



**UNIVERSITAT
JAUME·I**

**Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales
Máster en Ingeniería Industrial**

Trabajo Final de Máster

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA
CON CUBIERTA SINGULAR PARA UNA PISCINA
MUNICIPAL CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

Autor: Marc Bort Bellés

Tutor: Carmen Ibáñez Usach

Julio 2019

***A mi familia, por todo su apoyo durante
estos meses de duro trabajo***

***A mis padres, por darme las oportunidades
que ellos no tuvieron***

***A David, Carmen y Héctor, por su ayuda e implicación
en la consecución de este proyecto***

***A mis amigos y compañeros de carrera, por hacer que esta
etapa de mi vida haya sido una experiencia inolvidable***

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: MEMORIA.....	7
CAPÍTULO 2: ANEXOS A LA MEMORIA	45
ANEXO I: Estudio y diseño de la estructura	49
ANEXO II: Cálculos estructurales	73
ANEXO III: Diseño de la instalación de iluminación	177
ANEXO IV: Diseño de la instalación fotovoltaica	193
ANEXO V: Catálogos	225
CAPÍTULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES.....	249
CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO	283
CAPITULO 5: PLANOS	305

CAPÍTULO 1: MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO	11
2. ALCANCE.....	12
3. ANTECEDENTES	13
4. NORMATIVA Y REFERENCIAS.....	16
4.1. Normativa de aplicación al proyecto	16
4.2. Software informático utilizado.....	17
4.3. Bibliografía	17
5. REQUISITOS DE DISEÑO.....	18
5.1. Parcela	18
5.2. Materiales	19
5.2.1. Estructura	19
5.2.2. Cerramientos.....	19
5.2.3. Cimentación	21
5.2.4. Resumen.....	21
5.3. Diseño de la cubierta.....	22
5.4. Instalación de iluminación	23
5.5. Instalación solar fotovoltaica	24
6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	25
6.1. Estudio y diseño de la estructura.....	25
6.2. Instalación de iluminación	26
6.3. Instalación solar fotovoltaica	26
7. DESCRIPCIÓN FINAL DE LA ESTRUCTURA.....	28
7.1. Estructura completa.....	28
7.2. Correas	28
7.3. Pórtico de fachada	30
7.4. Pórtico interior	32
7.5. Viga contraviento	33
7.6. Viga perimetral.....	35
7.7. Arriostramiento lateral.....	36
7.8. Placas de anclaje y cimentaciones	36
8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	42
9. CONCLUSIONES	43

1. OBJETO

El objeto del presente proyecto es el diseño y cálculo de una estructura metálica con cubierta para la piscina municipal de la localidad de Benlloch (Castellón), de forma que pueda adecuarse para su utilización por parte de los habitantes de la localidad y vecinos de los municipios cercanos durante el invierno.

Por otro lado, se complementará el proyecto con el diseño y cálculo de la instalación de iluminación de la piscina, y se estudiará la posibilidad de instalación de tecnología solar fotovoltaica para abastecer los consumos de las instalaciones.

El diseño y cálculo de la estructura se realizará mediante el software informático comercial Cype Ingenieros S.L., siguiendo los estándares establecidos en el Código Técnico de la Edificación, y dentro de él, en sus diferentes Documentos Básicos, así como en las distintas normas UNE en referencia a criterios de elaboración de documentos y planos.

2. ALCANCE

El presente proyecto se centra en el diseño de una estructura metálica destinada a servir como cubierta para una piscina municipal.

Primero, se parte de un análisis y descripción de las instalaciones actuales, obteniendo así una base sólida sobre la que proyectar el diseño de la estructura.

A continuación, se plantean y describen los diferentes modelos estructurales a comparar, estableciendo sus principales propiedades, ventajas e inconvenientes.

Finalmente se realiza un estudio de los diferentes parámetros geométricos que afectan al coste de construcción de la cubierta y se analizan los resultados obtenidos, tras lo cual se extraerán distintas conclusiones que servirán como justificación a la o las soluciones adoptadas.

Por otro lado, se plantearán también varias propuestas para el diseño de la instalación de iluminación, las cuales se analizarán y simularán con el objetivo de elegir la alternativa más recomendable.

Para la selección de soluciones, se establecerán una serie de criterios que servirán para la comparación de las diferentes alternativas propuestas y la selección de la configuración más conveniente.

Por último, se diseñará una pequeña instalación de energía solar fotovoltaica para abastecer los consumos de la piscina y sus usuarios a través de la instalación de un sistema de paneles solares conectados a red.

Los cálculos realizados están relacionados con distintas áreas técnicas. Sin embargo, destacan en gran medida las áreas de ingeniería mecánica y construcción e ingeniería eléctrica. Respecto al proceso de comparación y selección de alternativas, se emplea el método de jerarquías analíticas, que ordena una serie de propuestas en función de un peso asignado previamente a cada uno de los atributos que las relacionan.

El ámbito de aplicación de este proyecto es el sector de la construcción, en instalaciones basadas en una estructura formada a base de pórticos metálicos, y puede servir como referencia para el diseño de instalaciones similares.

El cálculo de los elementos necesarios que conforman la instalación de climatización de la piscina queda fuera del alcance de este proyecto.

3. ANTECEDENTES

Benlloch es un pequeño municipio rural (1060 habitantes, INE 2017) de la Comunidad Valenciana (España), situado al este de la provincia de Castellón, 32 km al norte de la capital.

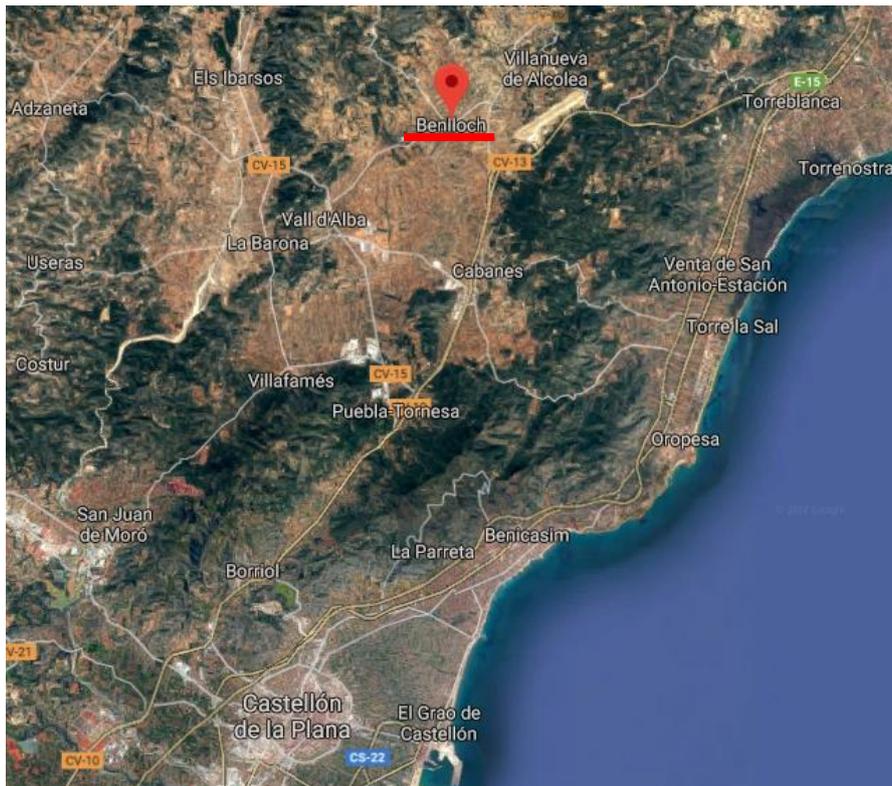


Figura 1.- Ubicación de la localidad de Benlloch. Fuente: Google Maps

Como en la mayoría de poblaciones de este tamaño, se dispone de una pequeña piscina municipal al aire libre, situada en la entrada sudeste del pueblo, cuyo uso actual se limita a la temporada estival y donde solo se oferta un pequeño curso de natación para niños de dos semanas de duración en el mes de julio.



Figura 2.- Ubicación de la piscina municipal de Benlloch. Fuente: Google Maps



Figura 3.- Piscina municipal de Benlloch. Fuente: Benlloch.es

Las piscinas cubiertas más próximas (*Figura 4*) o se encuentran a una distancia considerable de las pequeñas localidades rurales del interior de la provincia, o no disponen por sí solas de suficiente capacidad para cubrir la demanda de usuarios existente.

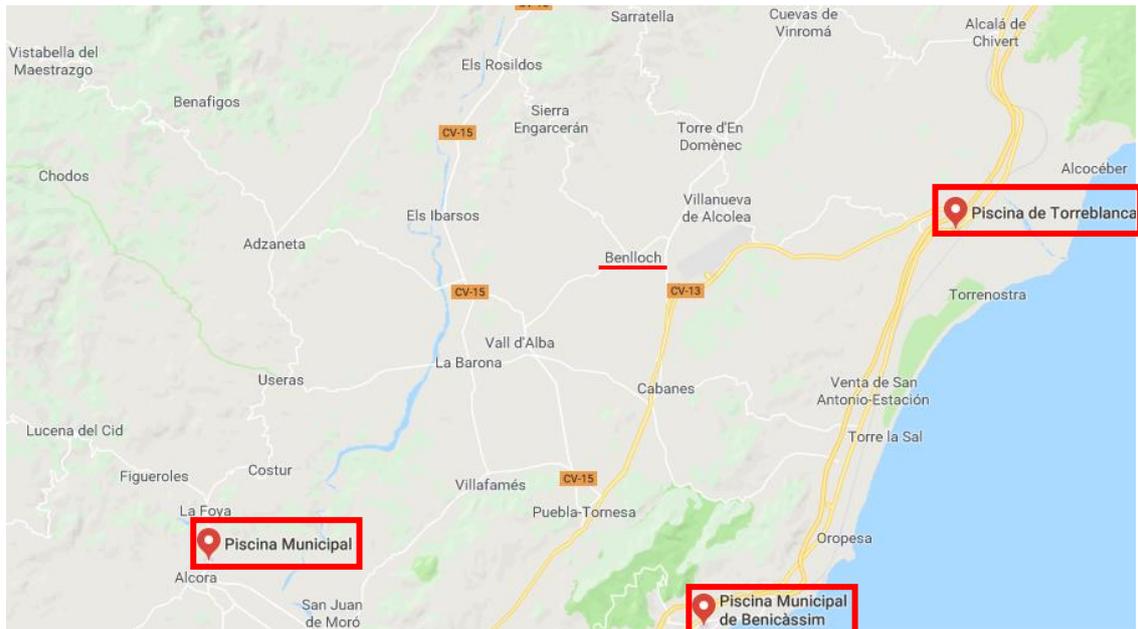


Figura 4.- Piscinas cubiertas más cercanas a Benlloch. Fuente: Google Maps

Así, para permitir la práctica de natación y otros deportes acuáticos a los habitantes de la localidad y vecinos de los municipios cercanos también en los meses de invierno, se proyectará una estructura metálica que sirva de cubierta de esta piscina.

4. NORMATIVA Y REFERENCIAS

4.1. Normativa de aplicación al proyecto

UNE 157001:2014 - Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico

UNE 1032:1982 - Dibujos técnicos. Principios generales de representación

UNE-EN ISO 5455:1996 - Dibujos Técnicos. Escalas

UNE 1027:1995 - Dibujos técnicos. Plegado de planos

CTE: DB-SE - Documento Básico Seguridad Estructural

CTE: DB-HS - Documento Básico Salubridad

CTE: DB-AE - Documento Básico Acciones en la Edificación

CTE: DB-A - Documento Básico Acero

CTE: DB-C - Documento Básico Cimientos

CTE: DB-SUA - Documento Básico Seguridad de Utilización y Accesibilidad

EHE-08 - Instrucción Española del Hormigón Estructural 2008

UNE-EN 12193 - Iluminación de instalaciones deportivas

UNE-EN 62466 - Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

ITC-BT - Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

4.2. Software informático utilizado

CYPE 2019 - Diseño y cálculo de estructuras. Generación de presupuestos

AutoCAD 2019 - Diseño y edición digital de planos

DIALux 4.13 - Diseño de instalaciones de iluminación

Paquete Microsoft Office 2019 - Procesamiento de texto. Hojas de cálculo

4.3. Bibliografía

“Sede Electrónica del Catastro” [en línea]

<https://www.sedecatastro.gob.es/>

“Photovoltaic Geographical Information System” [en línea] European Commission Joint Research Centre http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

“Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red” [en línea] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf

“Calendario solar perpetuo” [en línea]

<https://www.tutiempo.net/calendario-solar/>

Jutglar Banyeres, Lluís: *Generación de energía solar fotovoltaica*. Barcelona, Marcombo, 2012

Tobajas Vázquez, M. Carlos: *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Murcia, Cano Pina, 2011

Apuntes ET1021 - Instalaciones Eléctricas de BT i MT (UJI)

Apuntes ET1031 - Proyectos de Ingeniería (UJI)

Apuntes SJA009 - Construcción y Arquitectura Industrial (UJI)

Apuntes SJA018 - Ampliación de Instalaciones Eléctricas (UJI)

5. REQUISITOS DE DISEÑO

5.1. Parcela

La piscina municipal de Benlloch se encuentra al sudeste de la localidad. El vaso está descentrado, es decir, se encuentra más cerca de uno de los laterales de la parcela que del otro. Estos laterales están rodeados por un pequeño muro con valla, que delimita la parcela.

Las instalaciones constan de un vaso de tamaño medio (20x10 m) y otro de tamaño pequeño (5x5 m) y muy poca profundidad, destinado a niños pequeños. Además, existen pequeños edificios que ejercen como vestuarios, cafetería y almacén de material, los cuales se van a respetar.

La parcela en cuestión, junto a sus dimensiones y las instalaciones existentes, puede encontrarse en el *Plano 1: Parcela* del *Capítulo 5: Planos*, obtenido de la Sede Electrónica del Catastro.

Así pues, tomando las dimensiones de los vasos, la extensión de la parcela, y el emplazamiento de las construcciones existentes, y atendiendo al Código Técnico de la Edificación y otra normativa vigente aplicable a este tipo de instalaciones, se proyectará una cubierta de 20,5 m de luz y 35 m de longitud, con una altura de pilar de 4 m, tal y como se muestra en la *Figura 5*:

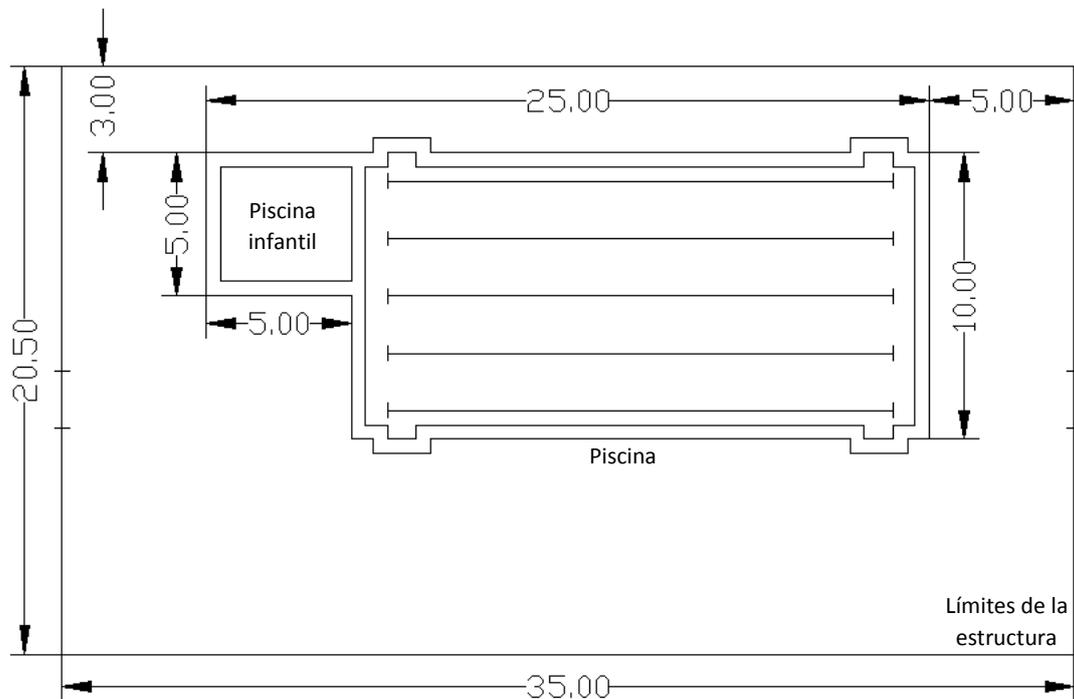


Figura 5.- Vista en planta de la piscina y la cubierta proyectada (cotas en m)

5.2. Materiales

5.2.1. Estructura

El acero estructural está compuesto por hierro y una cantidad variable de carbono de entre el 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición. Es un material ampliamente utilizado en la construcción, ya que resuelve con éxito los problemas de soportar el peso propio y debido a otras cargas con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.

El acero a utilizar para la construcción de la estructura será el acero laminado S275-JR, a excepción de correas, que serán de acero conformado en frío S235-JR. Para los pernos de las placas de anclaje y el armado de la cimentación se empleará el acero B500-S.

Por otro lado, cabe destacar que debido al ambiente altamente húmedo que presentará el interior de la cubierta una vez construida, se deberá aplicar una capa protectora anticorrosión a través de una imprimación sintética rica en zinc y una capa de esmalte sintético a los perfiles de acero que formen la estructura metálica. Si bien estos no presentan ninguna modificación a efectos de cálculo, sí que suponen un coste adicional a considerar a la hora de la selección de soluciones.

Las principales propiedades de los aceros a utilizar en este proyecto se encuentran en la *Tabla 1*:

Tabla 1.- Propiedades de los aceros

Propiedad	S235-JR	S275-JR	B500-S
Módulo de elasticidad (GPa)	210	210	200
Coefficiente de Poisson	0,3	0,3	0,3
Límite elástico (MPa)	235	275	500
Tensión de rotura (MPa)	360	410	550
Densidad (kN/m ³)	78,5	78,5	78,5

5.2.2. Cerramientos

Habitualmente, en las naves con estructura metálica a base de pórticos se utilizan paneles sándwich de poliuretano inyectado como cerramientos debido a sus buenas propiedades como aislante térmico, acústico e impermeabilizante. Además, es un producto resistente y ligero, lo cual permite utilizarlo con un mínimo de esfuerzo físico por parte del operario que realiza el montaje.

Sin embargo, la construcción de una estructura destinada a albergar una piscina presenta una serie de requerimientos adicionales que el panel sándwich no cumple, como son el acabado estético y el aprovechamiento de la luz natural.

Una alternativa a estos son los paneles de policarbonato. Se trata de un elemento de propiedades físicas similares al panel sándwich, pero que además permite dotar a la estructura de un gran nivel estético debido a su similitud con el vidrio, creando así una estructura de paredes y cubierta acristalada, permitiendo la entrada de luz al interior y su aprovechamiento.

Las placas de policarbonato pueden ser de dos tipos: compacto, completamente transparente y con un coste más elevado, y celular, traslucido y, por ende, más fácil de fabricar y con un coste menor.



Figura 6.- *Policarbonato celular (izq) y policarbonato compacto (dcha). Fuente: DVP.cl*

De esta forma, se utilizarán paneles de policarbonato compacto de 5 mm de espesor en los cerramientos laterales, logrando así paredes acristaladas de gran calibre estético y amplia entrada de luz natural, y paneles de policarbonato celular de 16 mm de espesor en los cerramientos de cubierta, ya que al ser traslúcido se evitarán deslumbramientos en los usuarios de las instalaciones. Estos se instalarán sobre un sistema de guías que permitirá moverlos y abrir huecos por los que salga el calor en los meses más calurosos.

Las principales propiedades de los paneles de policarbonato que se utilizarán en este proyecto se encuentran en la *Tabla 2*:

Tabla 2.- *Propiedades del policarbonato del fabricante DVP*

Propiedad	Celular	Compacto
Peso (kg/m ²)	2,7	6
Límite elástico (MPa)	65	65
Tª máxima de servicio (°C)	120	120
Coefficiente de dilatación térmica (mm/m·°C)	0,065	0,065
Resistencia al impacto (MPa)	> 60	> 60

5.2.3. Cimentación

El hormigón es un material pétreo obtenido a partir de una mezcla proporcional de cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones.

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (principalmente a tracción) por este motivo es habitual usarlo junto a una armadura interior de acero, recibiendo en este caso la denominación de hormigón armado.

El hormigón a emplear en la cimentación de la cubierta será hormigón armado HA-25, resistiendo el hormigón los esfuerzos de compresión y la armadura de acero los esfuerzos de tracción. Además, en la base de las zapatas y vigas de atado se dispondrá de 10 cm de hormigón de limpieza.

Las principales propiedades del hormigón armado a utilizar en este proyecto se encuentran en la *Tabla 3*:

Tabla 3.- Propiedades del hormigón armado

Propiedad	HA-25
Resistencia característica (MPa)	25
Densidad (kg/m ³)	2500

5.2.4. Resumen

A continuación, en la *Tabla 4*, se presenta un breve resumen de los materiales que, como ya se ha mencionado, se utilizarán en la construcción de la estructura, así como su uso concreto:

Tabla 4.- Materiales utilizados

Material	Aplicación
Acero conformado S235-JR	Correas
Acero laminado S275-JR	Vigas - Pilares - Sistema contraviento - Placas de anclaje
Acero B500-S	Pernos de anclaje - Armado cimentación
Hormigón armado HA-25	Cimentación
Policarbonato celular	Cerramientos de cubierta
Policarbonato compacto	Cerramientos laterales

5.3. Diseño de la cubierta

Existe una amplia variedad de tipos de cubierta, clasificadas según su uso, sistema constructivo, morfología, etc. Según este último criterio, las cubiertas se dividen en:

- Cubiertas planas (pendiente inferior al 5%)
- Cubiertas inclinadas (pendiente superior al 5%)
- Cubiertas singulares (no constituidas por planos rectos)

Sin embargo, el diseño de la cubierta de una estructura destinada a albergar una piscina exige una serie de requerimientos que no todos los tipos cumplen, como son un buen acabado estético y una geometría que favorezca el aumento de la temperatura interior. El tipo de cubierta que cumple con estos requisitos es una cubierta con forma curva.



Figura 7.- Piscina con cubierta curva. Fuente: Vilapress.cat

El cálculo y dimensionamiento de la estructura metálica de la cubierta se realizará mediante el software informático comercial CYPE 2019, el cual permite la generación automática de diferentes tipos de pórtico a una o dos aguas, cuya configuración se exporta luego a su herramienta 3D, donde se simula toda la estructura en conjunto.

No obstante, este programa cuenta con la restricción de no poder generar automáticamente cubiertas de tipo singular. Por otro lado, tampoco se pueden simular barras con forma curva, como lo sería la jácena de la cubierta a proyectar.

Para solucionar este problema, se discretizará la jácena curva en una jácena formada por varios tramos de barra rectos, cuya longitud viene definida por la diferencia de altura del pilar y la altura de cumbrera, los cuales en conjunto simulan ser una viga continua de forma curva.

En concreto, se dividirá la jácena en 8 tramos, pues con este número de tramos se logra una solución lo suficientemente aproximada a la realidad de una jácena curva.

Un ejemplo de esta configuración puede observarse en la *Figura 8*, donde se muestra un detalle para que pueda apreciarse mejor:

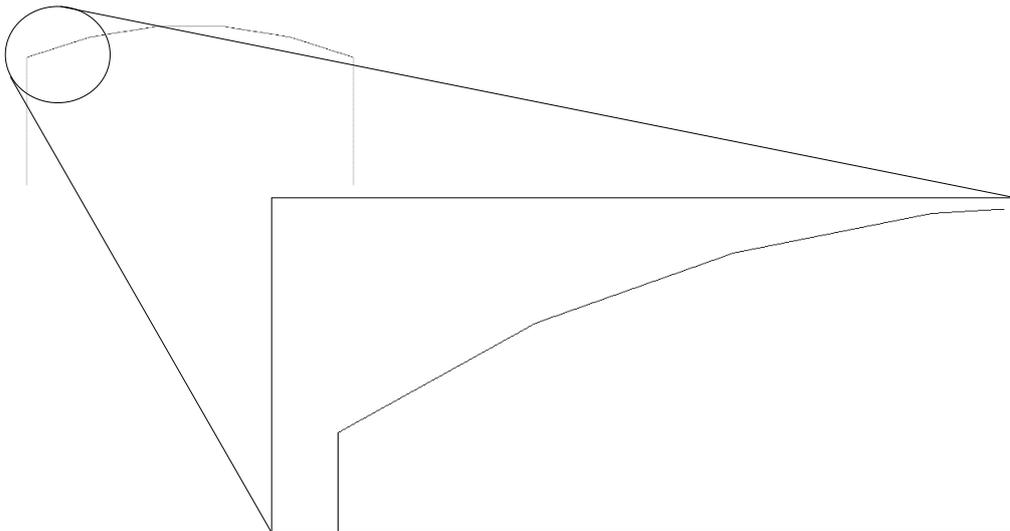


Figura 8.- Jácena curva formada por tramos rectos

Los diferentes diseños de cubierta que se estudiarán hasta obtener la configuración adecuada, así como los resultados obtenidos, pueden encontrarse en el *Anexo I: Estudio y diseño de la estructura* del *Capítulo 2: Anexos*.

