.40 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 $V_{c,Rd}$.

0.03 kN ≤ 876.31 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.03 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 1752.63 kN

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

Se debe satisfacer:

η : 0.735 ✓

η : 0.935 ✓

η : 0.935 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : $\frac{121.75}{}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : $\frac{331.20}{}$ kN·m
	M_{z,Ed} : $\frac{0.02}{}$ kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : $\frac{1}{}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : $\frac{3763.00}{}$ 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} : $\frac{471.70}{}$ kN·m
	M_{pl,Rd,z} : $\frac{219.60}{}$ kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{149.10}{}$ cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : $\frac{1869.00}{}$ cm ³
	W_{pl,z} : $\frac{870.10}{}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{252.38}{}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\frac{265.00}{}$ MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : $\frac{1.05}{}$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.01}{}$$

$$k_z : \frac{1.05}{}$$

$$k_{y,LT} : \frac{0.99}{}$$

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

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

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

$$C_{m,LT} : \frac{1.00}{}$$

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

$$\chi_y : \frac{0.89}{}$$

$$\chi_z : \frac{0.64}{}$$

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \frac{0.79}{}$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.49}{}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.84}{}$$

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 para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

75.60 kN ≤ 345.63 kN ✓

Donde:

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

$V_{Ed,z} : \underline{75.60} \text{ kN}$

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

$V_{c,Rd,z} : \underline{691.26} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(90^\circ)H2 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$M_{T,Rd} : \underline{14.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.117} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N18, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{80.89} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{691.26} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

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

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$

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

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

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{1752.54} \text{ kN}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

Barra N21/N22

Perfil: HE 300 B							
Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	
N21	N22	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18	
Notas:							
⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado							
⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		0.70	0.70	1.00	0.00		
L_K		5.600	5.600	8.000	0.000		
C_m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1		-		1.000			
Notación:							
β : Coeficiente de pandeo							
L_K : Longitud de pandeo (m)							
C_m : Coeficiente de momentos							
C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

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

I_y : 25170.00 cm⁴

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

I_z : 8563.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 189.18 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 1688000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

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

L_{ky} : 5.600 m

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

L_{kz} : 5.600 m

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

L_{kt} : 8.000 m

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

i_o : 15.04 cm

Siendo:

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

i_y : 12.99 cm

i_z : 7.58 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, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$23.82 \leq 169.05$ ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>262.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>11.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>28.82</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>57.00</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>265.00</u> MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

η : 0.010 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N21, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : 38.23 kN

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

$N_{t,Rd}$: 3763.00 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A**: 149.10 cm²
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_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}**: 1.05

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

Se debe satisfacer:

η: 0.034 ✓

η: 0.053 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}**: 127.42 kN

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

N_{c,Rd}: 3763.00 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**: 149.10 cm²
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_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}**: 1.05

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{2407.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.64}$$

$$\chi_T : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.67}$$

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.640} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.811} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N21, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{301.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N21, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{79.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

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_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : 0.79

χ_{LT}^- : 1.00

Siendo:

ϕ_{LT}^+ : 0.89

ϕ_{LT}^- : 0.00

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.21

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: 0.81

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: 0.00

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

M_{cr}^+ : 752.50 kN·m

M_{cr}^- : ∞

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^+ : 651.87 kN·m

M_{LTv}^- : ∞

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^+ : 375.93 kN·m

M_{LTw}^- : ∞

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y}$: 1678.00 cm³

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_c⁺ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c⁺ : <u>8.000</u> m
L_c⁻ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c⁻ : <u>0.000</u> m
C₁ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	C₁ : <u>1.00</u>
i_{f,z}⁺ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	i_{f,z}⁺ : <u>8.32</u> cm
	i_{f,z}⁻ : <u>8.32</u> cm

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

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

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

M_{Ed}⁺ : 0.20 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM+1.05·Q(B)+1.5·V(270°)H1.

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

M_{Ed}⁻ : 0.22 kN·m

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

M_{c,Rd} : 219.60 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

W_{pl,z} : 870.10 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.

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.107}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N21, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$V_{Ed} : \underline{74.20}$ kN

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

$V_{c,Rd} : \underline{691.40}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$A_v : \underline{47.45}$ cm²

Siendo:

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

$A : \underline{149.10}$ cm²

b : Ancho de la sección.