5.4. Instalación de iluminación

El objeto principal de la instalación de iluminación de cualquier recinto es, a parte de cumplir con las exigencias de eficiencia energética establecidas por la normativa correspondiente, proporcionar a los usuarios del mismo una serie de requerimientos de manera que sean capaces de realizar las actividades correspondientes con seguridad y teniendo una sensación de bienestar visual adecuada.

Según la norma *UNE-EN 12193: Iluminación de instalaciones deportivas*, una pequeña piscina municipal destinada a actividades recreativas que generalmente no implican espectadores (educación física, deportes de colegios, entrenamiento general, cursos a niños y adultos, etc.) queda clasificada dentro del Alumbrado clase III, el cual establece los requisitos luminotécnicos mínimos reflejados en la *Tabla 5*:

Tabla 5.- Requisitos de iluminación

Parámetro	Valor mínimo
E_{med} (lux)	300
E_{min}/E_{med}	0,5
Índice de rendimiento de color	20

De este modo, se buscará una configuración de lámparas, luminarias y distribución de las mismas que cumpla con los requisitos establecidos por la norma y minimice a su vez el precio de la instalación, así como el coste de explotación de la misma.

Los diferentes diseños de la instalación de iluminación propuestos, así como sus prestaciones y el análisis de la solución óptima, pueden encontrarse en el *Anexo III: Diseño de la instalación de iluminación del Capítulo 2: Anexos*.

5.5. Instalación solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que produce electricidad a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

España es uno de los países de Europa con mayor irradiación anual. Esto hace que la energía solar sea en este país más rentable que en otros. Por otro lado, el elevado consumo energético que supone una piscina, unido al abaratamiento de las tecnologías de energía solar fotovoltaica a lo largo de los últimos años y a la reciente supresión del “impuesto al sol”, respaldan el diseño de una instalación fotovoltaica para cubrir o reducir en la medida de lo posible los costes derivados del consumo eléctrico de las instalaciones.

El estudio de las condiciones solares de la ubicación de la piscina y el diseño y cálculo de la instalación fotovoltaica siguen las restricciones y exigencias establecidas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en su *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. Estos datos y cálculos pueden encontrarse en el *Anexo IV: Diseño de la instalación fotovoltaica del Capítulo 2: Anexos*.

6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

6.1. Estudio y diseño de la estructura

Una vez establecidas las dimensiones principales de la estructura, que serán 35 m de largo por 20,5 m de luz, con una altura de pilar de 4 m, quedan dos parámetros por determinar: la altura de cumbrera de la cubierta, y el número de pórticos que formarán la estructura. Si bien quedan libres a decisión del proyectista, siempre resulta de interés conocer la distribución más adecuada que permita reducir los costes de construcción.

Así pues, se ha realizado un estudio comparativo en base a estos dos parámetros, además de variar el tipo de jácena, que puede ser de viga simple o en celosía. Cada una de las configuraciones estructurales propuestas se ha simulado y calculado en el programa CYPE 2019, de manera que los perfiles elegidos se ajusten a los requisitos estructurales que marca la norma, para a continuación extraer el peso y coste totales de la estructura, identificando así la solución más económica.

Tras el estudio paramétrico realizado, que puede encontrarse en el *Anexo I: Estudio y diseño de la estructura*, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Un mayor número de pórticos no logra reducir las dimensiones de los perfiles que los componen lo suficiente como para compensar el peso adicional introducido.
- Una mayor pendiente de la cubierta beneficia a las jácenas, pero perjudica a los pilares, por lo que resulta de gran importancia estudiar detenidamente este parámetro y encontrar la geometría adecuada.
- Las celosías permiten grandes reducciones de peso, pues aumentan la inercia sin aumentar tanto el peso como los perfiles IPE, pero exigen otros elementos de arriostramiento y gastos adicionales para su construcción, los cuales hacen que solo resulten rentables para luces más grandes que la de este proyecto.
- La diferencia de precio de la cubierta curva frente a una cubierta a dos aguas no es significativa en comparación con las ventajas estéticas y de iluminación que ofrece.

En vista a los resultados y conclusiones obtenidos, se ha seleccionado un diseño consistente en 7 pórticos, con jácena de perfil simple y una altura de cumbrera de 5,5 m.

6.2. Instalación de iluminación

Teniendo en cuenta los requisitos mínimos a cumplir según el tipo de instalación extraídos de la normativa correspondiente, se ha seleccionado un modelo comercial de lámpara de cada una de las tres tecnologías de iluminación más utilizadas históricamente en instalaciones de alumbrado interior de piscinas, que son los tubos fluorescentes (vapor de mercurio en baja presión), los halogenuros metálicos (vapor de mercurio en alta presión), y las novedosas lámparas LED.

Una vez elegidas las tres tecnologías de iluminación a comparar, se realiza una simulación mediante el programa DIALux 4.13.

Tras los diferentes estudios realizados en cuanto al diseño de la instalación de iluminación, que pueden encontrarse en el *Anexo III: Diseño de la instalación de iluminación*, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La tecnología LED cada vez tiene menos rivales en el mercado de la iluminación actual, tanto por coste como por prestaciones.
- La aportación de la luz natural a la iluminación de un recinto permite abaratar en gran medida los gastos derivados del consumo eléctrico de las instalaciones.

En vista a los resultados y conclusiones obtenidos, se ha seleccionado un diseño consistente en 25 lámparas LED, distribuidas por todo el recinto de la nueva cubierta de la piscina en 5 filas de 5 columnas cada una.

6.3. Instalación solar fotovoltaica

Previa determinación de los consumos a cubrir, y mediante la ayuda del software en línea *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*, se ha ido dimensionando y seleccionando de catálogos comerciales los diferentes elementos que forman parte de toda instalación fotovoltaica, comprobando que su funcionamiento sea el adecuado, que estén debidamente protegidos, y que no existan riesgos para las personas que se encuentren cerca de ellos.

Tras los diferentes estudios y cálculos realizados en relación al diseño de la instalación fotovoltaica, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Resulta de gran importancia realizar un correcto dimensionado de los diferentes componentes de la instalación y los elementos de protección y conexión, pues un pequeño fallo podría llegar a dejar inutilizada toda la instalación.

-
- Tan importante como el diseño y cálculo de los componentes de la instalación es la selección del emplazamiento, la posición y la orientación de los paneles solares, así como su disposición e interconexión.
 - La instalación de pequeñas instalaciones generadoras de energía fotovoltaica resulta económicamente viable, ya sean para autoconsumo doméstico en viviendas o para cubrir parte de la demanda energética de grandes superficies de ocio, deportivas, etc.

El diseño final de la instalación puede encontrarse en el *Anexo IV: Diseño de la instalación fotovoltaica*.

7. DESCRIPCIÓN FINAL DE LA ESTRUCTURA

7.1. Estructura completa

El diseño final de la estructura metálica consiste en 7 pórticos con jácena de perfiles simples, arriostramientos laterales y de fachada, viga contraviento tipo Pratt con doble diagonal, y pilares hastiales en los pórticos de fachada.

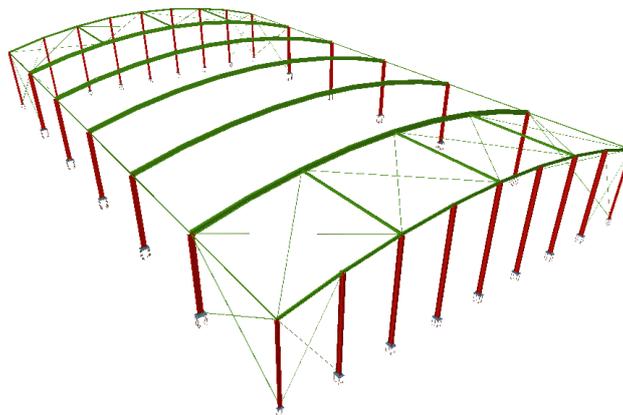


Figura 9.- Estructura completa

7.2. Correas

Los perfiles para las correas seleccionados para el diseño de la estructura son el CF-225x2,5 en las correas de cubierta y el CF-200x2 en las correas laterales, colocadas con una separación de 1,4 m.

Perfil: CF-225x2.5 Material: S235										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	
	0.693, 5.830, 4.101	0.693, 0.000, 4.101	5.830	10.46	806.27	90.72	0.22	-16.21	0.00	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad										
		Pandeo		Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.				
		β	1.00	0.00		0.00				
		L _K	5.830	0.000		0.000				
		C ₁	-	1.000						
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Figura 10.- Correas de cubierta

Perfil: CF-200x2.0 Material: S235										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	
	0.000, 34.980, 0.600	0.000, 29.150, 0.600	5.830	6.92	405.65	32.67	0.09	-13.42	0.00	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad										
		Pandeo		Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.				
		β	1.00	0.00		0.00				
		L _K	5.830	0.000		0.000				
		C ₁	-	1.000						
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Figura 11.- Correas laterales

7.3. Pórtico de fachada

Los perfiles seleccionados para el diseño del pórtico de fachada son el IPE 140 para los pilares de esquina, el IPE 200 para los pilares hastiales, el IPE 120 para las jácenas y tirantes R12 para el arriostramiento.

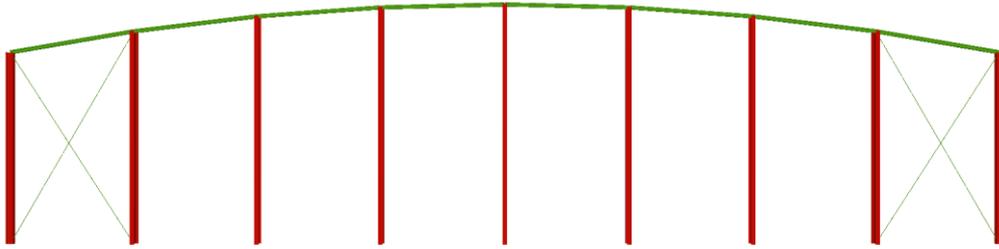


Figura 12.- Pórtico de fachada

Perfil: IPE 140 Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N94	N77	4.000	16.40	541.00	44.90	2.45
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.70	0.70	0.00	0.00			
L _k	2.800	2.800	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							

Figura 13.- Barra pésima pilar de esquina del pórtico de fachada

Perfil: IPE 200 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N90	N91	5.5	28.50	1943.00	142.00	6.98
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L _K	3.85	3.85	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						

Figura 14.- Barra pésima pilar hastial del pórtico de fachada

Perfil: IPE 120 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)
N89	N91	2.578	13.20	318.00	27.70	1.74
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	2.578	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						

Figura 15.- Barra pésima jácena del pórtico de fachada

Perfil: R 12 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N93	N80	5.234	1.13	0.10	0.10	0.20
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L _k	0.000	0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _i : Factor de modificación para el momento crítico						

Figura 16.- Barra pésima Cruz de San Andrés de fachada

7.4. Pórtico interior

El perfil seleccionado para el pórtico interior es el IPE 240, tanto para los pilares como para las jácenas.

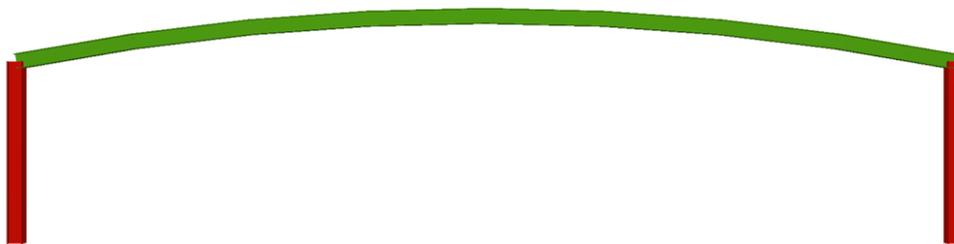


Figura 17.- Pórtico interior

Perfil: IPE 240 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)
N52	N53	4.000	39.10	3892.00	284.00	12.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	1.49	0.00	0.00		
L _K	2.800	5.956	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						

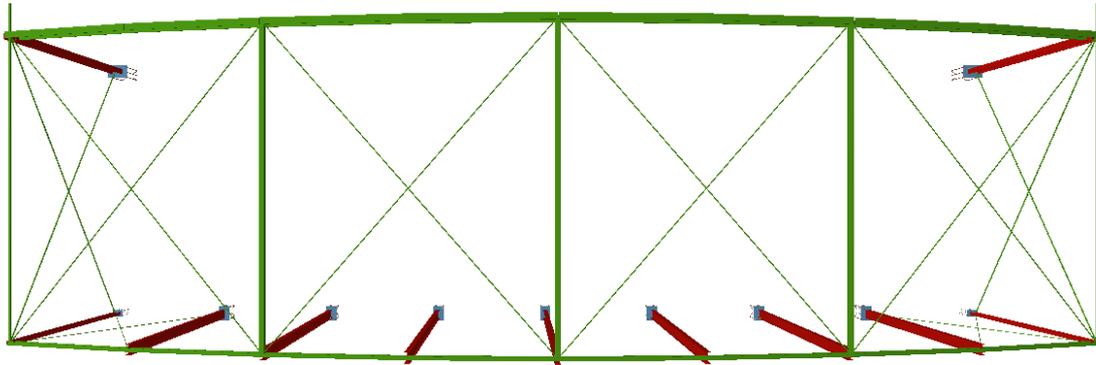
Figura 18.- Barra pésima pilar del pórtico interior

Perfil: IPE 240 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)
N53	N57	2.647	39.10	3892.00	284.00	12.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	2.647	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						

Figura 19.- Barra pésima jácena del pórtico interior

7.5. Viga contraviento

La viga contraviento consta de perfiles cuadrados huecos #90x3 en los montantes y tirantes R 20 para las diagonales.


Figura 20.- Viga contraviento

Perfil: #90x3 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N67	N78	5.830	10.10	124.87	124.87	202.35
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	5.830	5.830	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						

Figura 21.- Barra pésima montante de la viga contraviento

Perfil: R 20 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N66	N89	7.843	3.14	0.79	0.79	1.57
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L _k	0.000	0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _i : Factor de modificación para el momento crítico						

Figura 22.- Barra pésima diagonal de la viga contraviento

7.6. Viga perimetral

La viga perimetral se ha resuelto con perfiles cuadrados huecos #40x2.

Perfil: #40x2 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)
N66	N77	5.830	2.90	6.77	6.77	11.30
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L _k	0.000	0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _i : Factor de modificación para el momento crítico						

Figura 23.- Barra pésima viga perimetral

7.7. Arriostramiento lateral

Las Cruces de San Andrés laterales se han resuelto mediante tirantes R 25.

Perfil: R 25 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N101	N77	7.014	4.91	1.92	1.92	3.83
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L_k	0.000	0.000	0.000	0.000		
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico						

Figura 24.- Barra pésima Cruz de San Andrés lateral

7.8. Placas de anclaje y cimentaciones

Las características de los tres tipos de placas de anclaje utilizados en el proyecto pueden observarse en la *Figura 25, 26 y 27*:

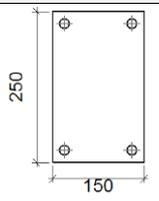
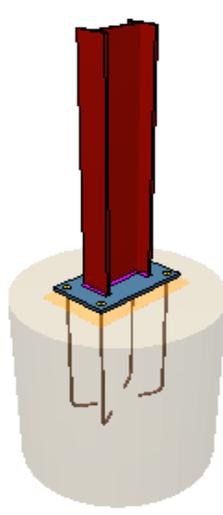
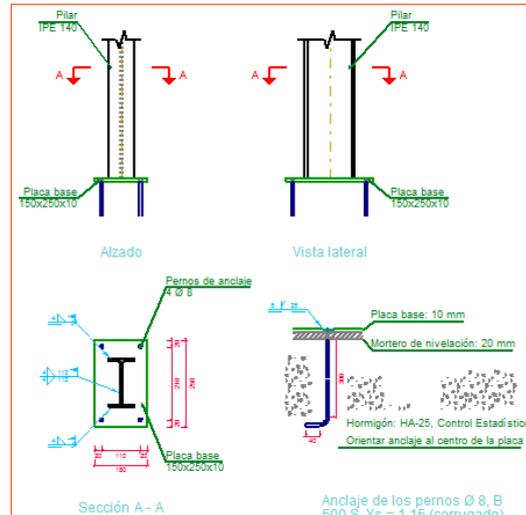
Tipo 1											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		150	250	10	4	18	10	5	S275	275.0	410.0
Vista 3D						Despiece					
											

Figura 25.- Placa de anclaje tipo 1

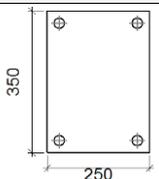
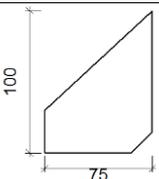
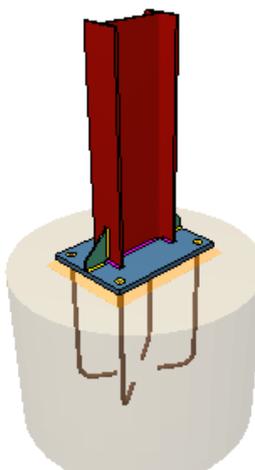
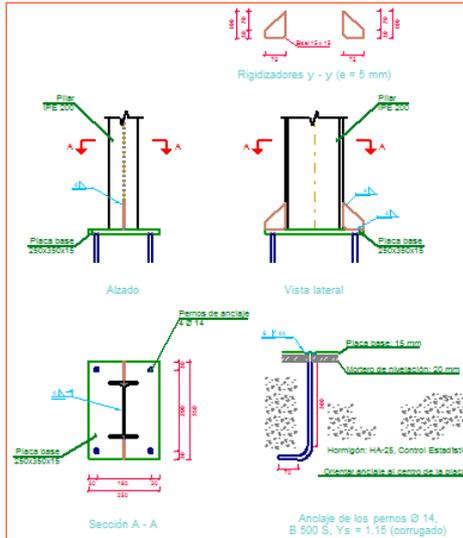
Tipo 2											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		200	350	15	4	26	16	6	S275	275.0	410.0
Rigidizador		75	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Vista 3D						Despiece					
											

Figura 26.- Placa de anclaje tipo 2

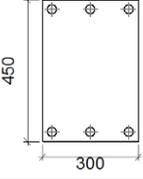
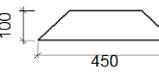
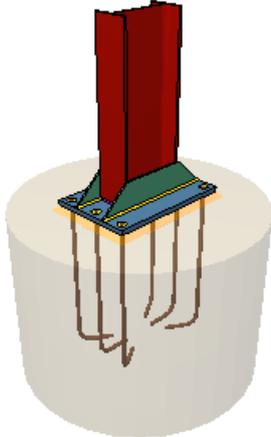
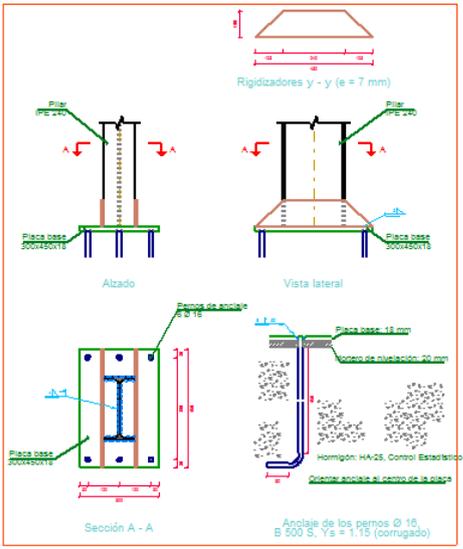
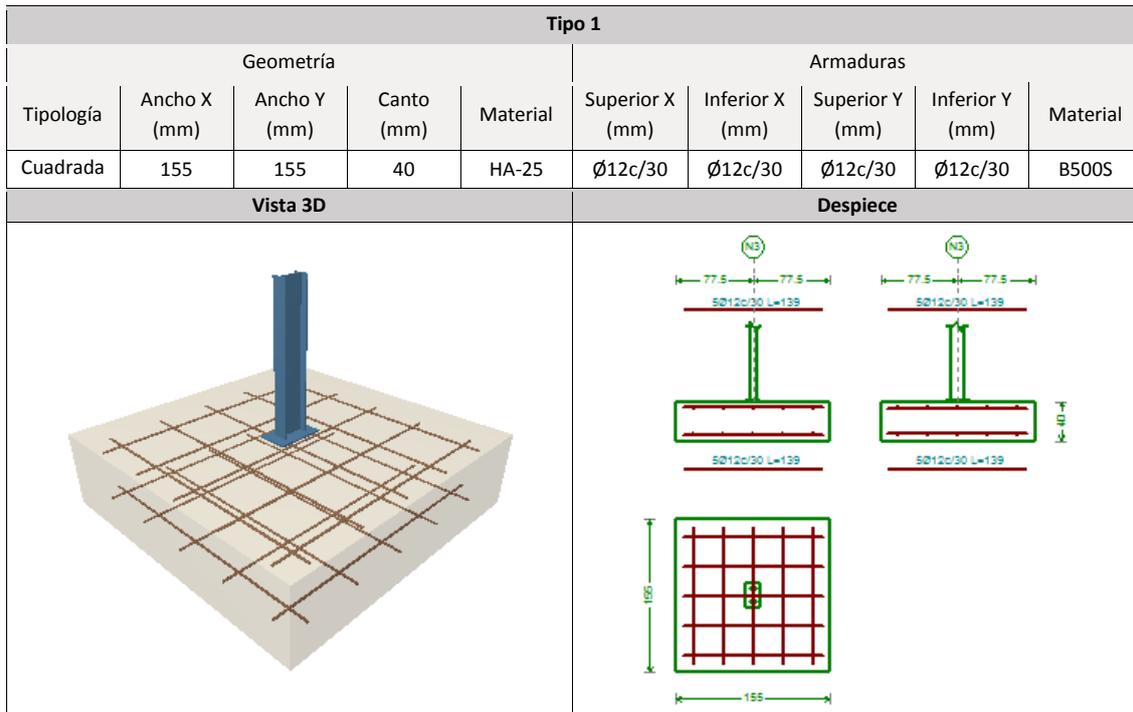
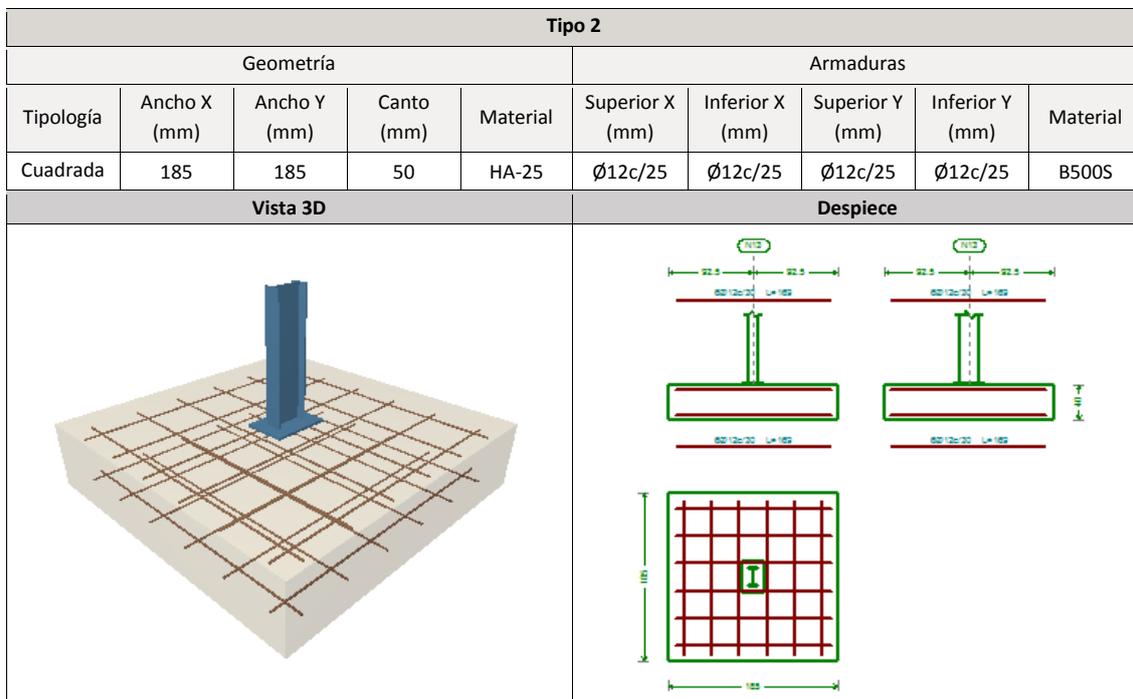
Tipo 3											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		300	450	18	6	32	18	8	S275	275.0	410.0
Rigidizador		450	100	7	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Vista 3D						Despiece					
											

Figura 27.- Placa de anclaje tipo 3

Las características de los tres tipos de zapata y la viga de atado utilizados en el proyecto pueden observarse en la *Figura 28, 29, 30 y 31*:


Figura 28.- Zapata tipo 1

Figura 29.- Zapata tipo 2

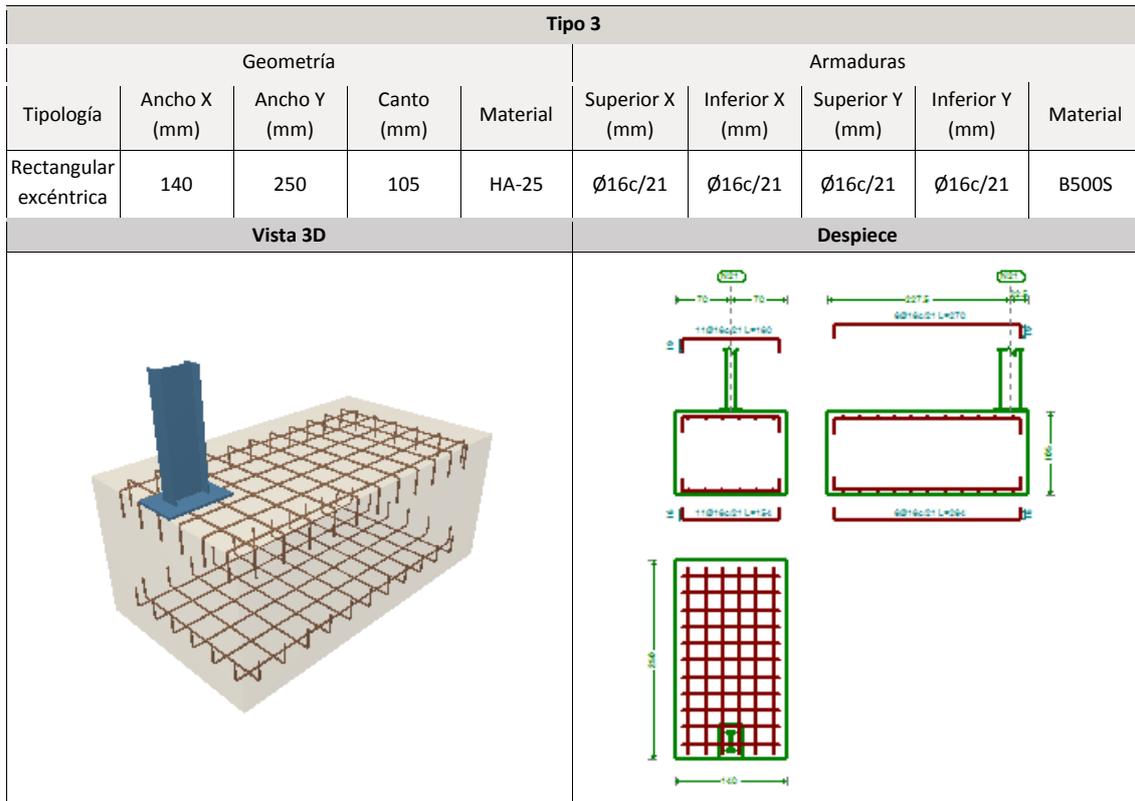


Figura 30.- Zapata tipo 3

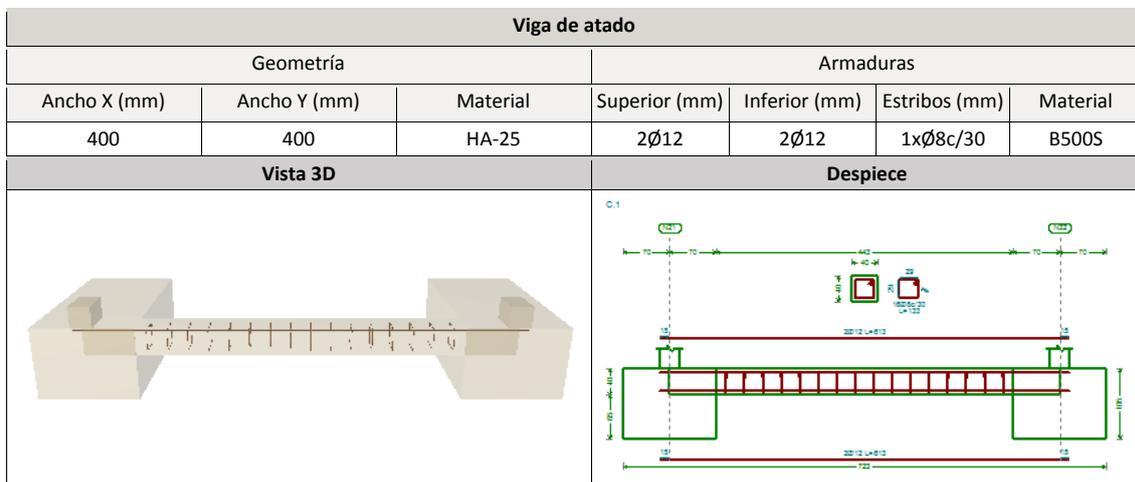


Figura 31.- Viga de atado

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Partida	Importe
Nave	
Actuaciones previas	6922,72 €
Cimentación	15976,18 €
Perfiles	17917,26 €
Placas de anclaje	1016,94 €
Cerramientos	49297,33 €
Protección contra la corrosión	4405,68 €
Subtotal Nave:	95536,11 €
Instalación de iluminación	
Luminarias	3340,00 €
Subtotal Instalación de iluminación:	3340,00 €
Instalación fotovoltaica	
Elementos principales	13734,11 €
Cableado	228,74 €
Protecciones	336,37 €
Subtotal Instalación fotovoltaica:	14299,22 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	113175,33 €

Concepto	Cantidad	Importe
PEM + Gastos		
Presupuesto de Ejecución Material	100 %	113175,33 €
Gastos generales y cargas fiscales	20 %	22635,07 €
Subtotal:		135810,40 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)		
PEM + Gastos	100 %	135810,40 €
Beneficio industrial	6 %	8148,63 €
Subtotal:		143959,03 €
Presupuesto Total		
Presupuesto de Ejecución por Contrata	100 %	143959,03 €
Proyecto y dirección de obras	7 %	10077,14 €
Subtotal:		154036,17 €
Presupuesto Total + IVA		
Presupuesto Total	100 %	154036,17 €
IVA	21 %	32347,60 €
PRESUPUESTO TOTAL + IVA		186383,77 €

9. CONCLUSIONES

En este proyecto se han estudiado diferentes alternativas para la construcción de una estructura metálica que sirva de cubierta para una pequeña piscina municipal, de forma que pueda adecuarse para su utilización por parte de los habitantes de la localidad y vecinos de los municipios cercanos durante el invierno.

Por otro lado, se han estudiado diferentes alternativas para el diseño de la instalación de iluminación de la piscina, y se ha valorado la viabilidad de instalación de tecnología solar fotovoltaica para abastecer los consumos de las instalaciones.

Las soluciones de diseño propuestas para las nuevas instalaciones cumplen con los siguientes objetivos planteados:

- Las dimensiones elegidas para el diseño de la estructura minimizan los costes de construcción.
- La elección de paneles de policarbonato para los cerramientos proporciona un buen acabado estético y permite un gran aprovechamiento de la luz natural.
- La instalación de iluminación proyectada presenta unos niveles de iluminación elevados con un coste y un consumo reducidos
- La instalación fotovoltaica diseñada resulta viable económicamente.

Se puede determinar que las soluciones propuestas y analizadas cumplen con todos los requisitos establecidos, haciéndolo dentro de los límites legales, técnicos y económicos.

Tras realizar los cálculos y estudios pertinentes a cada una de las soluciones propuestas, y en vista a los resultados obtenidos, se da por concluido el presente proyecto.

CAPÍTULO 2: ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	49
ANEXO II: CÁLCULOS ESTRUCTURALES	73
ANEXO III: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	177
ANEXO IV: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	193
ANEXO V: CATÁLOGOS	225

ANEXO I: ESTUDIO Y DISEÑO DE **LA ESTRUCTURA**

ÍNDICE

1. Introducción	53
2. Tipologías consideradas	53
3. Modelos de cálculo	54
3.1. Acciones	54
3.2. Pórtico de fachada.....	56
3.3. Pórtico interior con jácena de vigas simples	57
3.4. Pórtico interior con jácena en celosía	59
4. Estudio paramétrico	61
5. Resultados	62
5.1. Pórtico de fachada.....	62
5.2. Pórtico interior	62
5.3. Estructura completa.....	64
6. Selección de la solución.....	65
7. Comparación de la solución con una cubierta a dos aguas	70
8. Conclusiones.....	71

1. Introducción

Existe una amplia variedad de tipos de cubierta en naves. Sin embargo, el diseño de la cubierta de una estructura destinada a albergar una piscina exige unos requerimientos estéticos y de aprovechamiento de la luz natural que no todos los tipos cumplen. El tipo de cubierta que mejor se adapta a la construcción propuesta es una cubierta con forma curva.

El cálculo y dimensionamiento de la estructura metálica de la cubierta se realizará mediante el software informático comercial CYPE 2019. No obstante, este programa no puede simular barras con forma curva, como lo sería la jácena de la cubierta a proyectar. Para solucionar este problema, se discretizará la jácena en varios tramos de barra rectos, los cuales en conjunto simulan una viga continua de forma curva. En concreto, 8 tramos forman una jácena cuyo comportamiento se asemeja suficientemente al caso de una viga curva.

Habiendo ya establecido que las dimensiones de la estructura serán 35 m de largo por 20,5 m de luz, con una altura de pilar de 4 m, solo quedan dos parámetros por determinar: la altura de cumbrera de la cubierta, y el número de pórticos que formarán la estructura.

El número de pórticos de la estructura definirá en gran medida su peso, y por ende, su coste de construcción. A menor número de pórticos, menor número de perfiles de acero serán necesarios, pero a su vez, los pórticos existentes deberán soportar cargas mayores, con lo que los perfiles necesarios serán mayores y más caros.

Por otro lado, la altura de cumbrera establecerá la pendiente de la cubierta. Una mayor pendiente es beneficiosa para las jácenas, ya que actúa como contraflecha, pero por contra, perjudica a los pilares al transmitirles un mayor empuje horizontal que se traduce en un mayor momento.

En los siguientes apartados se presenta un estudio paramétrico donde se comparan diferentes tipos de geometría y se analizan los resultados obtenidos.

2. Tipologías consideradas

Una estructura es un conjunto de elementos resistentes vinculados entre sí que se accionan y reaccionan bajo los efectos de las cargas a las que son sometidos, y cuya finalidad es resistir y transmitir las cargas del edificio a los apoyos manteniendo la forma sin sufrir deformaciones incompatibles. Los elementos estructurales fundamentales de las estructuras son las vigas y los pilares.

La estructura más común en la edificación de naves, y la primera de las tipologías consideradas, son los pórticos simples, armazones rígidos formados por dos pilares y una o varias (como es el caso) vigas superiores.

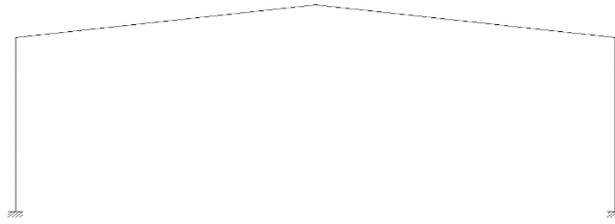


Figura 32.- Pórtico simple

Otra de las tipologías estructurales más frecuentes es la viga en celosía. Son una forma bastante común de salvar grandes luces. Presentan una buena relación peso-resistencia en comparación con las vigas de alma llena, pero también ciertos inconvenientes constructivos con respecto a los perfiles simples, como se verá más adelante.

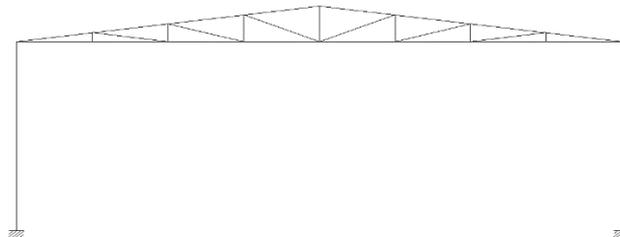


Figura 33.- Pórtico con viga en celosía

En las secciones posteriores se modelizarán los dos tipos de pórtico considerados, junto a un modelo de pórtico de fachada común a ambos tipos, a partir de los cuales se desarrollará el estudio paramétrico mencionado anteriormente.

3. Modelos de cálculo

3.1. Acciones sobre la estructura

Una acción es una perturbación sobre un sistema que tiende a cambiar su estado, y se traduce siempre en una variación de las variables de estado del sistema. Las acciones a considerar en el cálculo del presente proyecto han sido el viento, la nieve, el peso propio y la sobrecarga de uso.

El valor característico del peso propio de los elementos constructivos se determina, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios. En este caso únicamente se especifica el peso de los cerramientos, los cuales se realizan mediante paneles de policarbonato celular y compacto para cubierta y laterales, respectivamente, con un peso de 2,7 y 6 kg/m².

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características de su superficie, así como de la dirección, la intensidad y el racheo del viento.

En cuanto a las acciones del viento sobre la estructura, ésta se encuentra en la Zona Eólica A, cuenta con un grado de aspereza IV (pues está en una zona urbana) y presenta dos huecos (puertas) de 1,5x2 m en las fachadas frontal y trasera, 1,375 m a la derecha del centro de las fachadas, como se observa en la *Figura 34*:

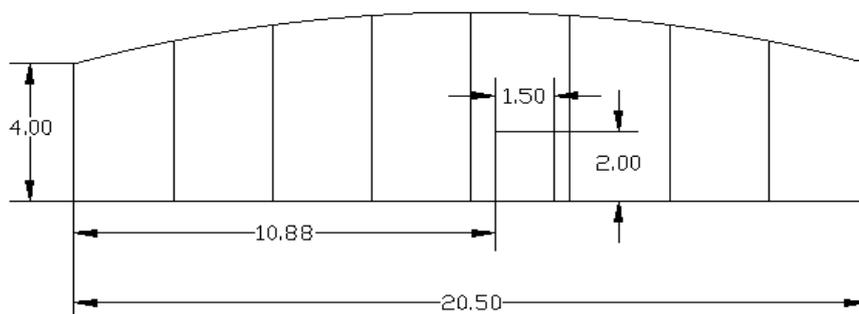


Figura 34.- Posición de los huecos en las fachadas (cotas en m)

Las características de las hipótesis de viento consideradas son las representadas en la *Tabla 6*:

Tabla 6.- Hipótesis de viento consideradas

V(0°) H1	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(0°) H2	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(0°) H3	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
V(0°) H4	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
V(90°) H1	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(90°) H2	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(180°) H1	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(180°) H2	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(180°) H3	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
V(180°) H4	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
V(270°) H1	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(270°) H2	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior

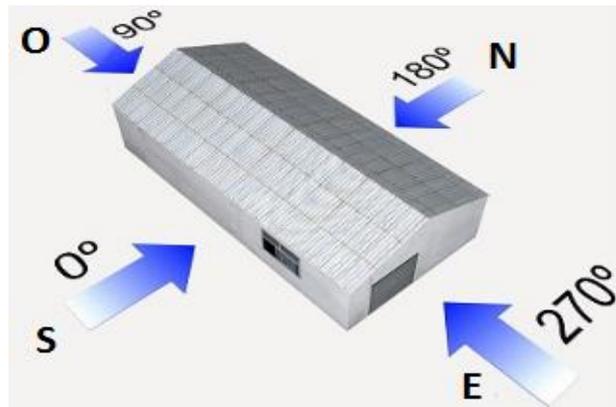


Figura 35.- Direcciones de los vientos. Fuente: Soloarquitectura.com

Por lo que respecta a la nieve, la nave se encuentra en la Zona 5, con una altura topográfica de 285 m y una exposición al viento normal. Las hipótesis consideradas son:

Tabla 7.- Hipótesis de nieve consideradas

N(EI)	Nieve (estado inicial)
N(R) 1	Nieve (redistribución) 1
N(R) 2	Nieve (redistribución) 2

Las dos hipótesis de redistribución representan lo expuesto en el CTE, en el que se indica que hay que hacer distribuciones asimétricas de cargas debido al transporte de la nieve por el efecto del viento, debiendo considerar un lado de la cubierta cargado y el otro con la mitad de la carga.

3.2. Pórtico de fachada

La tipología del pórtico de fachada es la misma para ambos tipos de nave, ya que en naves a base de pilares y cerchas solo los pórticos interiores presentan dicha configuración. En el pórtico de fachada, al existir apoyos intermedios, no se requieren cerchas.

El pórtico de fachada está formado por cuatro grupos de elementos: pilares, jácena, pilares hastiales y sistema de arriostramiento de fachada (cruz de San Andrés). Los tres primeros se resuelven mediante perfiles IPE, mientras que la cruz de San Andrés está formada por tirantes (redondos macizos o cables).

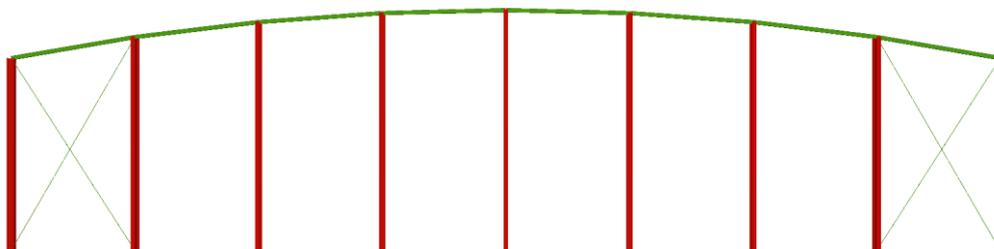


Figura 36.- Pórtico de fachada

Considerando la nave en su conjunto y teniendo en cuenta los diferentes sistemas de arriostramiento y cómo se comportan los elementos, los coeficientes de pandeo definidos para cada elemento así como los límites de flecha pueden observarse en la *Tabla 8*:

Tabla 8.- Coeficientes de pandeo y flecha límite pórtico de fachada

Elemento	Pandeo		Flecha
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pilar de esquina	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	L/300
Pilar hastial	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	L/300
Jácena	$\beta = 1$	$\beta = 0$	L/300
Tirante (CSA)	$\beta = 0$	$\beta = 0$	-

Cabe mencionar que el coeficiente de pandeo para la jácena en el plano perpendicular al pórtico adopta un valor de 0 debido a que el pandeo en esta dirección queda restringido por la acción de las correas.

3.3. Pórtico interior con jácena de viga simple

El pórtico interior presenta dos posibles tipologías, en función del tipo de jácena seleccionado. Para el caso de vigas simples, consta de dos grupos de elementos: pilares y jácena, ambos resueltos mediante perfiles IPE.

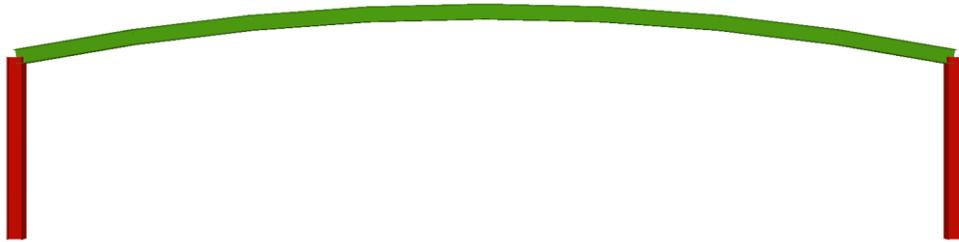


Figura 37.- Pórtico interior con jácena de viga simple

Considerando de nuevo la nave en su conjunto, sistemas de arriostramiento y el comportamiento de los elementos, los coeficientes de pandeo de cada elemento y los límites de flecha pueden observarse en la *Tabla 9*:

Tabla 9.- Coeficientes de pandeo y flecha límite pórtico interior con jácena de viga simple

Elemento	Pandeo		Flecha
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pilar	$\beta \approx 1,4$	$\beta = 0,7$	L/250
Jácena	$\beta = 1$	$\beta = 0$	L/300

El coeficiente de pandeo para la jácena en el plano perpendicular al pórtico vuelve a valer 0 debido a la acción de las correas.

Por otro lado, el valor de 1,4 del coeficiente de pandeo del pilar en el plano del pórtico es aproximado, y deberá recalcularse una vez elegidos los perfiles del pórtico. Teniendo en cuenta que en este plano el pórtico interior es traslacional, el coeficiente de pandeo de los pilares se calcula mediante la expresión:

$$\beta = \sqrt{\frac{1-0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1-0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} \quad (1)$$

donde η_1 y η_2 son los coeficientes de distribución superior e inferior, respectivamente, relacionados con la libertad de giro de los extremos de la barra. Dado que el extremo inferior está empotrado y no puede girar, η_2 toma un valor de 0, mientras que al existir una unión con la jácena el extremo superior, η_1 se obtiene con la expresión:

$$\eta_1 = \frac{E_{pilar} \cdot I_{y,pilar} / L_{pilar}}{E_{pilar} \cdot I_{y,pilar} / L_{pilar} + 1,5 \cdot E_{viga} \cdot I_{y,viga} / L_{viga}} \quad (2)$$

El coeficiente de pandeo real obtenido tras la aplicación de las expresiones (1) y (2) será el utilizado para el diseño de la nave al completo, y quedará representado en el *Anexo II: Cálculos Estructurales*.

3.4. Pórtico interior con cercha

La segunda opción de pórtico interior agrupa sus elementos en pilares, formados por perfiles IPE, y la cercha, cuyos elementos se resuelven mediante perfiles cuadrados huecos. Dentro de la cercha se dispondrá de un único tipo de perfil para montantes y diagonales, y otro para los cordones superior e inferior.

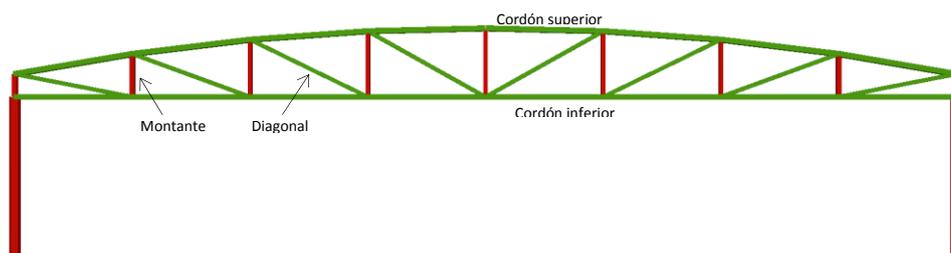


Figura 38.- Pórtico interior con cercha

Los coeficientes de pandeo y límites de flecha de los elementos, considerando la nave al completo, pueden observarse en la *Tabla 10*:

Tabla 10.- Coeficientes de pandeo y flecha límite pórtico interior con cercha

Elemento		Pandeo		Flecha
		Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pilar		$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	L/250
Jácena	Cordón superior	$\beta = 1$	$\beta = 0$	L/300
	Cordón inferior	$\beta = 1$	$L_k = 5 m$	L/300
	Montante	$\beta = 1$	$\beta = 1$	L/300
	Diagonal	$\beta = 1$	$\beta = 1$	L/300

El pandeo en el plano perpendicular al pórtico de las barras del cordón superior vuelve a quedar restringido por las correas.

Por otro lado, bajo la modelización de celosía realizada, el coeficiente de pandeo para los pilares interiores es 2 (al carecer de arriostramiento en sus cabezas), y la longitud de pandeo del cordón inferior de la celosía en el plano perpendicular al pórtico es toda la luz, dando lugar a perfiles de grandes tamaños. Para solucionar esto, se dota a la estructura de dos elementos adicionales de arriostramiento más: una viga contraviento de fachada lateral a nivel del cordón inferior de la celosía que arriestre los pilares, llamada viga durmiente, y una serie de barras que unan el cordón inferior de una celosía con el cordón superior de la siguiente, reduciendo así esa longitud de pandeo a 5 m.