$b : \underline{300.00}$ mm

t_f : Espesor del ala.

$t_f : \underline{19.00}$ mm

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{11.00}$ mm

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$r : \underline{27.00}$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ MPa

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

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

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

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

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltéz del alma.} \quad \lambda_w : \underline{18.91}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltéz máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{65.92}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

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

γ_{Mo} : 1.05

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

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

68.90 kN ≤ 345.70 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 68.90 kN

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

$V_{c,Rd}$: 691.40 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 $V_{c,Rd}$.

0.03 kN ≤ 876.31 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 0.03 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1752.63 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.670} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.853} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.854} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N21, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{112.36} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed^+} : \underline{301.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed^-} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{3763.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.05}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

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

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.64}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.79}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

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

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$68.90 \text{ kN} \leq 345.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{68.90} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{691.17} \text{ kN}$$

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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{14.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N21, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{74.20} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{691.17} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.12} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1752.14} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{0.10} \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Barra N23/N24

Perfil: HE 300 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N23	N24	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	0.00	1.00		
	L _K	5.600	5.600	0.000	8.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>25170.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>1688000.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.600</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.600</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>8.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>15.04</u> cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>12.99</u> cm
y_o , z_o : 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 : <u>7.58</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>262.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>11.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>28.82</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>57.00</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.
Siendo:

$f_{yf} : \underline{265.00}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.010}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N23, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed} : \underline{38.24}$ kN

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

$N_{t,Rd} : \underline{3763.00}$ kN

Donde:

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

$A : \underline{149.10}$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ 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:

$\eta : \underline{0.034}$ ✓

$\eta : \underline{0.053}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{127.38}$ kN

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

$N_{c,Rd} : \underline{3763.00}$ 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** : 149.10 cm²

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 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:

$N_{b,Rd} : \underline{2407.76}$ kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 149.10 cm²

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_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.89

χ_z : 0.64

χ_T : 0.75

Siendo:

φ_y : 0.67

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.640} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.811} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N23, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{79.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{301.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.00}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.79}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{0.89}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.81}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{cr}^- : \underline{752.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{651.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{375.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{189.18} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{8.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

Resistencia a 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 en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{74.18} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{47.45} \text{ cm}^2$$

Siendo:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{19.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{27.00} \text{ mm}$$

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.

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

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:

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.91}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.94}$$

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)

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

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 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 $V_{c,Rd}$.

$$68.88 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 68.88 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 691.40 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 $V_{c,Rd}$.

$0.03 \text{ kN} \leq 876.31 \text{ kN}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.03 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 1752.63 kN

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

Se debe satisfacer:

η : 0.670 ✓

η : 0.853 ✓

η : 0.854 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>112.35</u> kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>301.95</u> kN·m M_{z,Ed} : <u>0.04</u> kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>3763.00</u> 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} : <u>471.70</u> kN·m M_{pl,Rd,z} : <u>219.60</u> kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : <u>149.10</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>1869.00</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>870.10</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>252.38</u> MPa
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>265.00</u> MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z, k_{y,LT} : Coeficientes de interacción.	
	k_y : <u>1.01</u>
	k_z : <u>1.05</u>
	k_{y,LT} : <u>0.99</u>
C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>1.00</u> C_{m,z} : <u>1.00</u> C_{m,LT} : <u>1.00</u>
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.89</u> χ_z : <u>0.64</u>
χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	χ_{LT} : <u>0.79</u>
λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>0.49</u> λ̄_z : <u>0.84</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u> α_z : <u>0.60</u>

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$68.88 \text{ kN} \leq 345.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{68.88} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{691.16} \text{ kN}$$

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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{14.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{74.18} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: 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:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{691.16} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.13} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$V_{pl,T,Rd} : 1752.13 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : 1752.63 \text{ kN}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : 0.10 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 99.57 \text{ cm}^3$
 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_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : 1.05$

Barra N13/N14

Perfil: HE 300 B							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)		
N13	N14	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	0.00	1.00		
	L_K	5.600	5.600	0.000	8.000		
	C_m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C_1	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

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

I_y : 25170.00 cm⁴

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

I_z : 8563.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 189.18 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 1688000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