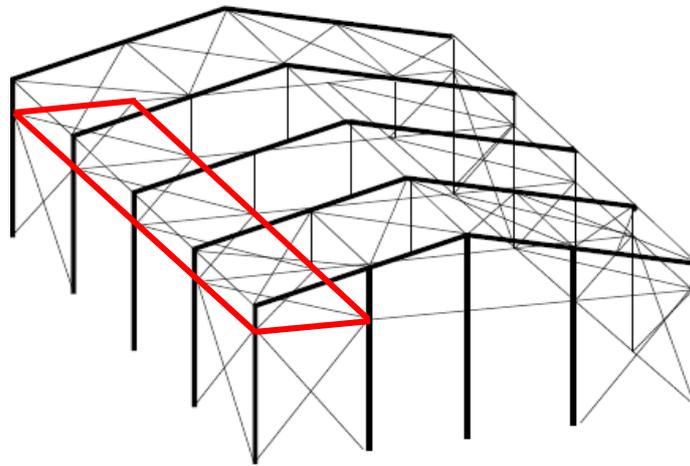


Figura 39.- Viga durmiente. Fuente: SJA009 - Construcción y Arquitectura Industrial



Figura 40.- Arriostramiento del cordón inferior de la celosía. Fuente: Weldersuniverse.com

4. Estudio paramétrico

Como se ha mencionado anteriormente, resulta de gran interés establecer cuál es el número de pórticos y la altura de cumbrera que minimicen el coste de la estructura. Así pues, se realizará un estudio en base a estos dos parámetros, además de la jácena, que puede ser de viga simple o en celosía, resultando las combinaciones representadas en la *Tabla 11*:

Tabla 11.- Casos de estudio

Configuración	Jácena	Número de pórticos	Crujía (m)	Altura de cumbrera (m)
1 S	Viga simple	7	5,833	5
2 S				5,5
3 S				6
4 S		8	5	5
5 S				5,5
6 S				6
7 S		9	4,375	5
8 S				5,5
9 S				6
1 C	Vigas en celosía	7	5,833	5
2 C				5,5
3 C				6
4 C		8	5	5
5 C				5,5
6 C				6
7 C		9	4,375	5
8 C				5,5
9 C				6

Nótese que las diferentes configuraciones se han identificado como *NS* y *NC*, donde *N* es el número de caso y *S* y *C* hacen referencia a viga simple o a viga en celosía.

Cada una de estas configuraciones se simulará y calculará en el programa CYPE 2019, de manera que los perfiles elegidos se ajusten a los requisitos estructurales que marca la norma, para a continuación extraer el peso y coste totales de la estructura, identificando así la solución más económica.

Para cada configuración, se estudiarán por separado el pórtico de fachada y uno de los pórticos interiores, lo cual resulta en 36 casos de estudio. En ellos, se considerará el peso total de la estructura al completo como el peso de cada pórtico por el número total de pórticos de cada tipo, teniendo en cuenta que posteriormente habrá que añadir elementos de arriostramiento adicionales a la estructura.

5. Resultados

5.1. Pórtico de fachada

Como puede observarse en la *Figura 41*, el peso del pórtico de fachada no varía con el número de pórticos, mientras que aumenta con la altura de cumbrera de la estructura. Esto se debe a que la reducción de esfuerzos en el pórtico de fachada ocasionada por el mayor número de pórticos no es significativa, ya que el aumento de la crujía aumenta la carga debida a las acciones en cubierta, pero es el viento frontal la acción dimensionante para este pórtico. Sin embargo, la mayor pendiente de la cubierta sí introduce esfuerzos considerables en los pilares hastiales.

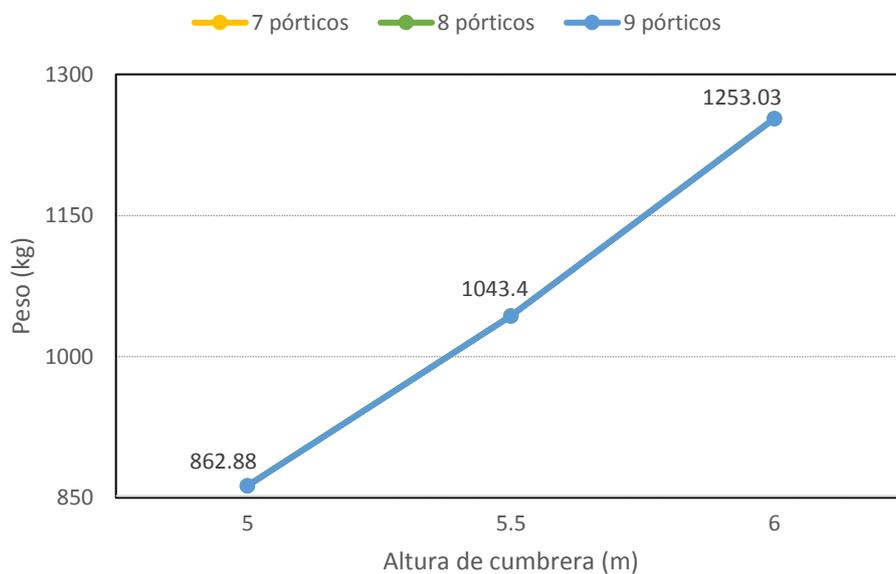


Figura 41.- Peso del pórtico de fachada

5.2. Pórtico interior

El pórtico interior presenta dos posibles tipologías, en función del tipo de jácena seleccionado.

Como se observa en la *Figura 42*, el peso del pórtico interior con jácena simple disminuye con el número de pórticos y la altura de cumbrera hasta cierto punto, a partir del cual el peso propio de los elementos supera su contribución frente a los esfuerzos. Esto es debido al aumento de la superficie tributaria, lo que conlleva que se requiera una mayor inercia para cumplir con los requisitos, y, por tanto, mayores perfiles.

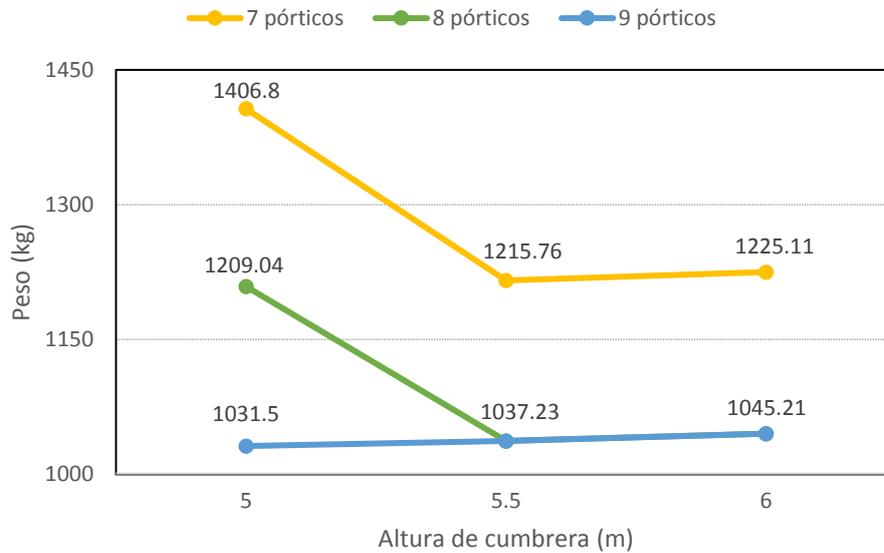


Figura 42.- Peso del pórtico interior con jácena de viga simple

La variación de peso en el caso de las cerchas depende principalmente del cordón inferior de la celosía, ya que es el más solicitado. Como se observa en la *Figura 43*, la variación del peso del pórtico sigue la misma tendencia que en el caso anterior: disminuye con el número de pórticos y la altura de cubrera.

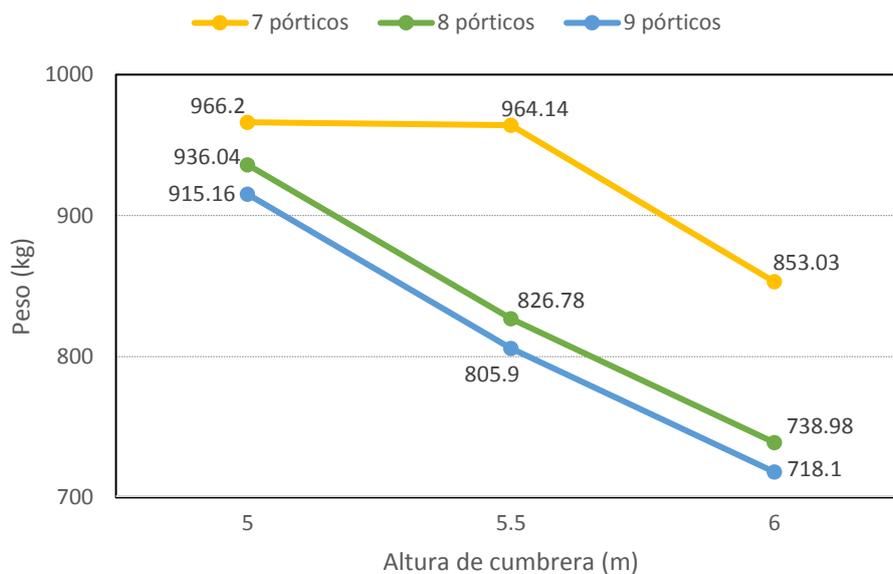


Figura 43.- Peso del pórtico interior con cercha

5.3. Estructura completa

Como se ha establecido anteriormente, se considera el peso total de la estructura al completo como el peso de cada pórtico por el número total de pórticos de cada tipo, teniendo en cuenta que posteriormente habrá que añadir un arriostramiento lateral y un arriostramiento de cubierta.

Para el pórtico de vigas simples, se observa en la *Figura 44* que la reducción de carga por pórtico no llega a compensar el peso introducido por los pórticos adicionales. Por otro lado, el aumento de la altura de cumbrera solo reduce el peso hasta cierto punto, a partir del cual las mayores dimensiones de los perfiles hacen que este peso vuelva a aumentar.

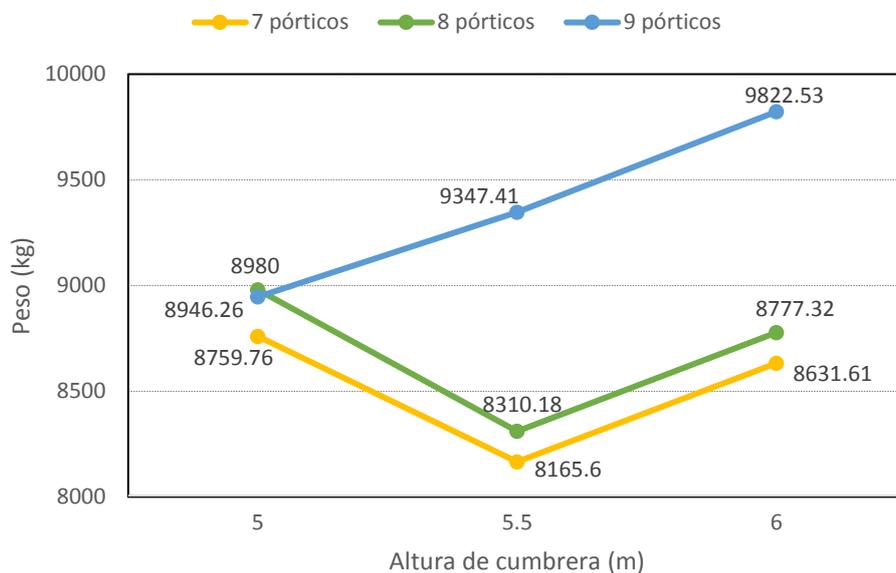


Figura 44.- Peso de la estructura completa con jácena de viga simple

El peso de la estructura en celosía se comporta de forma similar (*Figura 45*). Más pórticos, si bien logran reducir su peso de forma individual, siguen sin beneficiar al completo de la estructura, pero se puede establecer que en este caso una mayor altura de cumbrera sí es efectiva y beneficia al peso total.

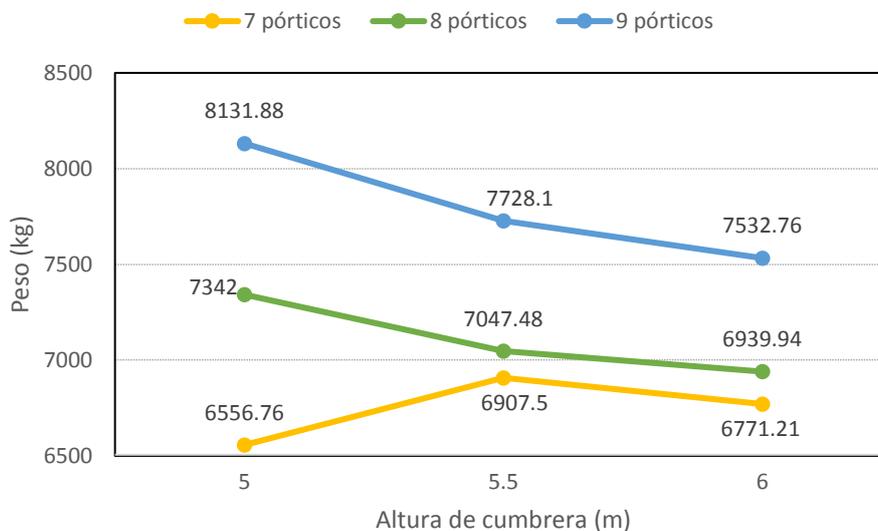


Figura 45.- Peso de la estructura completa con cerchas

6. Selección de la solución

La elección de la solución a adoptar depende en gran medida del peso total de la estructura. A menor peso, menor cantidad de material se deberá utilizar para la construcción de la misma, y por tanto, se reducirá el coste del proyecto.

Sin embargo, al comparar dos tipologías diferentes de pórtico (vigas simples y en celosía), se deben tener en cuenta otros parámetros que pueden ocasionar que la solución más adecuada no sea la que a priori requiera un menor uso de acero.

En primer lugar, debido al ambiente altamente húmedo que presentará el interior de la cubierta una vez construida, se deberá aplicar una capa protectora anticorrosión a los perfiles de acero que formen la estructura metálica. Si bien esto no presentará ninguna modificación a efectos de cálculo, sí supondrá un coste adicional a las estructuras con un mayor número de barras y perfiles, amén de otros costes derivados del número de barras de la estructura (elementos de unión, mayores tiempos de obra, etc.)

Por otro lado, como ya se ha mencionado, la modelización de celosía realizada supone ciertos coeficientes de pandeo que dan lugar a perfiles de grandes tamaños, y para solucionar esto se deberán incluir dos elementos adicionales de arriostramiento adicionales. Aunque estos elementos permitan reducir los perfiles del cordón inferior por mejorar sus condiciones de contorno, introducen un coste adicional en el proyecto.

Así pues, se seleccionan las configuraciones estructurales de menor peso para cada tipo de jácena, es decir, la **Configuración 2 S** y la **Configuración 1 C** según la *Tabla 11*, para a continuación proceder a su comparación y evaluación.

Para realizar la selección de la solución final se seguirá el método de las jerarquías analíticas, un método de comparación de alternativas desarrollado en los setenta y extensamente estudiado y refinado desde entonces. Este método consiste en:

1. Seleccionar diferentes atributos o características exigibles
2. Valorar estos atributos en cada una de las alternativas propuestas
3. Definir el nivel de importancia de cada atributo respecto al resto
4. Calcular el peso unitario de cada atributo
5. Multiplicar el peso unitario de cada atributo por su valoración en cada una de las alternativas propuestas

De este modo, la propuesta que obtenga un mayor coeficiente se puede considerar como la óptima.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, los atributos comparativos para este caso, ordenados de mayor a menor importancia, serán:

1. Peso de la estructura: una menor cantidad de material supondrá un menor coste final (sin contar arriostramientos adicionales)
2. Necesidad de elementos adicionales: si bien estos elementos reducen el peso de la estructura, introducen un peso propio adicional que incurre en más costes
3. Número de barras: cuantas menos barras tenga la estructura, menores costes derivados de realizar uniones y tratamientos en las barras (sin contar arriostramientos adicionales)

A continuación, se muestra el conjunto de soluciones propuestas junto a los atributos mencionados anteriormente para cada una de ellas:

Tabla 12.- Valoración de los atributos de las soluciones propuestas

Alternativa	Peso de la estructura	Necesidad de elementos adicionales	Número de barras
Configuración 2 S	8 165,60 kg	No	43
Configuración 1 C	6 556,76 kg	Sí	133

Para poder realizar el proceso de selección, se debe estimar el nivel de importancia de cada atributo respecto al resto de ellos y establecerse de forma numérica según el decisor. Para ello se adoptan los valores de la siguiente tabla:

Tabla 13.- Niveles de importancia

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo
3	Dominancia débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta que existe una fuerte dominancia de un elemento sobre otro
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Valores intermedios de decisión

De este modo, el nivel de importancia estimado de cada uno de los atributos en cuestión es el siguiente:

Tabla 14.- Tabla de jerarquías de los atributos

	Peso de la estructura	Necesidad de elementos adicionales	Número de barras
Peso de la estructura	1	3	4
Necesidad de elementos adicionales	1/3	1	2
Número de barras	1/4	1/2	1

El peso de cada atributo se puede obtener mediante la expresión:

$$W_i = (a_1 \cdot a_2 \cdot a_3)^{1/3} \quad (3)$$

donde W_i es el peso del atributo y a_i el valor del nivel de importancia representado en la *Tabla 14*.

Así pues, el peso de cada atributo, utilizando la expresión (3), es:

$$W_1 = (1 \cdot 3 \cdot 4)^{1/3} = 2,23$$

$$W_2 = \left(\frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 2\right)^{1/3} = 0,874$$

$$W_3 = \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1\right)^{1/3} = 0,5$$

El peso unitario de cada atributo se puede estimar mediante la expresión:

$$W'_i = \frac{W_i}{\sum W_i} \quad (4)$$

quedando estos pesos unitarios como:

$$W'_1 = \frac{2,23}{(2,23 + 0,874 + 0,5)} = 0,619$$

$$W'_2 = \frac{0,874}{(2,23 + 0,874 + 0,5)} = 0,243$$

$$W'_3 = \frac{0,5}{(2,23 + 0,874 + 0,5)} = 0,138$$

Para poder obtener los resultados finales es necesario escalar la tabla de valoración de los atributos a valores de entre cero y uno. De este modo, la tabla queda de la forma:

Tabla 15.- Valoración de los atributos entre cero y uno

Alternativa	Peso de la estructura	Necesidad de elementos adicionales	Número de barras
Configuración 2 S	0,51	1	1
Configuración 1 C	1	0	0,32

Estos valores se han calculado teniendo en cuenta que el menor peso de la estructura y número de barras, así como la no necesidad de elementos adicionales, representan un valor de 1, mientras que el resto se han obtenido de forma aproximada mediante interpolación.

La decisión final se realizará a partir de la comparación de los resultados de cada alternativa. Para ello, se debe realizar una media ponderada de los valores de los atributos de cada propuesta, considerando el peso de cada uno de ellos, lo cual se logra mediante la expresión:

$$S_i = \sum V_i \cdot W'_i \quad (5)$$

donde S_i es el valor de la propuesta y V_i la valoración del atributo, obteniendo los siguientes resultados:

$$S_1 = 0,51 \cdot 0,619 + 1 \cdot 0,243 + 1 \cdot 0,138 = 0,6967$$

$$S_2 = 1 \cdot 0,619 + 0 \cdot 0,243 + 0,32 \cdot 0,138 = 0,6632$$

$$S_1 > S_2$$

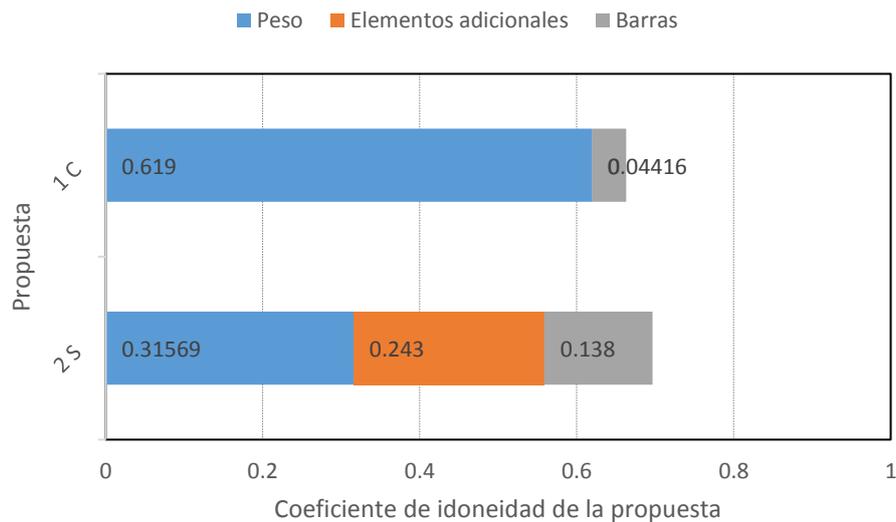


Figura 46.- Idoneidad de las propuestas elegidas

En vista a los resultados obtenidos, se escoge el diseño de la cubierta denominado anteriormente como **Configuración 2 S**, representado en la *Tabla 16*:

Tabla 16.- Dimensiones de la estructura

Parámetro	Valor
Luz (m)	20,5
Longitud (m)	35
Altura de alero (m)	4
Altura de cumbrera (m)	5,5
Pendiente	14,63 %
Crujía (m)	5,833
Tipo de jácena	Viga simple
Número de pórticos	7
Peso total (kg)	8165,60

7. Comparación de la solución con una cubierta a dos aguas

Con objeto de verificar que la solución con cubierta curva no suponga un sobrecoste excesivo frente a la tipología de pórtico simple a dos aguas, se simula la Configuración 2 S con esta tipología y se comparan los resultados en la *Tabla 17*:

Tabla 17.- Solución con cubierta curva vs. tipología de pórtico a dos aguas

Solución	Peso de la estructura
Cubierta curva	8 165,60 kg
Cubierta a dos aguas	7 887,74 kg

Como puede observarse, la solución con cubierta curva es ligeramente más pesada y, por lo tanto, más cara que la solución a dos aguas. Sin embargo, esta diferencia de precio no es significativa en comparación con las ventajas estéticas y de iluminación de la solución adoptada, pues solo supone un 3,5 % de peso adicional.

De este modo, la configuración de pórtico con cubierta curva queda verificada como solución estructural más adecuada.

8. Conclusiones

Tras los diferentes estudios y cálculos realizados, y el análisis de los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Un mayor número de pórticos no logra reducir las dimensiones de los perfiles que los componen lo suficiente como para compensar el peso adicional introducido.
- Una mayor pendiente de la cubierta beneficia a las jácenas, pero perjudica a los pilares, por lo que resulta de gran importancia estudiar detenidamente este parámetro y encontrar la geometría adecuada.
- Las celosías permiten grandes reducciones de peso, pues aumentan la inercia sin aumentar tanto el peso como los perfiles IPE, pero exigen otros elementos de arriostramiento y gastos adicionales para su construcción, los cuales hacen que solo resulten rentables para luces más grandes que la de este proyecto.
- La diferencia de precio de la cubierta curva frente a una cubierta a dos aguas no es significativa en comparación con las ventajas estéticas y de iluminación que ofrece.

ANEXO II: CÁLCULOS ESTRUCTURALES

ÍNDICE

1. Memoria de cálculo.....	77
1.1. Bases de cálculo	77
1.2. Definición del pórtico tipo.....	79
1.3. Definición de la estructura	80
1.4. Placas de anclaje y cimentación.....	85
2. Comprobaciones	87
2.1. Correas	87
2.1.1. Correa de cubierta.....	87
2.1.2. Correa lateral.....	90
2.2. Pórtico de fachada.....	93
2.2.1. Pilar de esquina	93
2.2.2. Pilar hastial	103
2.2.3. Jácena	111
2.2.4. Tirante CSA	121
2.3. Pórtico interior	125
2.3.1. Pilar.....	126
2.3.2. Jácena	133
2.4. Viga contraviento	143
2.4.1. Montante	144
2.4.2. Diagonal.....	151
2.5. Viga perimetral.....	155
2.6. Arriostramiento lateral.....	161
2.7. Placas de anclaje	165
2.8. Cimentación	168
2.9. Resumen.....	174

1. Memoria de cálculo

1.1. Bases de cálculo

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

Con coeficientes de combinación, las acciones se combinan según la expresión:

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

Sin coeficientes de combinación, la expresión es:

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

donde G_k son acciones permanentes, P_k acciones de pretensado, Q_k acciones variables, γ coeficientes parciales de seguridad, y Ψ coeficientes de combinación de acciones variables.

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

Tabla 18.- E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (γ_p)	Acompañamiento (γ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500
Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (γ_p)	Acompañamiento (γ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000

Tabla 19.- E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (γ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (γ _p)	Acompañamiento (γ _a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500
Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (γ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (γ _p)	Acompañamiento (γ _a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Tabla 20.- Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

Tabla 21.- Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

1.2. Definición del pórtico tipo

La definición del pórtico tipo que forma la estructura se realiza mediante el módulo Generador de Pórticos del programa CYPE Ingenieros. Este módulo permite definir y calcular las acciones actuantes en cada uno de los pórticos de forma automática. Además, permite el cálculo de las correas de cubierta y laterales.

En primer lugar, se definen las dimensiones del pórtico establecidas en el *Anexo I: Estudio y diseño de la estructura* mediante el cuadro de diálogo que aparece en pantalla. Dado que no existe la opción de un pórtico con jácena curva, se define como pórtico a dos aguas y posteriormente se modificará su geometría.