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

L_{ky} : 5.600 m

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

L_{kz} : 5.600 m

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

L_{kt} : 8.000 m

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

i₀ : 15.04 cm

Siendo:

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

i_y : 12.99 cm

i_z : 7.58 cm

y₀ : 0.00 mm

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.

z_0 : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

$$23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 262.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 11.00 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 28.82 cm²

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

$A_{fc,ef}$: 57.00 cm²

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

k : 0.30

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

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

f_{yf} : 265.00 MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N13, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed}$: 36.13 kN

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

$N_{t,Rd}$: 3763.00 kN

Donde:

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

A : 149.10 cm²

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

γ_{Mo} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

η : 0.034 ✓

η : 0.053 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CM+1.05·Q(B)+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

N_{c,Ed} : 127.22 kN

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

N_{c,Rd} : 3763.00 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 : 149.10 cm²

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

γ_{Mo} : 1.05

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{2407.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.64}$$

$$\chi_T : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.67}$$

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.639} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.810} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N13, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{77.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N13, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{301.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

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_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : 1.00

χ_{LT}^- : 0.79

Siendo:

ϕ_{LT}^+ : 0.00

ϕ_{LT}^- : 0.89

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.21

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: 0.00

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: 0.81

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

M_{cr}^+ : ∞

M_{cr}^- : 752.50 kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^+ : ∞

M_{LTv}^- : 651.87 kN·m

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^+ : ∞

M_{LTw}^- : 375.93 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y}$: 1678.00 cm³

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_c⁺ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c⁺ : <u>0.000</u> m
L_c⁻ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c⁻ : <u>8.000</u> m
C₁ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	C₁ : <u>1.00</u>
i_{f,z}⁺ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	i_{f,z}⁺ : <u>8.32</u> cm
	i_{f,z}⁻ : <u>8.32</u> cm

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

Se debe satisfacer:

η : 0.002 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁺** : 0.16 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.05·Q(B)+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻** : 0.53 kN·m

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

M_{c,Rd} : 219.60 kN·m

Donde:

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

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z}** : 870.10 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_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.107}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N13, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$V_{Ed} : \underline{73.93}$ kN

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

$V_{c,Rd} : \underline{691.40}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$A_v : \underline{47.45}$ cm²

Siendo:

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

$A : \underline{149.10}$ cm²

b : Ancho de la sección.

$b : \underline{300.00}$ mm

t_f : Espesor del ala.

$t_f : \underline{19.00}$ mm

t_w : Espesor del alma.

$t_w : \underline{11.00}$ mm

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$r : \underline{27.00}$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ MPa

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

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

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:

18.91 < 65.92 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 18.91

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.07 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1752.63 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 120.28 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 149.10 cm²

d : Altura del alma. d : 262.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 11.00 mm

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

γ_{Mo} : 1.05

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

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

68.63 kN ≤ 345.70 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 68.63 kN

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

$V_{c,Rd}$: 691.40 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 $V_{c,Rd}$.

0.07 kN ≤ 876.31 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 0.07 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1752.63 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.669} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.852} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.853} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.05·Q(B)+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo p^simo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{112.48} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{M}_{y,Ed^-} : \underline{301.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{z,Ed^+} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$\mathbf{N}_{pl,Rd} : \underline{3763.00} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,y} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,z} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{W}_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{W}_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k}_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.05}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

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

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.64}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.79}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

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
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$68.63 \text{ kN} \leq 345.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{68.63} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{691.33} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{14.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N13, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{73.93} \text{ kN}$$

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

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{691.33} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$
γ_{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 para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$
---	--

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$
--	---

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1752.43} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$
$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.	$\tau_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$
γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

Barra N11/N12

Perfil: HE 300 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N11	N12	8.000	149.10	25170.00	8563.00	189.18
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	1.00	0.00		
L _K	5.600	5.600	8.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

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

$\bar{\lambda}$: 0.84 ✓

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 : 149.10 cm²

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

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5659.38 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} : 16635.13 kN

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

N_{cr,z} : 5659.38 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 9189.24 kN

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>25170.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>8563.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>189.18</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>1688000.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.600</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.600</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>8.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>15.04</u> cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>12.99</u> cm
y_o , z_o : 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 : <u>7.58</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>262.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>11.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>28.82</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>57.00</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.
Siendo:

$f_{yf} : \underline{265.00}$ MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.010}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.531 m del nudo N11, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$N_{t,Ed} : \underline{36.13}$ kN

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

$N_{t,Rd} : \underline{3763.00}$ kN

Donde:

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

$A : \underline{149.10}$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ 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:

$\eta : \underline{0.034}$ ✓

$\eta : \underline{0.053}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI).$$

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

$$N_{c,Ed} : \underline{127.22} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{3763.00} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

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 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:

$$N_{b,Rd} : \underline{2407.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.64}$$

$$\chi_T : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.67}$$

$$\phi_z : \underline{1.00}$$

$$\phi_T : \underline{0.83}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.84}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{16635.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{5659.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{9189.24} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.639} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.810} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N11, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{301.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N11, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{77.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{372.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.79}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.89}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{0.00}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.81}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.00}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{752.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{\infty}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{651.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{\infty}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{375.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{\infty}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{189.18} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{8.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{0.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

Resistencia a 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 en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N11, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{73.93} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{47.45} \text{ cm}^2$$

Siendo:

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

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

b : Ancho de la sección.

$$b : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{19.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

r : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{27.00} \text{ mm}$$

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.

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

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:

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.91}$$

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

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 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 $V_{c,Rd}$.

$$68.63 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{68.63} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$0.07 \text{ kN} \leq 876.31 \text{ kN} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.669} \checkmark$

$\eta : \underline{0.852} \checkmark$

$\eta : \underline{0.853} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N11, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : $\frac{112.48}{}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : $\frac{301.59}{}$ kN·m
	M_{z,Ed}⁺ : $\frac{0.03}{}$ 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 : $\frac{1}{}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : $\frac{3763.00}{}$ 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} : $\frac{471.70}{}$ kN·m
	M_{pl,Rd,z} : $\frac{219.60}{}$ kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{149.10}{}$ cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : $\frac{1869.00}{}$ cm ³
	W_{pl,z} : $\frac{870.10}{}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{252.38}{}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : $\frac{265.00}{}$ MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : $\frac{1.05}{}$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.01}{}$$

$$k_z : \frac{1.05}{}$$

$$k_{y,LT} : \frac{0.99}{}$$

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

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

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

$$C_{m,LT} : \frac{1.00}{}$$

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

$$\chi_y : \frac{0.89}{}$$

$$\chi_z : \frac{0.64}{}$$

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \frac{0.79}{}$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.49}{}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.84}{}$$

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

$$\alpha_y : \frac{0.60}{}$$

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

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 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$68.63 \text{ kN} \leq 345.66 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{68.63} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{691.33} \text{ kN}$$

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 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{14.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.107}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.532 m del nudo N11, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$V_{Ed} : \underline{73.93}$ kN

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.00}$ kN·m

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{691.33}$ kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{691.40}$ kN

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{0.04}$ MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{99.57}$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

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

$f_y : \underline{265.00}$ MPa

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

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$$

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

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1752.43} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{99.57} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

Barra N32/N75

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 3.00 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)	z _g ⁽⁴⁾ (mm)
N32	N75	5.099	102.87	51007.40	1181.56	40.27	0.00	151.54
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N32) ⁽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		1.00	1.00	0.20	1.00			
L _K		5.099	5.099	1.000	5.099			
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁		-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								

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

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

$\bar{\lambda}$: 1.74 ✓

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 : 103.94 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} : 941.93 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} : 42818.59 kN

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

N_{cr,z} : 941.93 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{1821.59} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{53713.89} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{1181.61} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{40.47} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{795667.73} \text{ cm}^6$$

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.

$$L_{ky} : \underline{5.099} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{5.099} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{5.099} \text{ m}$$

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

$$i_o : \underline{22.98} \text{ cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{22.73} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.37} \text{ cm}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$73.18 \leq 342.66 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{548.86} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

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

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{41.16} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{A_{fc,ef}} : \underline{18.40} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{k} : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.998 m del nudo N32, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(270°)H1.

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

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{57.64} \text{ kN}$$

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:

$$\eta : \underline{0.081} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.280} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.152 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{133.51} \text{ kN}$$

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.