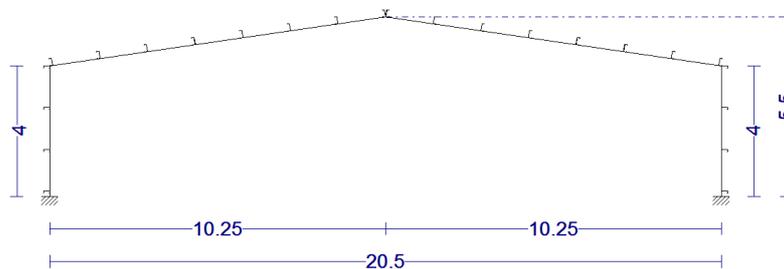


Figura 47.- Geometría del pórtico tipo

A continuación, hay que introducir el resto de datos generales de la obra: número de vanos, crujía, peso de los cerramientos y sobrecarga de uso según indique la normativa.

El cuadro de diálogo 'Datos generales' muestra los siguientes parámetros:

- Número de vanos: 6
- Separación entre pórticos: 5,83 m
- Con cerramiento en cubierta
 - Peso del cerramiento: 0,03 kN/m²
 - Sobrecarga del cerramiento: 0,40 kN/m²
- Con cerramiento en laterales
 - Peso del cerramiento: 0,06 kN/m²
- Con sobrecarga de viento: CTE DB SE-AE (España)
- Con sobrecarga de nieve: CTE DB-SE AE (España)

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: Altitud inferior o igual a 1000 m

Desplazamientos

- Acciones características: [?]

Categorías de uso

- Acero laminado: CTE DB SE-A
- Acero conformado: CTE DB SE-A
- G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

Botones: Aceptar, Cancelar

Figura 48.- Datos generales de la obra

Para definir las acciones del viento y la nieve, se deben especificar los parámetros correspondientes según el CTE DB SE-AE, atendiendo al emplazamiento geográfico de la edificación:



Figura 49.- Parámetros para la definición de las acciones de viento y nieve

Por último, se definen las correas de cubierta y de los cerramientos laterales. Los datos que se introducen para el cálculo son: $L/300$ para el límite de flecha (por ser un elemento a flexión), realizar el cálculo en un vano (queda del lado de la seguridad) y fijación rígida. Se escogen perfiles CF, y se ordena al programa que realice un proceso de comprobación iterativo para encontrar las diferentes combinaciones de perfiles y separación entre correas que cumplan con las especificaciones de la normativa, eligiendo la combinación de menor carga superficial.

Una vez finalizado el trabajo en el módulo Generador de Pórticos, se realiza la exportación de la estructura al módulo CYPE 3D, donde se completará su definición.

1.3. Definición de la estructura

En primer lugar, se establecen la normativa a seguir (CTE y EHE-08) y las características de los materiales a utilizar (hay que modificar el tipo de acero para barras y uniones que aparece por defecto a acero B500S). A continuación, se modifica la geometría de los pórticos hasta que se ajuste a la jácena curva diseñada:

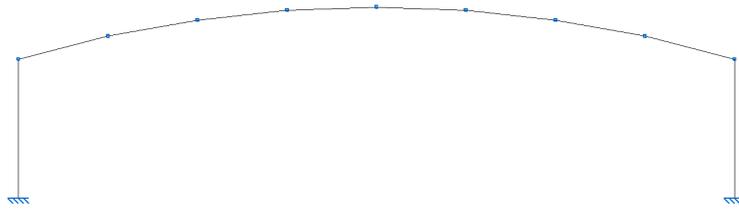


Figura 50.- Geometría del pórtico tipo modificada

La modificación de la geometría del pórtico conlleva la tarea de reajustar las cargas, debiendo crear nuevos paños de carga para cada uno de los faldones de la cubierta y ajustar a ellos las hipótesis de carga consideradas:

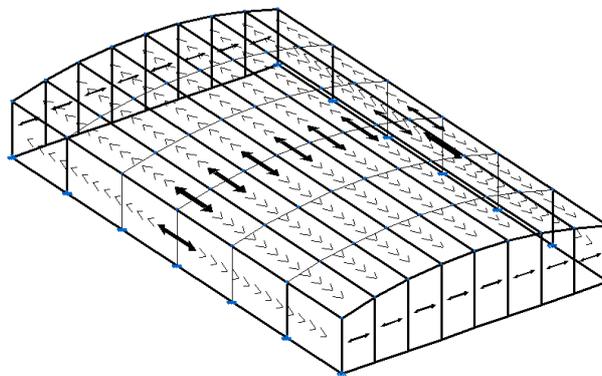


Figura 51.- Paños de carga

Para definir el pórtico de fachada, se dispondrán pilares hastiales cuyos apoyos en cabeza coinciden con los nudos de la jácena. Estos pilares son barras empotradas en la base y articuladas en cabeza, y están girados 90º respecto a los pilares de esquina:

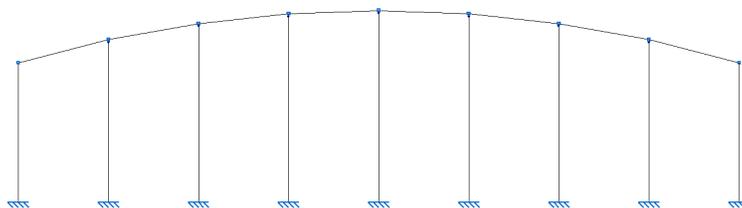


Figura 52.- Pilares hastiales del pórtico de fachada

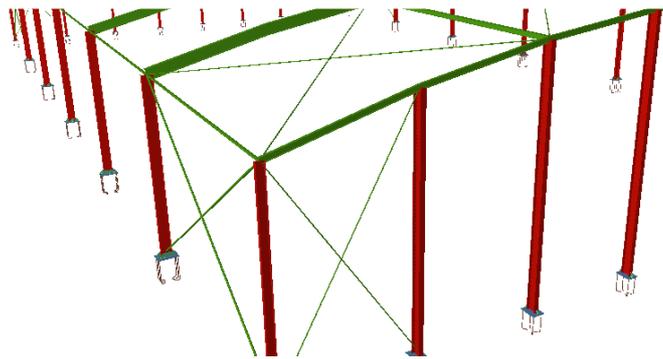


Figura 53.- Disposición de los pilares hastiales

La viga perimetral une las cabezas de los pilares de los pórticos de la estructura, y estará formada por un perfil cuadrado hueco. Estas barras son elementos secundarios de arriostramiento que trabajan a tracción. Para asegurar que no reciben otro tipo de esfuerzos desde los pórticos se articulan sus extremos:

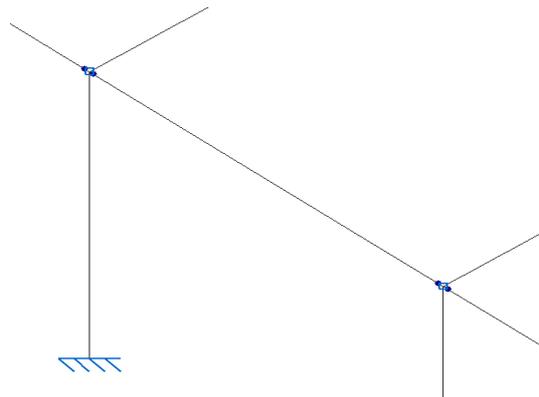


Figura 54.- Viga perimetral

La viga contraviento consta de montantes formados por perfiles cuadrados huecos, y diagonales a base de perfiles redondos macizos, todos articulados en los extremos. Se opta por una viga contraviento tipo Pratt, donde los montantes trabajan a compresión y las diagonales a tracción. Además, estas últimas se duplican para poder absorber los esfuerzos debidos a las dos direcciones del viento:

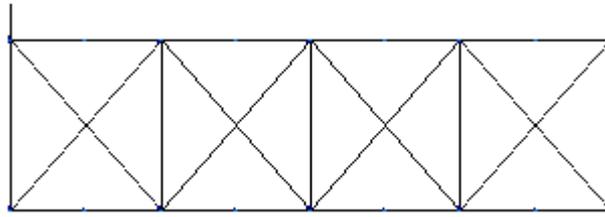


Figura 55.- Viga contraviento tipo Pratt

Por último, se colocan arriostramientos mediante Cruces de San Andrés en los pórticos de fachada y en las fachadas laterales formadas por perfiles redondos macizos articulados en los extremos:

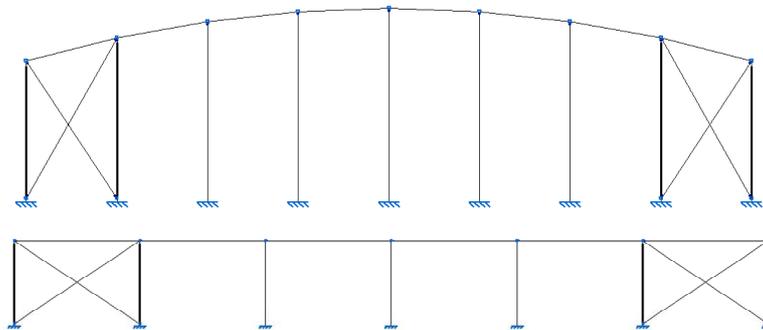


Figura 56.- Cruces de San Andrés

Cabe destacar que para que no surjan problemas a la hora de calcular las placas de anclaje en la base de los pilares de la estructura a los que llegan los tirantes de los arriostramientos, es necesario crear un nudo nuevo cercano a la base para que la unión tirante-pilar no interfiera con la placa de anclaje, tal y como se observa en la *Figura 57*:

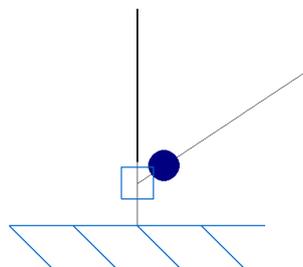


Figura 57.- Detalle de la base de los pilares con arriostramiento

Tras seguir los diferentes pasos expuestos en el presente anexo, la estructura presenta la siguiente forma:

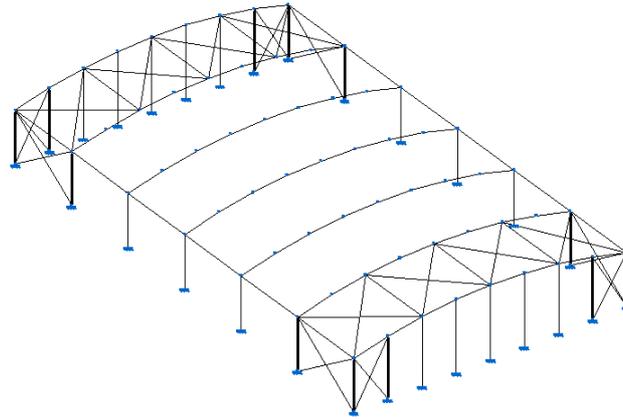


Figura 58.- Vista general de la estructura

Llegados a este punto, solo quedan por definir los límites de flecha y coeficientes de pandeo de cada uno de los elementos de la estructura:

Tabla 22.- Coeficientes de pandeo y flecha límite de los elementos

Elemento		Pandeo		Flecha
		Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pórtico de fachada	Pilar de esquina	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	L/300
	Pilar hastial	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	L/300
	Jácena	$\beta = 1$	$\beta = 0$	L/300
	Tirante (CSA)	$\beta = 0$	$\beta = 0$	-
Pórtico interior	Pilar	$\beta = 1,49$	$\beta = 0,7$	L/250
	Jácena	$\beta = 1$	$\beta = 0$	L/300
Viga contraviento	Montante	$\beta = 1$	$\beta = 1$	-
	Diagonal	$\beta = 0$	$\beta = 0$	-
Viga perimetral		$\beta = 0$	$\beta = 0$	-
CSA lateral		$\beta = 0$	$\beta = 0$	-

Al coincidir el perfil de las jácenas y los pilares de los pórticos interiores, la expresión (2) para el cálculo del coeficiente de distribución η_1 definida en el *Anexo I: Estudio y diseño de la estructura* queda simplificada de la siguiente forma:

$$\eta_1 = \frac{1/L_{pilar}}{1/L_{pilar} + 1,5/L_{viga}} \quad (6)$$

Utilizando las expresiones (1) y (6), el valor del coeficiente de pandeo en el plano del pórtico para los pilares de los pórticos interiores es:

$$\eta_1 = \frac{1/4}{1/4 + 1,5/20,5} = 0,774$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot 0,774}{1 - 0,8 \cdot 0,774}} = 1,49$$

Una vez definida toda la estructura y sus parámetros, se procede al cálculo de los perfiles necesarios, y se comprueba que no disten demasiado de la solución obtenida en el *Anexo I: Estudio y diseño de la estructura*.

1.4. Placas de anclaje y cimentación

Las placas de anclaje se dividen en tres grupos: placas de esquina, placas de fachada y placas laterales. Todas cuentan con pernos con patilla a 90°.

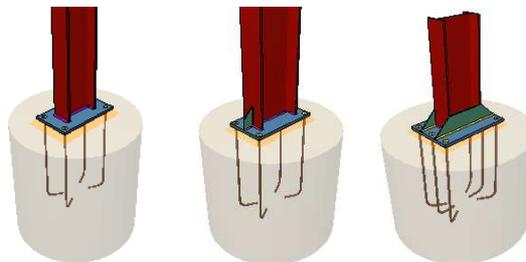


Figura 59.- Placas de anclaje de esquina (izq), de fachada (centro) y lateral (dcha)

A cada tipo de placa de anclaje le corresponde un tipo de zapata. Las zapatas de fachada y de esquina están centradas, mientras que las zapatas laterales son excéntricas y crecen hacia el exterior de la estructura.

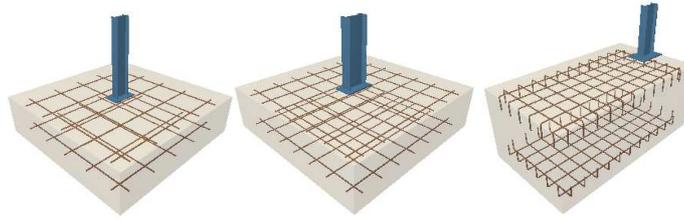


Figura 60.- Zapatas de esquina (izq), de fachada (centro) y lateral (dcha)

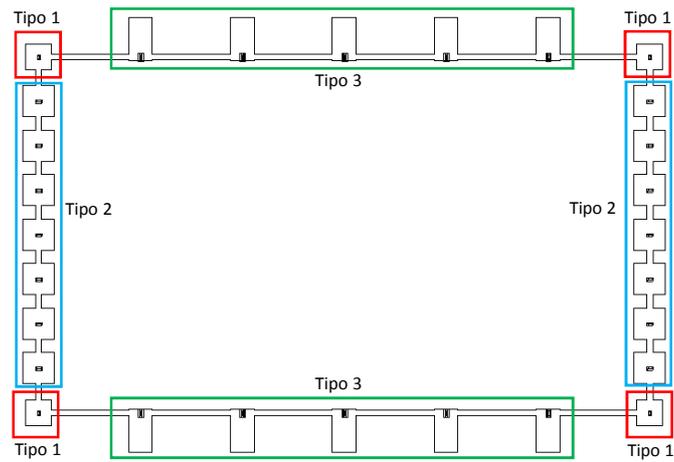


Figura 61.- Cimentaciones de la estructura

Una vez finalizado el diseño de la estructura, se procede a la comprobación de todos los elementos.

2. Comprobaciones

2.1. Correas

2.1.1. Correa de cubierta

Perfil: CF-225x2.5 Material: S235										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	
		0.693, 5.830, 4.101	0.693, 0.000, 4.101	5.830	10.46	806.27	90.72	0.22	-16.21	0.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad										
	Pandeo			Pandeo lateral						
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β	0.00	1.00	0.00	0.00						
L _K	0.000	5.830	0.000	0.000						
C ₁	-		1.000							
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

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

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{86.0} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{28.0} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{8.0} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.286}$$

Donde:

h: Altura del alma.

$$h : \underline{215.00} \text{ mm}$$

b: Ancho de las alas.

$$b : \underline{70.00} \text{ mm}$$

c: Altura de los rigidizadores.

$$c : \underline{20.00} \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : \underline{2.50} \text{ mm}$$

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

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

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

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.431} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo 0.693, 5.830, 4.101, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$ H1.

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

$$M_{y,Ed}^- : \underline{6.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{15.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{eff} : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{eff} : \underline{68.21} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

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

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.092 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.693, 0.000, 4.101, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(270°) H1.

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

V_{Ed} : 5.33 kN

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

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: 58.01 kN

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 220.30 mm

t : Espesor.

t : 2.50 mm

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

ϕ : 90.0 grados

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

f_{bv} : 110.59 MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: 1.02

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : 235.00 MPa

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

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

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

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

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

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

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

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

2.1.2. Correa lateral

Perfil: CF-200x2.0 Material: S235									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)
		0.000, 34.980, 0.600	0.000, 29.150, 0.600	5.830	6.92	405.65	32.67	0.09	-13.42
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad									
	Pandeo		Pandeo lateral						
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
	β	0.00	1.00	0.00	0.00				
	L _K	0.000	5.830	0.000	0.000				
	C ₁	-		1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico									

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

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{95.5} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{25.5} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{7.8} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.304}$$

Donde:

h: Altura del alma.

$$h : \underline{191.00} \text{ mm}$$

b: Ancho de las alas.

$$b : \underline{51.00} \text{ mm}$$

c: Altura de los rigidizadores.

$$c : \underline{15.50} \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

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

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

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.777} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo 0.000, 34.980, 0.600, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

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

$$M_{y,Ed}^- : \underline{6.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{8.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{eff} : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{eff} : \underline{39.34} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

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

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.137} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 34.980, 0.600, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(90°) H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.10} \text{ kN}$$

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

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{b,Rd} : \underline{37.13} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{195.95} \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

$$f_{bv} : \underline{99.47} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$\bar{\lambda}_w : \underline{1.13}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

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

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

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

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

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

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

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

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

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

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

2.2. Pórtico de fachada

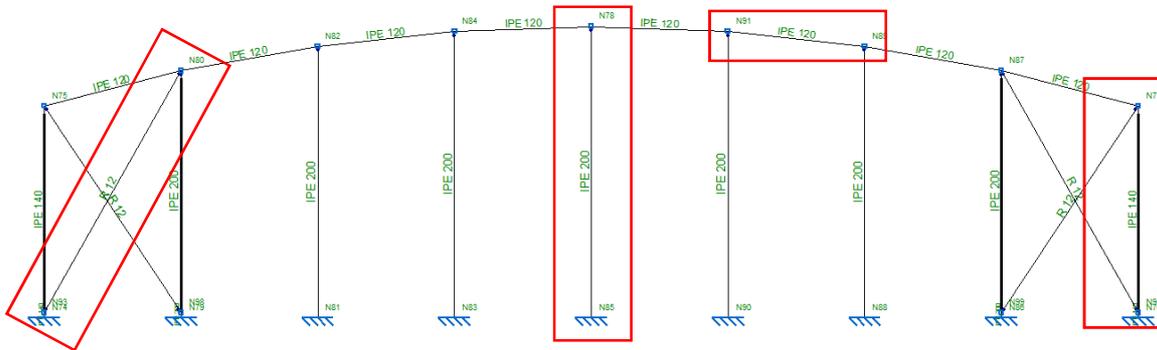


Figura 62.- Identificación de elementos representativos del pórtico de fachada

Las barras pésimas del pórtico de fachada son:

- Pilar de esquina: Barra N94/N77
- Pilar hastial: Barra N85/N78
- Jácena: Barra N89/N91
- Tirante CSA: Barra N93/N80

2.2.1. Pilar de esquina

Perfil: IPE 140						
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)	
N94 / N77	4.000	16.40	541.00	44.90	2.45	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L_k	2.800	2.800	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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.90} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

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

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{124.86} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{1504.50} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{124.86} \text{ kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{541.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{44.90} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{2.45} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{1980.00} \text{ cm}^6$$

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.

$$L_{ky} : \underline{2.730} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{2.730} \text{ m}$$

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

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

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

$$i_0 : \underline{5.98} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{5.74} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.65} \text{ cm}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.

h_w : 126.20 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 4.70 mm

A_w: Área del alma.

A_w : 5.93 cm²

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

A_{fc,ef} : 5.04 cm²

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

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

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

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.836 m del nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

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

N_{t,Ed} : 4.56 kN

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

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

N_{t,Rd} : 429.52 kN

Donde:

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

A : 16.40 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.027 ✓

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

$$\eta : \underline{0.118} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{11.65} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{429.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{b,Rd} : \underline{98.47} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\mathbf{\chi}_y : \underline{0.91}$$

$$\mathbf{\chi}_z : \underline{0.23}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\mathbf{\Phi}_y : \underline{0.69}$$

$$\mathbf{\Phi}_z : \underline{2.60}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha}_y : \underline{0.21}$$

$$\mathbf{\alpha}_z : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\bar{\lambda}}_y : \underline{0.55}$$

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

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

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

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

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

$$\bar{\lambda}_z : 1.90$$

$$N_{cr} : 124.86 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 1504.50 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 124.86 \text{ kN}$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.085 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

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

$$M_{Ed}^+ : 1.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : 1.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 23.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 88.30 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.153 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

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

$M_{Ed}^+ : \underline{0.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones $0.8\cdot PP+1.5\cdot V(0^\circ)H2$.

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

$M_{Ed}^- : \underline{0.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

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

$M_{c,Rd} : \underline{5.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,z} : \underline{19.30} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$\eta : \underline{0.020} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones $1.35\cdot PP+1.5\cdot V(270^\circ)H1$.

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

$V_{Ed} : \underline{2.32} \text{ kN}$

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

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

$V_{c,Rd} : \underline{115.17} \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$A_v : \underline{7.62} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

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

t_w : Espesor del alma.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 23.87 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 23.87

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

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

V_{Ed} : 0.86 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{158.30} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 10.47 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 16.40 cm²

d : Altura del alma.

d : 126.20 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.70 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

$$2.32 \text{ kN} \leq 57.58 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.32} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{115.17} \text{ kN}$$

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

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

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

$$0.86 \text{ kN} \leq 79.15 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.86} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{158.30} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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



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

$$\eta : \underline{0.232}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{2.70} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^- : \underline{1.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

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

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{23.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{5.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{-1.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

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

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{20.89} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

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

$$W_{y,com} : \underline{88.30} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

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

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

$$M_{b,Rd,y} : \underline{23.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$2.32 \text{ kN} \leq 57.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{2.32} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{115.17} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$M_{T,Ed}$: 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:

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

$$M_{T,Rd} : \underline{0.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{3.55} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.020} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N94, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{2.24} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{114.60} \text{ kN}$$

Donde:

$$V_{pl,Rd} : \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{pl,Rd} : \underline{115.17} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : \text{Tensiones tangenciales por torsión.} \quad \tau_{T,Ed} : \underline{1.85} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$$W_T : \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad W_T : \underline{3.55} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.005} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N94, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.86} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{157.60} \text{ kN}$$

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

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 158.30 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 1.67 MPa

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 3.55 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

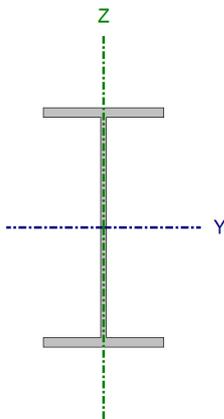
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

2.2.2. Pilar hastial

Perfil: IPE 200							
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)
	N85	N78	5.50	28.50	1943.00	142.00	6.98
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.70	0.70	0.00	0.00		
	L_K	3.85	3.85	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.

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

$\bar{\lambda}$: 1.95 ✓

Donde:

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

Clase : 1

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

$$\mathbf{A} : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{205.36} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{2810.00} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{205.36} \text{ kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$\mathbf{I}_y : \underline{1943.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_z : \underline{142.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{6.98} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{13000.00} \text{ cm}^6$$

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.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{3.786} \text{ m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{3.786} \text{ m}$$

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

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

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

$$\mathbf{i}_0 : \underline{8.55} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{i}_y : \underline{8.26} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{2.23} \text{ cm}$$

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

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\mathbf{32.68 \leq 251.55} \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>183.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.60</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>10.25</u> cm ²
A_{rc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{rc,ef} : <u>8.50</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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N91, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{7.52} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

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

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{5.93} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{163.00} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{0.22}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.67}$$

$$\phi_z : \underline{2.71}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.53}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.95}$$

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

$$N_{cr} : \underline{205.36} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{2810.00} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{205.36} \text{ kN}$$

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:

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

η : 0.365 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

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

M_{Ed}^+ : 7.81 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

M_{Ed}^- : 21.12 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: 57.88 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y}$: 221.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

M_{Ed}^+ : 0.02 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

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

M_{Ed}^- : 0.01 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: 11.68 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} : 44.60 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.042 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

V_{Ed} : 8.80 kN

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

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

V_{c,Rd} : 211.94 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 14.02 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 200.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 5.60 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

28.39 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 28.39

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

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{\text{máx}}$: 64.71

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \mathbf{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

V_{Ed} : 0.00 kN

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

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

$V_{\text{c,Rd}}$: 275.99 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 18.25 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 28.50 cm²

d : Altura del alma.

d : 183.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

8.80 kN ≤ 105.97 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

V_{Ed} : 8.80 kN

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

$V_{c,Rd}$: 211.94 kN

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

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

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

0.00 kN ≤ 137.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

V_{Ed} : 0.00 kN

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

$V_{c,Rd}$: 275.99 kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.368 ✓

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

η : 0.363 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N90, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

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

$N_{t,Ed}$: 2.03 kN

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

$M_{y,Ed}$: 21.12 kN·m

$M_{z,Ed}$: 0.01 kN·m

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

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$: 746.43 kN

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

$M_{pl,Rd,y}$: 57.88 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 11.68 kN·m

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

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

$M_{ef,Ed}$: -20.99 kN·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

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

$\sigma_{com,Ed}$: 94.98 MPa

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

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

$W_{y,com}$: 221.00 cm³

A: Área de la sección bruta.