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

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

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

f_{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: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{476.84} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_z : \underline{0.29}$$

$$\chi_T : \underline{0.63}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \phi_y &: 0.62 \\ \phi_z &: 2.12 \\ \phi_T &: 1.07 \end{aligned}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\begin{aligned} \alpha_y &: 0.21 \\ \alpha_z &: 0.34 \\ \alpha_T &: 0.34 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &: 0.43 \\ \bar{\lambda}_z &: 1.66 \\ \bar{\lambda}_T &: 0.95 \end{aligned}$$

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

$$N_{cr} : 628.16 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : 9382.58 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : 628.16 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : 1923.77 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.281 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.665 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N32, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : 40.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : 120.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{429.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{el,y} : \underline{1638.63} \text{ cm}^3$$

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)

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{415.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{181.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{1638.63} \text{ cm}^3$$

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.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.97}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.42}$$

Siendo:

$$\phi_{LT}^+ : \underline{0.56}$$

$$\phi_{LT}^- : \underline{1.54}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.31}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{5300.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{263.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{896.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{175.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \underline{5224.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{195.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y}^+ : \underline{1681.06} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,y}^- : \underline{1638.63} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1181.61} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{40.47} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{5.099} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.87} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.87} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.020} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.999 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.999 m del nudo N32, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

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_{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:

$$\eta : \underline{0.080} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.965 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{32.89}$ kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : \underline{409.06}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{27.05}$ cm²

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_{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:

$36.13 < 64.71$ ✓

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. $\epsilon : \underline{0.92}$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.00}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.152 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.17}$ kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : \underline{598.42}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{39.58}$ cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{62.60}$ cm²

d : Altura del alma. $d : \underline{307.00}$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{7.50}$ mm

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_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

53.66 kN ≤ 367.06 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{53.66}$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 734.12 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 kN ≤ 438.32 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.17 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 876.64 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.294 ✓

η : 0.689 ✓

η : 0.810 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 137.80 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 120.68 kN·m

$M_{z,Ed}$: 0.11 kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\text{N}_{pl,Rd} : \underline{2722.15} \text{ kN}$$

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.

$$\text{M}_{pl,Rd,y} : \underline{499.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{M}_{pl,Rd,z} : \underline{58.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$\text{A} : \underline{103.94} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\text{W}_{pl,y} : \underline{1905.80} \text{ cm}^3$$

$$\text{W}_{pl,z} : \underline{221.55} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\text{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$\text{k}_y : \underline{1.00}$$

$$\text{k}_z : \underline{1.27}$$

$$\text{k}_{y,LT} : \underline{0.97}$$

C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\text{C}_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$\text{C}_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$\text{C}_{m,LT} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.99}$$

$$\chi_z : \underline{0.27}$$

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.38}$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.26}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.74}$$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

$$53.66 \text{ kN} \leq 366.76 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{53.66} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{733.52} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

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 3.154 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$M_{T,Ed}$: 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:

$$M_{T,Rd} : \underline{3.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.40} \text{ cm}^3$$

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:

$$\eta : \underline{0.080} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p_{simos} se producen en un punto situado a una distancia de 2.965 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p_{simos}.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{32.89} \text{ kN}$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo p_{simos}.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} : \underline{408.68} \text{ kN}$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{pl,Rd}} : \underline{409.06} \text{ kN}$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\mathbf{\tau_{T,Ed}} : \underline{0.34} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W_T} : \underline{31.69} \text{ cm}^3$$

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 cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p_{simos} se producen en un punto situado a una distancia de 3.152 m del nudo N32, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p_{simos}.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.17} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : 598.09 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd} : 598.42 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : 0.21 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : 24.40 \text{ cm}^3$

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_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : 1.05$

Barra N59/N66

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)
N59	N66	5.000	62.60	11770.00	788.00	28.06
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						

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.

$$\bar{\lambda} : \underline{1.62} \quad \checkmark$$

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.

$$\mathbf{A} : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{653.29} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{9757.88} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{653.29} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{28.06} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_o : \underline{14.16} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{3.55} \text{ cm}$$

$$\mathbf{y}_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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.