A : 28.50 cm²

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

$M_{b,Rd,y}$: 57.88 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 el nudo N90, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$8.80 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{8.80}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{211.94}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

2.2.3. Jácena

Perfil: IPE 120		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)	
N89	N91	2.578	13.20	318.00	27.70	1.74	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	1.00	0.00	0.00			
L_K	0.000	2.578	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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.61} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\text{A} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{991.63} \text{ kN}$$

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

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

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{991.63} \text{ kN}$$

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

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

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

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{318.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{890.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\text{L}_{ky} : \underline{2.578} \text{ m}$$

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

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

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

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

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

$$\text{i}_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

$$\text{i}_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$\text{i}_y : \underline{4.91} \text{ cm}$$

$$\text{i}_z : \underline{1.45} \text{ cm}$$

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

$$\text{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\text{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$24.41 \leq 248.01 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{107.40} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{4.73} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{4.03} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.525 m del nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{7.17} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{4.41} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{307.02} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{0.73}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.61}$$

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

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

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

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

$$N_{cr} : \underline{991.63} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{991.63} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.108} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.285} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.033} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{3.13} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{95.19} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.30} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

21.23 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 21.23

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

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

V_{Ed} : 0.65 kN

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

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

$V_{c,Rd}$: 128.14 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 8.47 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 13.20 cm²

d : Altura del alma.

d : 107.40 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.40 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{Mo} : 1.05

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

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

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

2.65 kN ≤ 47.60 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 2.65 kN

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

$V_{c,Rd}$: 95.19 kN

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

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

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

0.65 kN ≤ 64.07 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 0.65 kN

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

$V_{c,Rd}$: 128.14 kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : **0.350** ✓

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

η : **0.313** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

Donde:

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

$N_{t,Ed}$: 7.00 kN

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

$M_{y,Ed}^+$: 1.72 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.79 kN·m

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

Clase: 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{1.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

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

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{24.03} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

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

$$W_{y,com} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

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

$$M_{b,Rd,y} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$2.65 \text{ kN} \leq 46.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{2.65} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{93.94} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.117} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{0.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{2.76} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.033 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.527 m del nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

V_{Ed} : 3.13 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.02 kN·m

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

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

$V_{pl,T,Rd}$: 93.76 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 95.19 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 5.63 MPa

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 2.76 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.005 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N89, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

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

V_{Ed} : 0.65 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.05 kN·m

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

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

$V_{pl,T,Rd}$: 122.01 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 128.14 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 17.65 MPa

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 2.76 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

2.2.4. Tirante CSA

Perfil: R 12		Material: Acero (S275)		Características mecánicas			
Nudos		Longitud (m)	Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	
Inicial	Final						
N93	N80	5.234	1.13	0.10	0.10	0.20	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	0.00	0.00	0.00			
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000			
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C_1	-		1.000				
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

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

$\bar{\lambda} < 0.01$ ✓

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 : 1.13 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

N_{cr} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.228} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.148 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

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

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{6.76} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{29.62} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.13} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.196} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

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

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{5.82} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{29.62} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.13} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.239 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.647 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

M_{Ed}^+ : 0.02 kN·m

Para flexión negativa:

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

M_{Ed}^- : 0.00 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: 0.08 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y}$: 0.29 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a 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:

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

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

V_{Ed} : 0.02 kN

Resistencia a cortante de la sección:

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

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

$V_{c,Rd}$: 17.10 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : 1.13 cm²

$$A_v = A$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : 1.13 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

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

Resistencia a 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}**.

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

0.01 kN ≤ 8.55 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.456 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

V_{Ed} : 0.01 kN

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

V_{c,Rd} : 17.10 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:

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

η : 0.465 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.647 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

Donde:

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

N_{t,Ed} : 6.69 kN

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

M_{y,Ed}⁺ : 0.02 kN·m

M_{z,Ed}⁺ : 0.00 kN·m

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

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{29.62} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.456 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 8.55 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{17.10} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

2.3. Pórtico interior

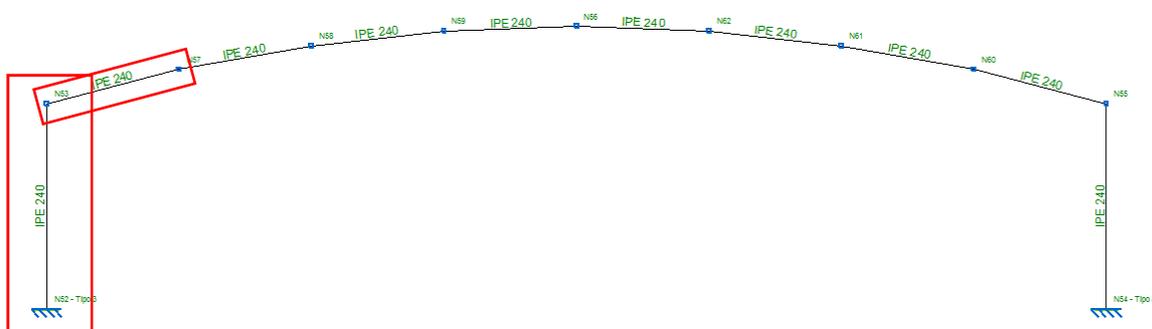


Figura 63.- Identificación de elementos representativos del pórtico interior

Las barras pésimas del pórtico interior son:

- Pilar: Barra N52/N53
- Jácena: Barra N53/N57

2.3.1. Pilar

Perfil: IPE 240		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)	
N52	N53	4.000	39.10	3892.00	284.00	12.90	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		0.70	1.49	0.00	0.00		
L _k		2.800	5.956	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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.20} \quad \checkmark$$

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.

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{750.79} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{2273.96} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{750.79} \text{ kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{3892.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{284.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{12.90} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{37400.00} \text{ cm}^6$$

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.

$$L_{ky} : \underline{5.956} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{2.800} \text{ m}$$

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

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

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

$$i_0 : \underline{10.33} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{9.98} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{2.70} \text{ cm}$$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$35.55 \leq 246.95 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{220.40} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.20} \text{ mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{13.66} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{11.76} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.876 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{37.52} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{1024.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H2+1.5·N(EI).

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{28.90} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{1024.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{491.45} \text{ kN}$$

Donde:

$$A : \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

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

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

Siendo:

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.85}$$

$$\chi_z : \underline{0.48}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \Phi_y : \underline{0.79}$$

$$\Phi_z : \underline{1.39}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.69}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.20}$$

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

$$N_{cr} : \underline{750.79} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{2273.96} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{750.79} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.692} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.876 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{49.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.876 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{66.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{96.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{367.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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:

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

$$M_{c,Rd} : \underline{19.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{73.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

η : 0.141 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.876 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

V_{Ed} : 40.75 kN

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

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

$V_{c,Rd}$: 289.23 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 19.13 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 240.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.20 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

30.71 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 30.71

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

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

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$36.92 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{36.92} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{289.23} \text{ kN}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.729}$$



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

$$\eta : \underline{0.663}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.876 m del nudo N41, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{37.52} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{66.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1024.05} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{96.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{19.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{-63.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

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

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{173.62} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

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

$$W_{y,com} : \underline{367.00} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

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

$$M_{b,Rd,y} : \underline{96.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$36.92 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{36.92} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{289.23} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

2.3.2. Jácena

Perfil: IPE 240		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)	
N53	N57	2.647	39.10	3892.00	284.00	12.90	
Notas:							
⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado							
⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00		
L_k	0.000	2.647	0.000	0.000	0.000		
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1	-		1.000				
Notación:							
β : Coeficiente de pandeo							
L_k : Longitud de pandeo (m)							
C_m : Coeficiente de momentos							
C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

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

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.31} \quad \checkmark$$

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.

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

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

$$\text{A} : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{11511.30} \text{ kN}$$

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

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

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{11511.30} \text{ kN}$$

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

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

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

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{3892.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{284.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{12.90} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{37400.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$\text{L}_{ky} : \underline{2.647} \text{ m}$$

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

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

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

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

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

$$\text{i}_0 : \underline{10.33} \text{ cm}$$

$$\text{i}_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$\text{i}_y : \underline{9.98} \text{ cm}$$

$$\text{i}_z : \underline{2.70} \text{ cm}$$

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

$$\text{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\text{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 35.55 \leq 246.95 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>220.40</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>6.20</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>13.66</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>11.76</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:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : <u>52.27</u> kN
---	---

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

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{1024.05} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>39.10</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

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

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.114 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{38.70} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{1024.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{b,Rd} : \underline{999.65} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

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

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

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\mathbf{\chi}_y : \underline{0.98}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\mathbf{\Phi}_y : \underline{0.56}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha}_y : \underline{0.21}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\mathbf{\bar{\lambda}}_y : \underline{0.31}$$

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

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

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

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

N_{cr} : 11511.30 kN

N_{cr,y} : 11511.30 kN

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.731 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.114 m del nudo N64, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

M_{Ed}⁺ : 70.28 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.114 m del nudo N64, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

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

M_{Ed}⁻ : 56.77 kN·m

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

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

M_{c,Rd} : 96.12 kN·m

Donde:

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

Clase : 1

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

W_{pl,y} : 367.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N68, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{19.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{73.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.095} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.114 m del nudo N64, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{27.49} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{289.23} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{19.13} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.20} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

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

30.71 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 30.71

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \mathbf{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.01 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 384.61 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 25.44 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 39.10 cm²

d : Altura del alma.

d : 220.40 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.20 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

27.49 kN ≤ 144.61 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 27.49 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 289.23 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.01 kN ≤ 192.30 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.01 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 384.61 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.783 ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.691 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.114 m del nudo N64, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed} : \underline{52.12} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{70.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd} : \underline{1024.05} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{96.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{19.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$M_{ef,Ed} : \underline{66.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$
--	---

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed} : \underline{180.83} \text{ MPa}$
---	--

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com} : \underline{367.00} \text{ cm}^3$

A : Área de la sección bruta.

$A : \underline{39.10} \text{ cm}^2$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y} : \underline{96.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$
--

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$	27.49 kN ≤ 144.04 kN ✓
--------------------------------------	-------------------------------

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{27.49} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{288.09} \text{ kN}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$	$\eta : \underline{0.010}$ ✓
---	------------------------------

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$
--	---

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$	$M_{T,Rd} : \underline{1.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$
--	---

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{13.16} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.095} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.114 m del nudo N64, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{27.49} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{288.09} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{289.23} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.49} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{13.16} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd} : 383.41 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd} : 384.61 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : 1.18 \text{ MPa}$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : 13.16 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} : 1.05$

2.4. Viga contraviento

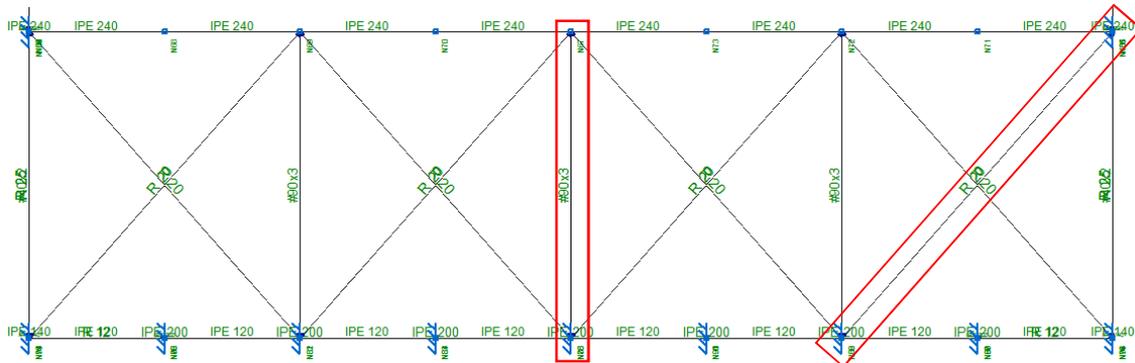


Figura 64.- Identificación de elementos representativos de la viga contraviento

Las barras pésimas de la viga contraviento son:

- Montante: Barra N67/N78
- Diagonal: Barra N66/N89

2.4.1. Montante

Perfil: #90x3 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)
N67	N78	5.830	10.10	124.87	124.87	202.35
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	5.830	5.830	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.91} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 10.10 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 76.15 kN

 El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 76.15 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 76.15 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>124.87</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>124.87</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>202.35</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>0.00</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>5.830</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.830</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>4.97</u> cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>3.52</u> cm
	i_z : <u>3.52</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.	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 Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

28.00 ≤ 313.00 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>84.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>3.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>5.04</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>2.70</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:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$$N_{t,Ed}: \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed} : \underline{2.36} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{264.45} \text{ kN}$$

Donde:

$$A: \text{Área bruta de la sección transversal de la barra.} \quad A : \underline{10.10} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.008} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.039} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{2.21} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{264.45} \text{ kN}$$

Donde:

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.} \quad \text{Clase} : \underline{1}$$

$$A: \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \underline{10.10} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{56.15} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

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.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.21}$$

$$\chi_z : \underline{0.21}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{2.74}$$

$$\phi_z : \underline{2.74}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.91}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.91}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{76.15} \text{ kN}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{76.15} \text{ kN}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{76.15} \text{ kN}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.050} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{8.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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.

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 34.07 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.31 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 76.21 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 5.04 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

d : 84.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 3.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

28.00 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 28.00

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.27 kN ≤ 38.11 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.364 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.27 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 76.21 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.058 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.091 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.070 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : $\frac{2.21}{}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{y,Ed}⁺** : $\frac{0.45}{}$ kN·m
M_{z,Ed}⁺ : $\frac{0.00}{}$ 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** : $\frac{1}{}$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta. **N_{pl,Rd}** : $\frac{264.45}{}$ kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{pl,Rd,y}** : $\frac{8.92}{}$ kN·m
M_{pl,Rd,z} : $\frac{8.92}{}$ kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : $\frac{10.10}{}$ cm²
W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **W_{pl,y}** : $\frac{34.07}{}$ cm³
W_{pl,z} : $\frac{34.07}{}$ cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : $\frac{261.90}{}$ MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : $\frac{275.00}{}$ MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : $\frac{1.05}{}$

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \frac{1.03}{}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \frac{1.03}{}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente. **C_{m,y}** : $\frac{1.00}{}$
C_{m,z} : $\frac{1.00}{}$

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y** : $\frac{0.21}{}$
χ_z : $\frac{0.21}{}$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **λ̄_y** : $\frac{1.91}{}$
λ̄_z : $\frac{1.91}{}$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. **α_y** : $\frac{0.60}{}$
α_z : $\frac{0.60}{}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.364 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.27 \text{ kN} \leq 38.11 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: 0.27 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 76.21 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.

2.4.2. Diagonal

Perfil: R 20						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
N66	N89	7.843	3.14	0.79	0.79	1.57
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L_k	0.000	0.000	0.000	0.000		
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \underline{0.01}$ ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 3.14 cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

N_{cr} : ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N89, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{t,Ed}} : \underline{4.01} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{79.29} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{1.46} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{79.29} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.739 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.922 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.25 kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 0.34 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 1.33 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.13 kN

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 45.78 kN

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 3.14 cm²

$$A_v = A$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

A : 3.14 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 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}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.11 kN ≤ 22.89 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.490 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.11 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 45.78 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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.788 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.922 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed} : \frac{3.92}{1} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \frac{0.25}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \frac{0.00}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : $\frac{1}{1}$
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd} : \frac{79.29}{1} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \frac{0.34}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \frac{0.34}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.490 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.11 \text{ kN} \leq 22.89 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \frac{0.11}{1} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \frac{45.78}{1} \text{ kN}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.5. Viga perimetral

La barra pésima de la viga perimetral es la barra N66/N77:

Perfil: #40x2 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)
N66	N77	5.830	2.90	6.77	6.77	11.30
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L _k	0.000	0.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _i : Factor de modificación para el momento crítico						

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase: 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 2.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

N_{cr}: ∞

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$\mathbf{18.00} \leq \mathbf{307.36} \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.

h_w: 36.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w: 2.00 mm

A_w: Área del alma.

A_w: 1.44 cm²

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

A_{fc,ef}: 0.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k: 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E: 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf}: 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.021 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 1.61 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 75.94 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 2.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 1.44 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 75.94 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 : 2.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.113} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{1.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{4.34} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.09} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{21.77} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 1.44 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma.

d : 36.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 2.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

18.00 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 18.00

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx} : 64.71

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción.

ε : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

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}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.08 kN ≤ 10.89 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.364 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.08 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 21.77 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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.134 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 1.61 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$: 0.13 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.00 kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$: 75.94 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 1.14 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 1.14 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.364 m del nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

0.08 kN ≤ 10.89 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: 0.08 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 21.77 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.

2.6. Arriostramiento lateral

La barra pésima del arriostramiento lateral es la barra N101/N77:

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)
N101	N77	7.014	4.91	1.92	1.92	3.83

Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup. / Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00 / 0.00
L _k	0.000	0.000	0.000 / 0.000
C _m	1.000	1.000	1.000 / 1.000
C ₁	-		1.000

Notación:
 β: Coeficiente de pandeo
 L_k: Longitud de pandeo (m)
 C_m: Coeficiente de momentos
 C₁: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < 0.01$ ✓

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: 4.91 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

N_{cr}: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.025$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 3.12 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$ $N_{t,Rd}$: 123.89 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. A : 4.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.016** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 1.99 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$ $N_{c,Rd}$: 123.89 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 : 4.91 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 265.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.397} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.507 m del nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{2.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$$

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{71.53} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.91} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{4.91} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

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 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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.13 kN ≤ 35.76 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.13 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 71.53 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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.421 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.507 m del nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 3.02 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$: 0.26 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.00 kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$: 123.89 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 0.66 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 0.66 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.13 \text{ kN} \leq 35.76 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.13}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{71.53}{\quad} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.7. Placas de anclaje

Tipo 1 (Esquinas)

Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 111 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 12.88 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 18.67 kN Calculado: 3.16 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 17.39 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 20.12 kN Calculado: 12.26 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 266.474 MPa	Cumple

Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 41.9 kN Calculado: 2.97 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 73.6657 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 74.1372 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 242.602 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 261.769 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2816.34	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2816.34	Cumple
- Arriba:	Calculado: 411.624	Cumple
- Abajo:	Calculado: 416.299	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

Tipo 2 (Laterales)

Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 190 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a Y:	Calculado: 43.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 38.71 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 32.67 kN Calculado: 2.63 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 42.47 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 61.6 kN Calculado: 36.48 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 238.459 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 110 kN Calculado: 2.46 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 77.369 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 77.0956 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 173.532 MPa	Cumple

- Abajo:	Calculado: 173.44 MPa	Cumple
Flecha global equivalente:		
<i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2656.23	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 3635.88	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6808.18	Cumple
- Abajo:	Calculado: 6811.8	Cumple
Tensión de Von Mises local:	Máximo: 261.905 MPa	
<i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Calculado: 0 MPa	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

Tipo 3 (Fachadas)

Separación mínima entre pernos:	Mínimo: 48 mm	
<i>3 diámetros</i>	Calculado: 121 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde:	Mínimo: 24 mm	
<i>1.5 diámetros</i>	Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a Y:	Calculado: 35.9	Cumple
Longitud mínima del perno:	Mínimo: 17 cm	
<i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 62.1 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 56 kN Calculado: 6.45 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 71.32 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 80.4 kN Calculado: 59.42 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 301.451 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa:	Máximo: 150.86 kN	
<i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Calculado: 6.15 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 76.421 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 76.421 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 255.857 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 256.109 MPa	Cumple
Flecha global equivalente:		
<i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 6738.42	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 6735.47	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2773.27	Cumple

- Abajo:	Calculado: 2770.61	Cumple
Tensión de Von Mises local:	Máximo: 261.905 MPa	
<i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Calculado: 159.841 MPa	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

2.8. Cimentación

Zapata Tipo 1 (Esquinas)		
Dimensiones: 155 x 155 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30 Xs:Ø12c/30 Ys:Ø12c/30		
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0174618 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0148131 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0229554 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 412.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 68.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 5.03 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 5.13 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 7.55 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 7.85 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 112.8 kN/m ²	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Canto mínimo:		
<i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N3:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- En dirección X:	Mínimo: 0.0018 Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.001	

- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 27 cm	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

Zapata Tipo 2 (Laterales)

Dimensiones: 185 x 185 x 50

Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25

Tensiones sobre el terreno:

Criterio de CYPE Ingenieros

- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0162846 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0149112 MPa	Cumple

-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0309996 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 926.3 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 72.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 5.13 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 12.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 6.08 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 16.48 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 45 kN/m ²	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Canto mínimo:		
<i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N13:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-En dirección X:	Mínimo: 0.0018 Calculado: 0.0018	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0018	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
-Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple

Separación mínima entre barras:

Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16

	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple

Longitud de anclaje:

Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991

	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 36 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 36 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 36 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 36 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 29 cm	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

Zapata Tipo 3 (Fachadas)

Dimensiones: 140 x 250 x 105

Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21

Tensiones sobre el terreno:

Criterio de CYPE Ingenieros

- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0340407 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0511101 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0587619 MPa	Cumple

Vuelco de la zapata:

Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.

- En dirección X:	Reserva seguridad: 1282.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 31.4 %	Cumple

Flexión en la zapata:

- En dirección X:	Momento: 5.59 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -76.11 kN·m	Cumple

Cortante en la zapata:

- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 44.05 kN	Cumple

Compresión oblicua en la zapata:

- Situaciones persistentes:

Criterio de CYPE Ingenieros

Máximo: 5000 kN/m²

Calculado: 42.9 kN/m²

Cumple

Canto mínimo:

Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98

Mínimo: 25 cm

Calculado: 105 cm

Cumple

Espacio para anclar arranques en cimentación:

- N19:

Mínimo: 44 cm

Calculado: 97 cm

Cumple

Cuantía geométrica mínima:

Criterio de CYPE Ingenieros

Mínimo: 0.0018

- En dirección X:

Calculado: 0.0018

Cumple

- En dirección Y:

Calculado: 0.0018

Cumple

Cuantía mínima necesaria por flexión:

Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98

Calculado: 0.001

- Armado inferior dirección X:

Mínimo: 0.0001

Cumple

- Armado inferior dirección Y:

Mínimo: 0.0002

Cumple

- Armado superior dirección X:

Mínimo: 0.0001

Cumple

- Armado superior dirección Y:

Mínimo: 0.0003

Cumple

Diámetro mínimo de las barras:

Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)

Mínimo: 12 mm

- Parrilla inferior:

Calculado: 16 mm

Cumple

- Parrilla superior:

Calculado: 16 mm

Cumple

Separación máxima entre barras:

Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98

Máximo: 30 cm

- Armado inferior dirección X:

Calculado: 21 cm

Cumple

- Armado inferior dirección Y:

Calculado: 21 cm

Cumple

- Armado superior dirección X:

Calculado: 21 cm

Cumple

- Armado superior dirección Y:

Calculado: 21 cm

Cumple

Separación mínima entre barras:

Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16

Mínimo: 10 cm

- Armado inferior dirección X:

Calculado: 21 cm

Cumple

- Armado inferior dirección Y:

Calculado: 21 cm

Cumple

- Armado superior dirección X:

Calculado: 21 cm

Cumple

- Armado superior dirección Y:

Calculado: 21 cm

Cumple

Longitud de anclaje:

Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991

- Armado inf. dirección X hacia der:

Mínimo: 16 cm

Calculado: 16 cm

Cumple

- Armado inf. dirección X hacia izq:

Mínimo: 16 cm

Calculado: 16 cm

Cumple

- Armado inf. dirección Y hacia arriba:

Mínimo: 0 cm

Calculado: 0 cm

Cumple

- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 133 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 136 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 19 cm	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

Viga de atado

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/30

Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

2.9. Resumen
Tabla 23.- Resumen elementos

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)							
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
Pilar esquina	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 3.836 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 11.8$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 15.3$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 0.5$
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 24.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 24.3$
Pilar hastial	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 5.408 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 36.5$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 36.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 36.8$
Jácena fachada	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.525 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 2.527 m $\eta = 10.8$	x: 2.527 m $\eta = 28.5$	x: 2.527 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 0.5$
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.527 m $\eta = 35.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 11.7$	x: 2.527 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 35.0$	
CSA fachada	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	-	x: 5.148 m $\eta = 22.8$	x: 0.143 m $\eta = 19.6$	x: 2.647 m $\eta = 23.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0.143 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	N.P.	x: 2.647 m $\eta = 46.5$	x: 0.456 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 46.5$	
Pilar interior	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 3.876 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 3.876 m $\eta = 69.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 3.876 m $\eta = 14.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	N.P.	x: 3.876 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 72.9$	
Jácena interior	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.647 m $\eta = 5.1$	x: 0.114 m $\eta = 3.9$	x: 0.114 m $\eta = 73.1$	x: 2.647 m $\eta = 0.1$	x: 0.114 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.114 m $\eta = 78.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.0$	x: 0.114 m $\eta = 9.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 78.3$	
Montante VCV	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.364 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.9$	$\eta = 3.9$	x: 2.915 m $\eta = 5.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	N.P.	x: 2.915 m $\eta = 9.1$	x: 0.364 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 9.1$	
Diagonal VCV	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	-	x: 7.843 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 3.922 m $\eta = 73.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	N.P.	x: 3.922 m $\eta = 78.8$	x: 0.49 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 78.8$	
Viga perimetral	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.364 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 2.1$	$\eta = 1.9$	x: 2.915 m $\eta = 11.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	N.P.	x: 2.915 m $\eta = 13.4$	x: 0.364 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 13.4$	
CSA lateral	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y
	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	-	x: 7.014 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 3.507 m $\eta = 39.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 0.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.
	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N_M V_M Z$	$N_M V_M Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	Estado
$\eta < 0.1$	N.P.	x: 3.507 m $\eta = 42.1$	x: 0.438 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 42.1$	

Tabla 24.- Resumen correas

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)						
	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z
Correa de cubierta	b / t ≤ (b / t) _{Máx.} Cumple	N.P.	N.P.	N.P.	x: 2.915 m η = 43.1	N.P.	N.P.
	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z V _y V _z	Estado
	N.P.	x: 5.83 m η = 9.2	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE η = 43.1
Correa lateral	b / t	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z
	b / t ≤ (b / t) _{Máx.} Cumple	N.P.	N.P.	N.P.	x: 2.915 m η = 77.7	N.P.	N.P.
	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z V _y V _z	Estado
N.P.	x: 0 m η = 13.7	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE η = 77.7

Tabla 25.- Resumen medición perfilaría

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m ³)	Serie (m ³)	Material (m ³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275	IPE	IPE 240	143.930			0.563			4417.72			
			IPE 140	16.000			0.026			205.98			
			IPE 200	71.789			0.205			1606.10			
			IPE 120	41.572			0.055			430.77			
					273.291			0.848			6660.58		
		R	R 12	39.603			0.004			35.16			
			R 25	56.114			0.028			216.23			
			R 20	124.919			0.039			308.07			
		Huecos cuadrados	#40x2	69.960		220.636	0.071			159.23	559.46		
			#90x3	34.980			0.035			277.27			
					104.940		0.056			436.50			
					598.868		1.222			7656.53			

Tabla 26.- Resumen medición placas de anclaje

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	4	150x250x10	11.78
		14	250x350x15	144.24
		10	300x450x18	190.76
	Rigidizadores pasantes	20	450/240x100/0x7	37.92
	Rigidizadores no pasantes	28	75/0x100/30x5	5.36
		Total		
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 8 - L = 338 + 78	2.62
		56	Ø 14 - L = 349 + 136	32.82
		60	Ø 16 - L = 504 + 155	62.45
		Total		

Tabla 27.- Resumen medición zapatas

Elemento	B 500 S, CN (kg)			Hormigón (m ³)	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Tipo 1: N3, N1, N76 y N74	4x27.15		108.60	4x0.96	4x0.24
Tipo 2: N13, N15, N17, N12, N10, N8, N6, N86, N88, N90, N85, N83, N81 y N79	14x39.60		554.40	14x1.37	14x0.34
Tipo 3: N19, N30, N41, N52, N63, N21, N32, N43, N54 y N65		5x115.60	578.00	5x3.68	5x0.35
Totales	663.00	1156.00	1819.00	59.76	9.25

ANEXO III: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

ÍNDICE

1. Introducción	181
2. Normativa y requisitos luminotécnicos.....	181
3. Propuesta de soluciones	183
4. Selección de la solución.....	186
5. Consumo de la instalación de iluminación diseñada	189
6. Conclusiones.....	191

1. Introducción

El objeto principal de la instalación de iluminación de cualquier recinto, ya sea interior o exterior es, a parte de cumplir con las exigencias de eficiencia energética establecidas por la normativa correspondiente, proporcionar a los usuarios del mismo una serie de requerimientos en términos de iluminancia, uniformidad, limitación del deslumbramiento, propiedades de color, etc., de manera que estos usuarios sean capaces de realizar las actividades correspondientes con seguridad y teniendo una sensación de bienestar visual adecuada.

A continuación, se establecerán los requisitos mínimos que debe cumplir la instalación de iluminación que se proponga. Este diseño se realizará mediante la herramienta informática DIALux 4.13, seleccionando una marca y modelo de lámpara y luminaria comerciales, y estableciendo una distribución de estos elementos de forma que se cumplan las exigencias anteriores.

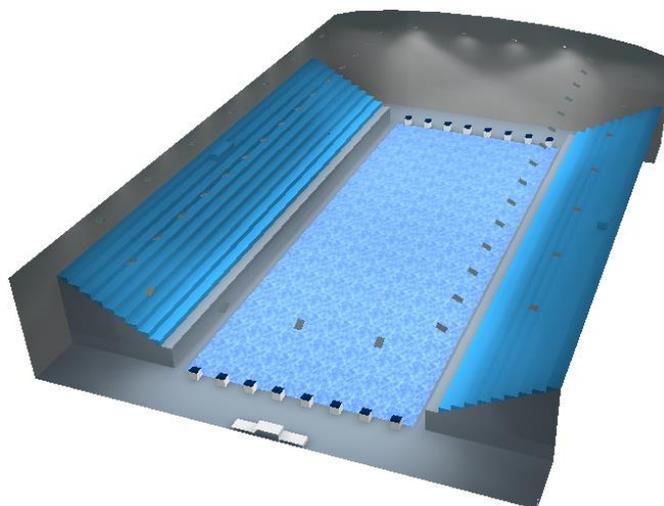


Figura 65.- Modelo de piscina simulado en DIALux 4.13

2. Normativa y requisitos luminotécnicos

El documento técnico que rige los requisitos y exigencias en materia de iluminación de una piscina municipal es la norma *UNE-EN 12193: Iluminación de instalaciones deportivas*, que trata de la iluminación de instalaciones deportivas para asegurar unas buenas condiciones visuales para jugadores, atletas, árbitros, espectadores y retransmisión por cámaras de TV en color.

En primer lugar, se establece la clase de alumbrado que atañe al presente proyecto en función de la actividad que se realizará en las instalaciones. Estos tipos de alumbrado son:

- Alumbrado clase I: Competición del más alto nivel, tal como competición internacional y nacional que implicará generalmente mayores capacidades de espectadores con distancias de visión potencialmente largas. El entrenamiento de muy alto nivel se puede incluir también en esta clase.
- Alumbrado clase II: Competición de nivel medio, tal como competición regional o de club local que implica generalmente capacidades de tamaño medio de espectadores con distancias de visión medias. El entrenamiento de alto nivel se puede incluir también en esta clase.
- Alumbrado clase III: Competición de bajo nivel tal como competición local o de un club pequeño que generalmente no implica espectadores. El entrenamiento general, la educación física (deportes de colegios) y actividades recreativas están también en esta categoría.

Nivel de competición	Clase de alumbrado		
	I	II	III
Internacional y nacional	*		
Regional	*	*	
Local	*	*	*
Entrenamiento		*	*
Recreativo/deportes escolares (Educación física)			*

Figura 66.- Selección de la clase de alumbrado. Fuente: UNE-EN 12193

Dado que el uso de la piscina se limitará a actividades sin espectadores (educación física, cursos de natación, etc.), se tendrá un **alumbrado de clase III**.

Una vez establecida la clase de alumbrado, de la *Figura 67* se pueden obtener los requisitos mínimos a cumplir por la instalación de iluminación a diseñar:

Interior			Área de referencia		Números de puntos de cuadrícula	
			Longitud m	Anchura m	Longitud	Anchura
Natación (véase nota 1) Competición (véase nota 2) PA:			25 a 30	15 a 22	13 a 17	7
Salto PA:			15	10,5	11	7
Sincronizada PA:			25	15	13	7
Waterpolo (véase nota 2) PA:			20 a 30	15 a 20	13 a 15	9 a 11
Clase	Iluminancia horizontal		Requisito adicional para salto		Índice de rendimiento de color	
	E_{med} lux	E_{min} / E_{med}	E_H / E_v			
I	750	0,7	0,8		60	
II	500	0,7	0,5		60	
III	300	0,5	0,5		20	

NOTA 1 – Lo anterior son solamente requisitos generales. Pueden necesitarse exigencias especiales para piscinas individuales.
NOTA 2 – No debe usarse alumbrado subacuático.

Figura 67.- Requisitos luminotécnicos mínimos. Fuente: UNE-EN 12193

Cabe destacar que, si bien en la realidad la luz natural contribuiría en gran medida en los niveles de iluminación, esta no se tendrá en cuenta a la hora de simular la iluminación del recinto, asegurando así que se alcanzan estos niveles mínimos para el caso más desfavorable de oscuridad total, que suele darse de forma habitual durante las tardes de los meses de invierno, cuando anochece tan pronto.

3. Propuesta de soluciones

En vista a los requisitos mínimos a cumplir según el tipo de instalación extraídos de la normativa correspondiente, y los tipos y características de los sistemas de iluminación más utilizados históricamente en instalaciones de alumbrado interior de piscinas, se eligen las siguientes tecnologías:

- Tubos fluorescentes (vapor de mercurio en baja presión)
- Halogenuros metálicos (vapor de mercurio en alta presión)
- Lámparas LED

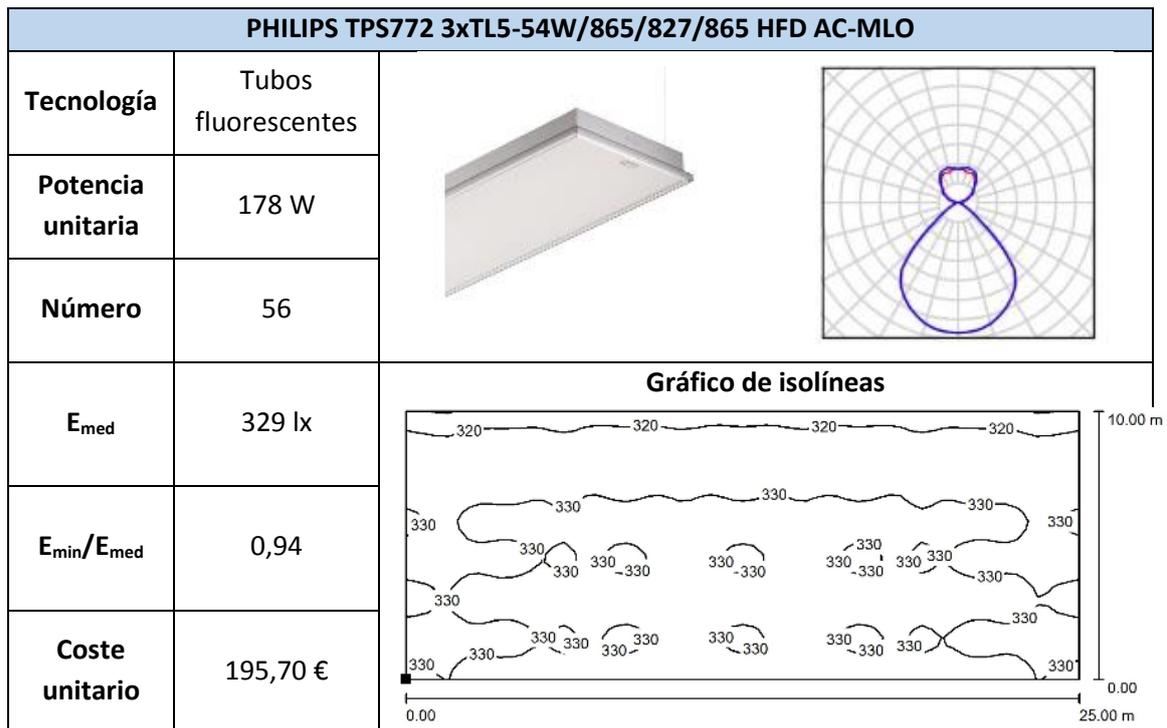
La *Tabla 28* presenta un resumen comparativo de las características de estos tres tipos de lámparas:

Tabla 28.- Características de los tipos de lámparas propuestos

Tipo	Tubo fluorescente	Halogenuros metálicos	LED
Potencia (W)	16 - 65	70 - 3500	1,5 - 50
Vida útil (h)	5000 - 6000	10000	50000
Eficacia (lm/W)	48 - 80	75 - 105	60 - 130
Tª Color (K)	2700 - 6000	3000 - 6000	2500 - 8000
IRC (%)	70 - 98	80 - 90	70 - 98
Encendido/Reencendido	Instantáneo	E: 3 - 10 min	Instantáneo

Una vez elegidas las tres tecnologías de iluminación a comparar, se realiza una simulación mediante el programa DIALux 4.13, dentro del cual se seleccionarán modelos de lámparas y luminarias de los catálogos comerciales de los que dispone.

Los resultados obtenidos pueden observarse en las Figuras 68, 69 y 70:


Figura 68.- Propuesta de iluminación mediante tubos fluorescentes

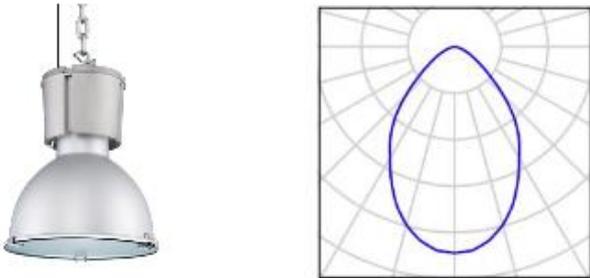
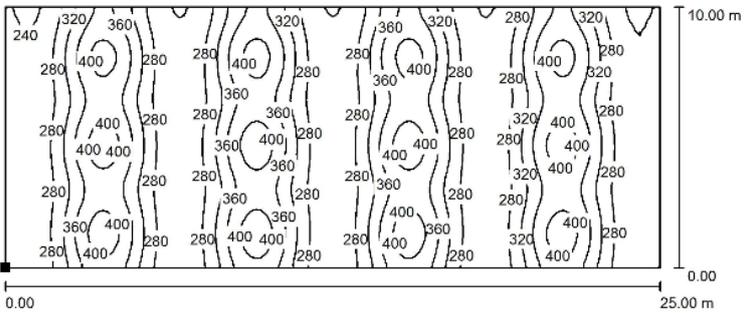
PHILIPS HPK138 1xHPI-P250W-BU + GPK138 R-WB + ZPK138 PG		
Tecnología	Halogenuros metálicos	
Potencia unitaria	279 W	
Número	36	
E_{med}	316 lx	<p style="text-align: center;">Gráfico de isolíneas</p> 
E_{min}/E_{med}	0,74	
Coste unitario	176,17 €	

Figura 69.- Propuesta de iluminación mediante halogenuros metálicos

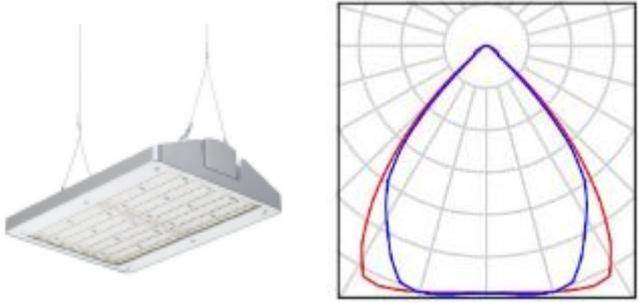
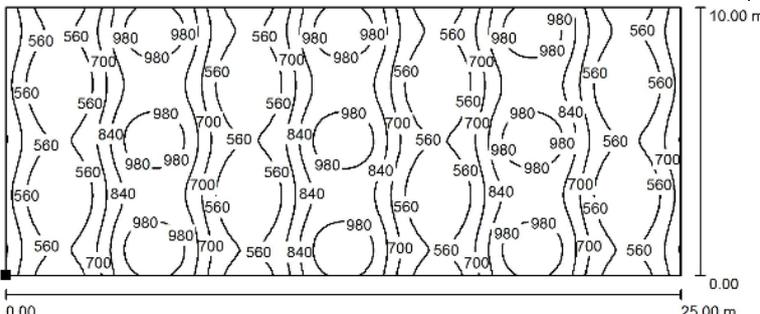
PHILIPS BY471P 1xECO320S/840 MB GC		
Tecnología	LED	
Potencia unitaria	218 W	
Número	25	
E_{med}	730 lx	<p style="text-align: center;">Gráfico de isolíneas</p> 
E_{min}/E_{med}	0,601	
Coste unitario	124,95 €	

Figura 70.- Propuesta de iluminación mediante lámparas LED

4. Selección de la solución

Para realizar la selección de la solución final, se vuelve a seguir el método de las jerarquías analíticas, desarrollado en la sección *Selección de la solución del Anexo I: Estudio y diseño de la estructura*.

Los atributos comparativos para este caso, ordenados de mayor a menor importancia, serán:

1. Potencia consumida: consumo eléctrico de la instalación diseñada, calculado como el número de luminarias por su potencia unitaria, marcará el futuro coste de explotación.
2. Coste de instalación: inversión necesaria para llevar a cabo la instalación de iluminación diseñada, calculada como el número de luminarias por su coste unitario.
3. Niveles de iluminación y uniformidad: se busca que, cumpliendo con las exigencias de la normativa, sean lo más pequeños posibles, de forma que no se sobredimensione la instalación

A continuación, se muestra el conjunto de soluciones propuestas junto a los atributos mencionados anteriormente para cada una de ellas:

Tabla 29.- Valoración de los atributos de las soluciones propuestas

Alternativa	Potencia consumida	Coste de instalación	Nivel de iluminación medio
Tubo fluorescente	9968 W	10959,20 €	329 lx
Halogenuros metálicos	10044 W	6342,12 €	316 lx
LED	5450 W	3123,75 €	730 lx

Para poder realizar el proceso de selección, se debe estimar el nivel de importancia de cada atributo respecto al resto de ellos, estableciéndose de forma numérica según el decisor, siguiendo los valores de la *Tabla 13 del Anexo I: Estudio y diseño de la estructura*.

De este modo, el nivel de importancia estimado de cada uno de los atributos en cuestión es el siguiente:

Tabla 30.- Tabla de jerarquías de los atributos

	Potencia consumida	Coste de instalación	Nivel de iluminación medio
Potencia consumida	1	3	5
Coste de instalación	1/3	1	3
Nivel de iluminación medio	1/5	1/3	1

El peso de cada atributo se puede obtener mediante la expresión (3). Así pues, el peso de cada atributo es:

$$W_1 = (1 \cdot 3 \cdot 5)^{1/3} = 2,466$$

$$W_2 = \left(\frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 3\right)^{1/3} = 1$$

$$W_3 = \left(\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1\right)^{1/3} = 0,4055$$

El peso unitario de cada atributo se puede estimar mediante la expresión (4), quedando estos pesos unitarios como:

$$W'_1 = 2,466 / (2,466 + 1 + 0,4055) = 0,637$$

$$W'_2 = 1 / (2,466 + 1 + 0,4055) = 0,258$$

$$W'_3 = 0,4055 / (2,466 + 1 + 0,4055) = 0,105$$

Para poder obtener los resultados finales, es necesario escalar la tabla de valoración de los atributos a valores de entre cero y uno. De este modo, la tabla queda de la forma:

Tabla 31.- Valoración de los atributos entre cero y uno

Alternativa	Potencia consumida	Coste de instalación	Nivel de iluminación medio
Tubo fluorescente	0,35	0,1	0,98
Halogenuros metálicos	0,3	0,5	1
LED	1	1	0,2

Estos valores se han calculado teniendo en cuenta que los menores costes de instalación, potencia consumida y nivel de iluminación medio representan un valor de 1, mientras que el resto se han obtenido de forma aproximada mediante interpolación.

La decisión final se realizará a partir de la comparación de los resultados de cada alternativa. Para ello, se debe realizar una media ponderada de los valores de los atributos de cada propuesta, considerando el peso de cada uno de ellos. Esto se logra mediante la expresión (5), obteniendo los siguientes resultados:

$$S_1 = 0,35 \cdot 0,637 + 0,1 \cdot 0,258 + 0,98 \cdot 0,105 = 0,35165$$

$$S_2 = 0,3 \cdot 0,637 + 0,5 \cdot 0,258 + 1 \cdot 0,105 = 0,4251$$

$$S_3 = 1 \cdot 0,637 + 1 \cdot 0,258 + 0,2 \cdot 0,105 = 0,916$$

$$S_3 > S_2 > S_1$$

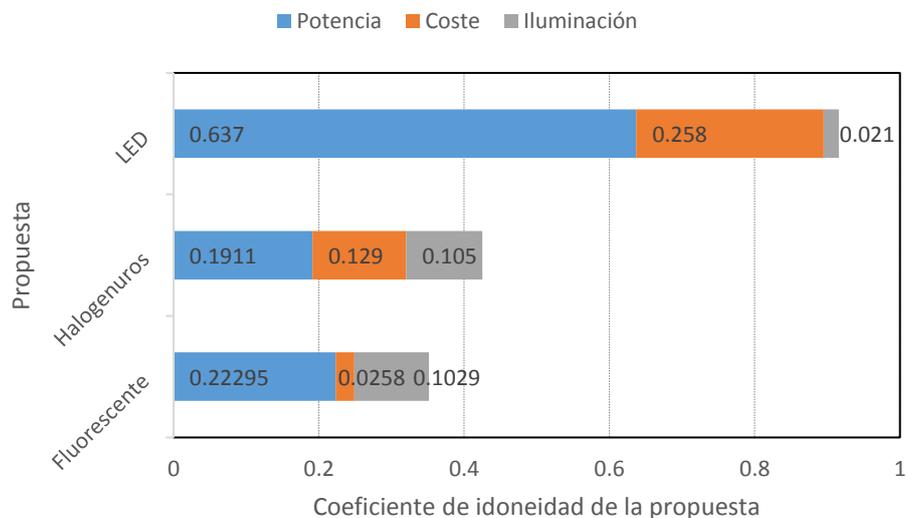


Figura 71.- Idoneidad de las propuestas elegidas

Analizando los resultados obtenidos, se puede concluir que la solución más adecuada es la tecnología LED, de forma que será la solución adoptada. Aunque el nivel de iluminación medio excede ampliamente el mínimo requerido, su bajo coste y consumo decantan la balanza frente a las antiguas tecnologías de tubos fluorescentes y halogenuros metálicos, confirmando el auge de las lámparas LED en cada vez más campos de la vida diaria.