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

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 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 18.40 cm²

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 53.38 kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 1639.52 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **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 compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : 0.008 ✓

η : 0.027 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM+1.05·Q(B)+1.5·V(0°)H1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 13.18 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:

$$N_{b,Rd} : \underline{492.79} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

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_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

$$\chi_z : \underline{0.30}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.61}$$

$$\phi_z : \underline{2.06}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.42}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.62}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{653.29} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{9757.88} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{653.29} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: 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:

$$\eta : \underline{0.765} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N59, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{161.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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)

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:

$$\eta : \underline{0.294} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N59, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{137.10}$ kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : \underline{465.77}$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{30.80}$ cm²

Siendo:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra. $A : \underline{62.60}$ cm²

b : Ancho de la sección. $b : \underline{160.00}$ mm

t_f : Espesor del ala. $t_f : \underline{11.50}$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{7.50}$ mm

r : Radio de acuerdo entre ala y alma. $r : \underline{18.00}$ mm

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_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

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:

$36.13 < 64.71$ ✓

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. $\epsilon : \underline{0.92}$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{235.00}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ 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 $V_{c,Rd}$.

$$137.04 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N59, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{137.04} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

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:

$$\eta : \underline{0.790} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.745} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N59, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed} : \underline{41.42}$ kN
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{161.09}$ kN·m $M_{z,Ed} : \underline{0.00}$ 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 : $\underline{1}$
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52}$ 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.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57}$ kN·m $M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33}$ kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)	
$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$M_{ef,Ed} : \underline{156.84}$ kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed} : \underline{195.07}$ MPa
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com} : \underline{804.00}$ cm ³
A : Área de la sección bruta.	$A : \underline{62.60}$ cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y} : \underline{210.57}$ kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Q(B).

$$137.04 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{137.04}$ kN
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{465.77}$ 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.

Barra N62/N60

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)
N62	N60	5.000	62.60	11770.00	788.00	28.06
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						

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.

$\bar{\lambda}$: 1.62 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 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} : 653.29 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. $N_{cr,y} : \underline{9757.88} \text{ kN}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{653.29} \text{ kN}$

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.	$I_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{28.06} \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$
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.	$i_0 : \underline{14.16} \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{13.71} \text{ cm}$
	$i_z : \underline{3.55} \text{ cm}$
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.	$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$
	$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$40.93 \leq 256.27$ ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>307.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>23.03</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>18.40</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)

Se debe satisfacer:

η : 0.032 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : 53.13 kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 1639.52 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>62.60</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} : <u>1.05</u>

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.027} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.05 \cdot Q(B) + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{13.35} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{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: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{492.79} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

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) $f_y : 275.00$ MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : 1.05$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.95$

$\chi_z : 0.30$

Siendo:

$\phi_y : 0.61$

$\phi_z : 2.06$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.21$

$\alpha_z : 0.34$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : 0.42$

$\bar{\lambda}_z : 1.62$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 653.29$ kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 9757.88$ kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 653.29$ kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \infty$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.765$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Q(B).

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 161.09$ kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd} : 210.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 804.00 \text{ cm}^3$

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 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:

$\eta : 0.294 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N62, para la combinación de acciones $1.35\cdot PP + 1.35\cdot CM + 1.5\cdot Q(B)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 137.10 \text{ kN}$

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 cm²

Siendo:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra. A : 62.60 cm²

b : Ancho de la sección. b : 160.00 mm

t_f : Espesor del ala. t_f : 11.50 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 7.50 mm

r : Radio de acuerdo entre ala y alma. r : 18.00 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:

36.13 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 36.13

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 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 $V_{c,Rd}$.

$$137.04 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N62, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{137.04} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

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:

$$\eta : \underline{0.790} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.745} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N62, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B) + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{41.17} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed^+} : \underline{161.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. $N_{pl,Rd} : \underline{1639.52}$ 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. $M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57}$ kN·m
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33}$ kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{ef,Ed} : \underline{156.86}$ kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed} : \underline{195.10}$ MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $W_{y,com} : \underline{804.00}$ cm³

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{62.60}$ cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. $M_{b,Rd,y} : \underline{210.57}$ kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N62, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM + 1.5 \cdot Q(B)$.

137.04 kN ≤ 232.88 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z} : \underline{137.04}$ kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z} : \underline{465.77}$ 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.