5. Consumo de la instalación de iluminación diseñada

Como se ha indicado anteriormente, la instalación diseñada presenta una potencia de 5,45 kW. Para el cálculo del consumo energético, se ha estimado el número de horas que las luces tienen que estar encendidas cada mes, de acuerdo a la salida y puesta del Sol, considerando un horario de apertura de 9:00 a 21:00 y que el personal entra una hora antes y sale una hora después:

Tabla 32.- Horas de uso diario de la iluminación por meses

Mes	Amanecer	Atardecer	Horas de uso
Enero	8:15	18:00	6
Febrero	8:00	18:30	5,5
Marzo	7:15	19:15	4
Abril	7:30	20:00	4
Mayo	6:45	21:00	2,5
Junio	6:30	21:30	2
Julio	6:45	21:30	2
Agosto	7:00	21:00	2
Septiembre	7:45	20:00	4
Octubre	8:00	19:00	6
Noviembre	7:45	17:45	6,5
Diciembre	8:15	17:30	6,5

Teniendo en cuenta la potencia de la instalación y las horas de uso diarias, el consumo mensual de la instalación de iluminación proyectada queda representado en la *Tabla 33* y la *Figura 72*:

Tabla 33.- Consumo mensual de la instalación de iluminación

Mes	Consumo (kWh)
Enero	1030,44
Febrero	853,16
Marzo	686,96
Abril	664,8
Mayo	429,35
Junio	332,48
Julio	343,48
Agosto	343,48
Septiembre	664,8
Octubre	1030,44
Noviembre	1080,3
Diciembre	1116,31
TOTAL	8575,92

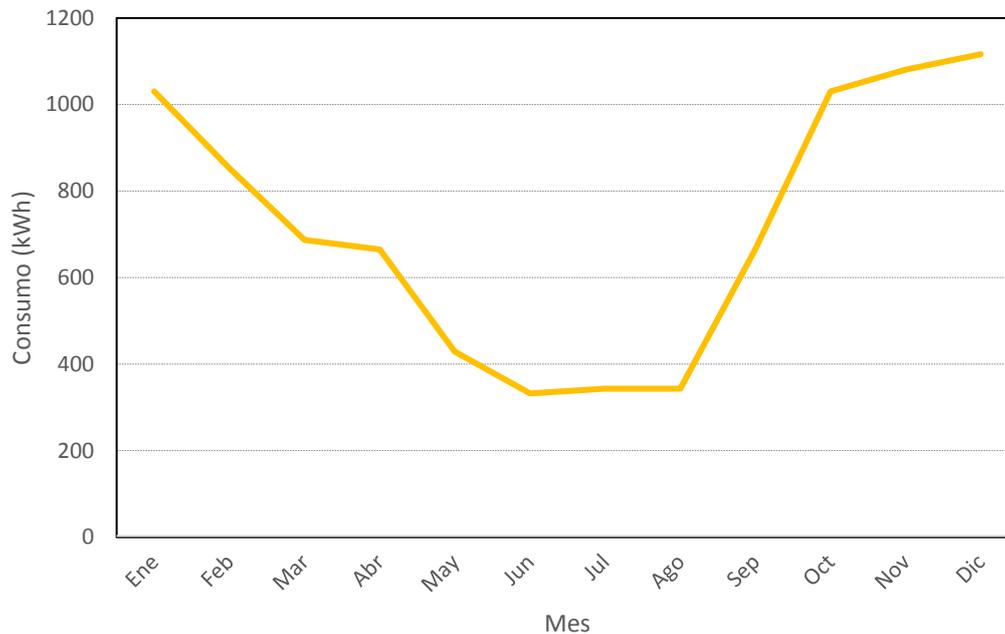


Figura 72.- Consumo mensual de la instalación de iluminación

Como puede observarse, el consumo es inferior en verano, ya que hay más horas de sol al día y la elección de paneles de policarbonato para los cerramientos de la estructura permite el aprovechamiento de la luz natural.

6. Conclusiones

Tras los diferentes estudios realizados en cuanto al diseño de la instalación de iluminación, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La tecnología LED cada vez tiene menos rivales en el mercado de la iluminación actual, tanto por coste como por prestaciones.
- La aportación de la luz natural a la iluminación de un recinto permite abaratar en gran medida los gastos derivados del consumo eléctrico de las instalaciones.

**ANEXO IV: DISEÑO DE LA
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

ÍNDICE

1. Introducción	197
2. Consumos de la piscina	197
3. Diseño de la instalación fotovoltaica	199
3.1. Componentes de la instalación	199
3.2. Orientación e inclinación de los paneles	199
3.3. Cálculo del número de paneles necesario	202
3.4. Posición de los paneles y determinación de pérdidas	203
3.5. Selección del inversor	210
3.6. Sección de los conductores	212
3.7. Cálculo de las protecciones	217
3.8. Resumen	219
4. Estudio de viabilidad económica	220
5. Conclusiones	223

1. Introducción

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que produce electricidad a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

España es uno de los países de Europa con mayor irradiación solar anual. Esto hace que la energía solar sea en este país más rentable que en otros. Por otro lado, el elevado consumo energético que supone una piscina, unido al abaratamiento de las tecnologías de energía solar fotovoltaica a lo largo de los últimos años y a la reciente supresión del “impuesto al Sol”, respaldan el diseño de una instalación fotovoltaica para cubrir o reducir en la medida de lo posible los costes derivados del consumo eléctrico de las instalaciones.

De este modo, en las secciones siguientes se realizará el estudio de las condiciones solares de la ubicación de la piscina y el diseño y cálculo de la instalación fotovoltaica, siguiendo las restricciones y exigencias establecidas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en su *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*, cuya finalidad es establecer las condiciones técnicas que deben tomarse en consideración en las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica de distribución.

Cabe destacar que, dado que el diseño de la instalación de climatización de la piscina queda fuera del alcance de este proyecto, no se cuenta con las especificaciones de los elementos que cumplen con ese cometido, y por ende, se desconocen los consumos energéticos reales que se busca cubrir con la instalación de paneles solares. Por ello, la instalación a dimensionar solo cubrirá el consumo eléctrico debido a iluminación, agua caliente sanitaria (ACS), y equipos auxiliares.

2. Consumos de la piscina

Una piscina climatizada presenta un gran consumo eléctrico. Es interesante diferenciar este consumo en función de los principales usos:

- Iluminación: potencia de la lámpara, tipo de equipo auxiliar y horas de funcionamiento.
- Climatización: potencia de los equipos (calderas y equipos de aire acondicionado, bombas de recirculación, etc.), así como el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Equipos auxiliares: potencia de pequeños elementos tales como equipo de sonido, secadores de manos, equipos de limpieza, bombas de depuradoras, etc., así como el factor de uso y las horas de funcionamiento.
- Agua caliente sanitaria (ACS): potencia de los equipos, el número de usuarios y el tipo de actividad que se da en el edificio, así como las horas de funcionamiento.

A continuación, en la *Tabla 34*, se presenta una aproximación (excepto para la iluminación, cuyos datos se han calculado en el *Anexo III: Diseño de la instalación de iluminación*) del consumo eléctrico anual que tendrían las instalaciones, diferenciado en función de los distintos usos. Los consumos de ACS y equipos auxiliares han sido estimados a partir de diferentes estudios y auditorías energéticas realizadas a piscinas de dimensiones similares que se encuentran en línea.

Tabla 34.- Distribución del consumo eléctrico anual por usos

Uso energético	Consumo aproximado (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	8575,92	25,54
Equipos auxiliares	5000	14,89
ACS	20000	59,57
TOTAL	33575,92 kWh	100 %

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el consumo no será constante a lo largo del año, ya que, por ejemplo, en los meses de verano habrá una mayor ocupación y por tanto un mayor consumo de ACS, o en los meses de invierno la iluminación estará más horas conectada.

La distribución del consumo eléctrico mensual estimado para cada uno de los usos queda representada en la *Figura 73*:

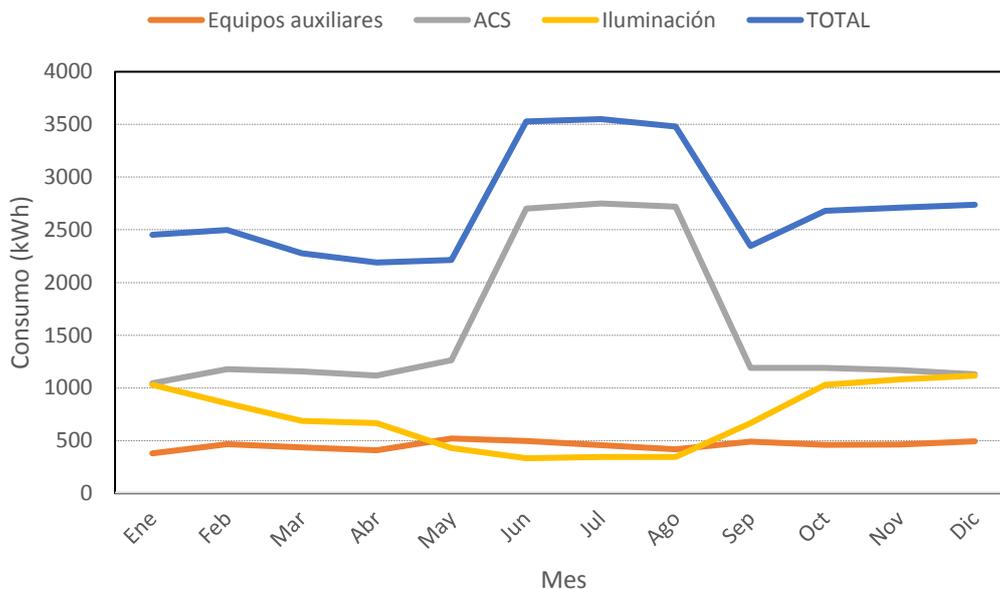


Figura 73.- Consumo eléctrico mensual estimado

3. Diseño de la instalación fotovoltaica

3.1. Componentes de la instalación

Una instalación fotovoltaica está formada por el campo de paneles solares y un conjunto de equipos destinados a proteger la instalación y asegurar su correcto funcionamiento, desde el punto de vista eléctrico. Estos componentes son:

- Acumuladores: como la demanda de energía no coincide siempre con la producción, se necesitan elementos que la almacenen cuando se exceda la demanda y la descarguen en caso contrario.
- Reguladores: regulan las operaciones de carga y descarga de los acumuladores a fin de garantizar un funcionamiento adecuado. Suelen ir incorporados en los inversores.
- Inversores: convierten la corriente continua generada en los paneles en corriente alterna apta para su conexión a red.
- Cableado y protecciones: conectan los diferentes equipos y los protegen de posibles fallos, tanto en ellos como en otros componentes de la instalación

La instalación a diseñar es un sistema conectado a red. Estos sistemas no precisan de acumuladores (que suelen ser la parte más cara de una instalación), ya que la energía que producen en exceso se vierte a red, mientras que en caso contrario se sule con energía suministrada por la compañía eléctrica.

3.2. Orientación e inclinación de los paneles

Debido a la gran separación del Sol con la Tierra, puede considerarse como un foco emisor puntual, de modo que la energía que llega a la Tierra por unidad de tiempo y superficie (irradiancia) depende únicamente de esta distancia.

Sin embargo, el que sea verano o invierno no depende de la distancia Sol-Tierra, sino del ángulo de incidencia de los rayos del Sol sobre la superficie terrestre.

Para un observador situado en un punto determinado sobre la superficie de la Tierra, el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste, siguiendo una trayectoria que depende del día del año y la latitud del lugar, de forma que es la posición del Sol la que establece la energía incidente en ese punto. Esta posición se define mediante dos ángulos:

- Azimut (α): Ángulo que forma la proyección de la recta que une el Sol con el observador, sobre un plano horizontal tangente a la superficie terrestre, con el Sur geográfico, siendo negativo hacia el Este y positivo hacia el Oeste.

- Altitud (β): Ángulo que forma la recta que une el Sol con el observador con su proyección sobre un plano horizontal tangente a la superficie terrestre.

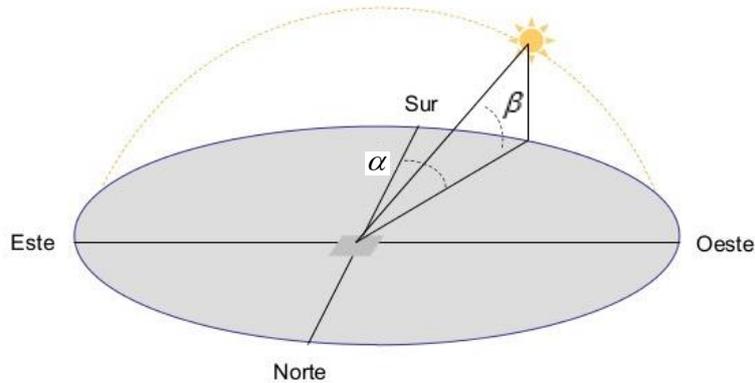


Figura 74.- Definición de la posición del Sol. Fuente: *Calculosolar.com*

De esto se deduce que la orientación e inclinación de los paneles solares afectarán a la capacidad de captación de energía de éstos, siendo máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la irradiación recibida.

Para aprovechar al máximo la radiación solar recibida a lo largo de un día, en el hemisferio Norte los módulos fotovoltaicos deben orientarse hacia el Sur, y en el hemisferio Sur deberán estar orientados hacia el Norte. No obstante, la inclinación óptima cambia a lo largo del año debido a que la altura del Sol es variable, por lo que se suele escoger un valor de inclinación medio haciendo un estudio para obtener la máxima potencia a lo largo del año.

Existen softwares en línea capaces de profundizar en el estudio de la orientación e inclinación de los paneles solares, como el *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*, que mediante la latitud del lugar, devuelve una tabla con la inclinación óptima para cada mes del año:

Month	I_{opt}
Jan	64
Feb	56
Mar	43
Apr	28
May	15
Jun	8
Jul	11
Aug	23
Sep	38
Oct	52
Nov	62
Dec	66
Year	36

Figura 75.- Inclinación óptima (en grados) de los paneles solares. Fuente: PVGIS

Como puede observarse en la *Figura 75*, en los meses de verano es más conveniente que el ángulo de inclinación sea menor, ya que el Sol está más alto, mientras que en los meses de invierno es preferible que el ángulo de inclinación sea mayor, puesto que la posición del Sol es más baja. Esto asegura la máxima perpendicularidad a la hora de recibir los rayos provenientes del Sol.

Con todo, se obtiene que la posición óptima de los paneles solares en la localización de la piscina es de 0º Sur, inclinación 36º. Pero, para maximizar el aprovechamiento de energía solar, se montarán sobre una estructura que permita variar la inclinación a lo largo del año:

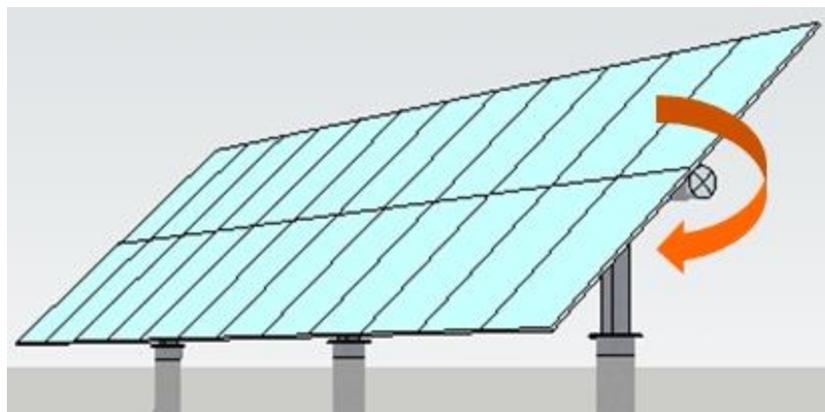


Figura 76.- Estructura móvil de los paneles solares. Fuente: Green-source.com

3.3. Cálculo del número de paneles necesario

La elección de la marca y modelo de los paneles fotovoltaicos se ha realizado buscando una alta eficiencia, pues la superficie disponible en el emplazamiento de la piscina es limitada. El modelo concreto es el *TP672P - 330W*, del fabricante chino *Talesun*. Se trata de módulos policristalinos de 72 células que producen 330Wp en condiciones STC, de 1,96 m de alto por 0,992 m de ancho:

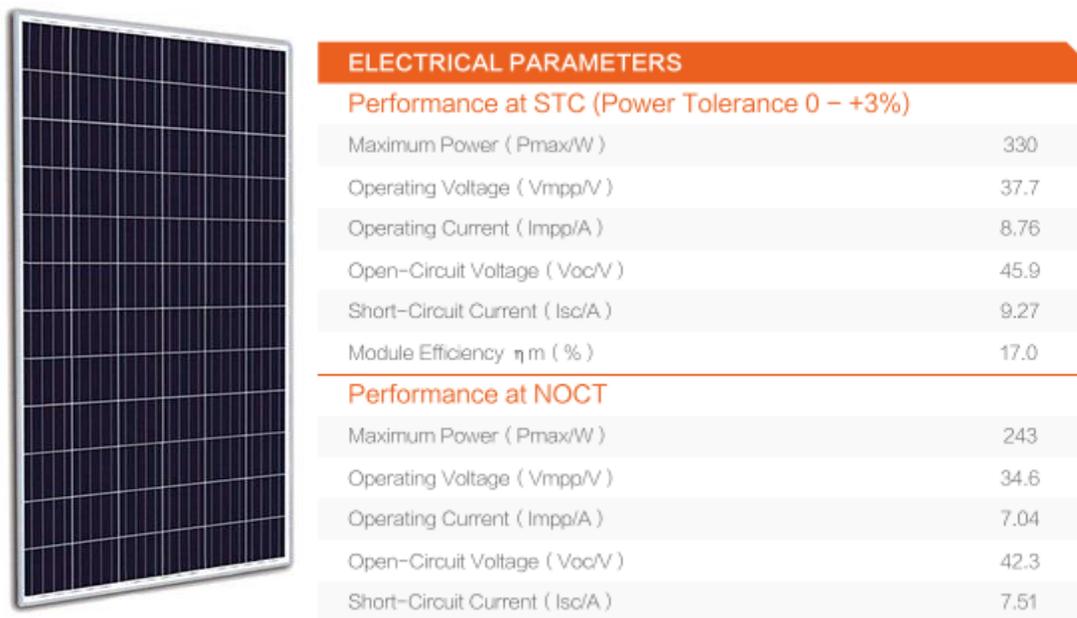


Figura 77.- Panel solar *Talesun TP672P - 330W*. Fuente: *Autosolar.es*

De la simulación realizada de nuevo mediante el software PVGIS, y considerando unas pérdidas del 10% (pérdidas en el cableado, en los inversores, suciedad, etc.), se obtiene que el total de módulos a instalar será de 60, con una potencia máxima de 19,8 kWp, que generarán un total de 33600 kWh/año, distribuidos de la siguiente forma:

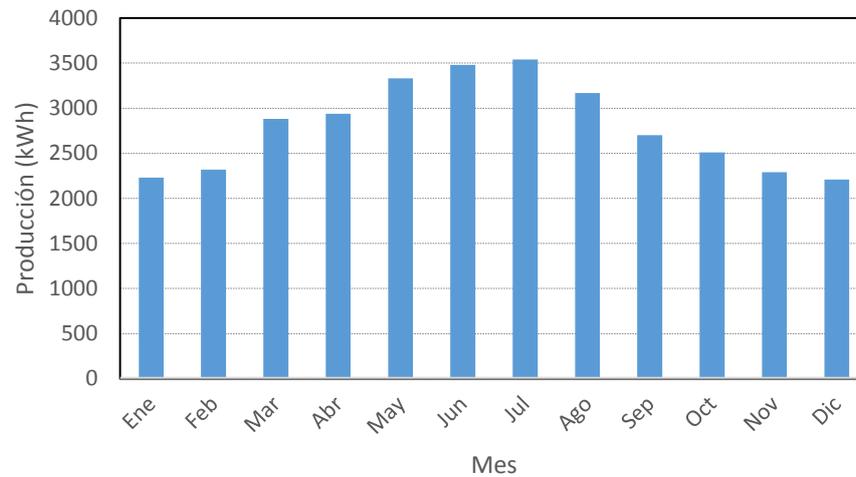


Figura 78.- Producción eléctrica mensual

Si bien en la *Figura 78* se observa que en algunos meses se excede el consumo de las instalaciones, esto no significa problema alguno, ya que el consumo real será mayor, pues no se está teniendo en cuenta la instalación de climatización de la piscina.

3.4. Posición de los paneles y determinación de pérdidas

Debido a que la superficie disponible en el emplazamiento de la piscina es limitada, solo existen tres localizaciones en los que colocar los paneles solares:

1. El techo de los edificios de la parcela
2. La cubierta de la piscina
3. La zona trasera de la piscina



Figura 79.- Posibles ubicaciones de los paneles solares. Fuente: Google Maps

El techo de las construcciones existentes (zona 1 en la *Figura 79*) queda descartado, ya que no se dispone de suficiente espacio, y tienen enfrente un grupo de árboles de gran altura que provocarían sombras y por lo tanto pérdidas en la producción eléctrica.

La cubierta de la piscina (zona 2 en la *Figura 79*) tampoco resulta la mejor solución, pues el peso de los paneles y el “efecto vela” que provocan con el viento supondrían una sobrecarga de uso y un incremento del valor de las acciones sobre la estructura que encarecerían el proyecto, además de restar luz natural.

La zona trasera de la piscina (zona 3 en la *Figura 79*) es amplia y no tiene obstáculos delante que proyecten sombra, a excepción de la propia piscina, por lo que será la zona donde se montarán los paneles solares. El espacio disponible consta de 26,5 m de largo por 20,5 m de ancho, de modo que los paneles se dispondrán en 4 grupos en paralelo de 15 paneles en serie cada uno.

Una vez determinada la ubicación y distribución de los paneles, se procede a determinar las pérdidas. Estas pueden deberse a la orientación del panel, su inclinación, o por sombras, tanto de elementos externos como de los propios paneles entre sí.

Dado que la orientación es la óptima y la inclinación se adapta cada mes a la adecuada, solo queda comprobar si existen sombras que provoquen una disminución en la producción de energía de los paneles.

Por un lado, se tiene la sombra que puede producir una fila de paneles sobre la fila posterior a ella. El caso más desfavorable será en el mes de diciembre, cuando el extremo superior de los paneles está más alto (inclinación de 66°) y la altura solar es mínima, ya que de este modo las sombras son más largas. Esta altura se calcula como:

$$H = 90 - \textit{latitud} - \textit{declinación solar} \quad (7)$$

donde la latitud del lugar vale 40,2° y la declinación solar en diciembre es de 23°, valiéndose de esta forma la altura:

$$H = 90 - 40,2 - 23 = 26,8^\circ$$

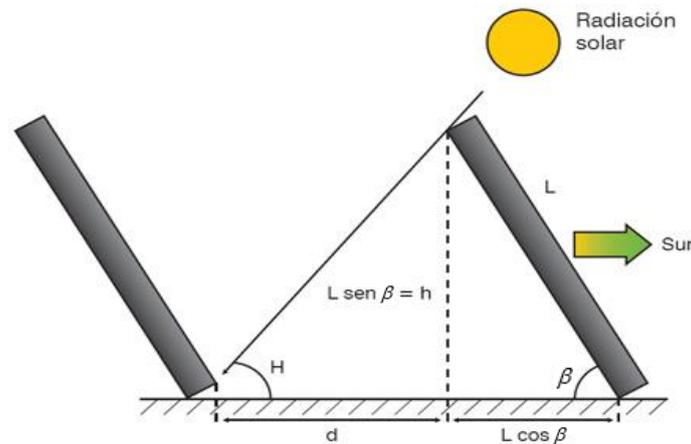


Figura 80.- Distancia mínima entre placas solares. Fuente: Elblogdelinstalador.com

Atendiendo a la *Figura 80*, que representa un esquema de la longitud de la sombra producida por una fila de paneles en función de su inclinación, su longitud y la altura solar, se tiene que la distancia mínima entre placas para evitar el efecto de las sombras es:

$$D_{min} = d + L \cdot \cos(\beta) \quad (8)$$

donde:

$$d = h / \operatorname{tg}(H) = L \cdot \operatorname{sen}(\beta) / \operatorname{tg}(H) \quad (9)$$

con lo que, a partir de las expresiones (8) y (9), la distancia mínima entre placas es:

$$D_{min} = L \cdot \left(\frac{\operatorname{sen}(\beta)}{\operatorname{tg}(H)} + \cos(\beta) \right) = 1,96 \cdot \left(\frac{\operatorname{sen}(66^\circ)}{\operatorname{tg}(26,8^\circ)} + \cos(66^\circ) \right) = 4,34 \text{ m}$$

De este modo, la instalación fotovoltaica constará de 4 filas de 15 paneles de 15 m de largo separadas entre sí por 4,5 m (siendo esta separación ligeramente superior a la calculada para así garantizar que no haya pérdidas por sombras), distribuidos en el espacio disponible en la parte trasera de la piscina, tal y como se representa en la *Figura 81*:

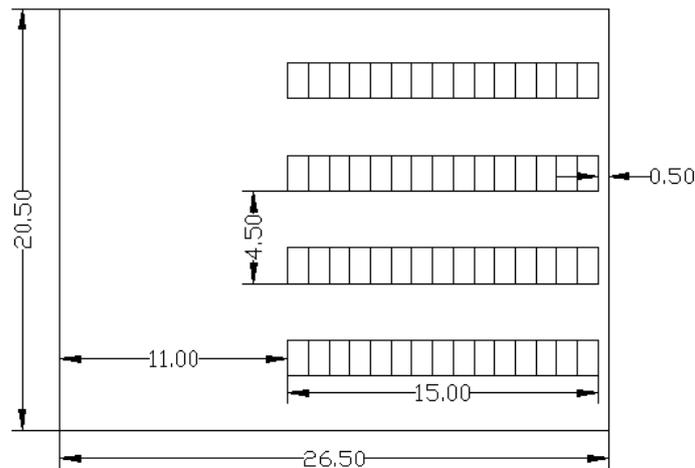


Figura 81.- Distribución de los paneles solares (cotas en m)

Por otro lado, queda por comprobar si la nueva estructura de la piscina provoca sombras en los paneles.

En el CTE se indica un método para el cálculo del porcentaje anual de pérdidas de energía solar incidente sobre una superficie. Dicho método se basa en un gráfico de la trayectoria del Sol, delimitado por zonas identificadas según el porcentaje de sombra (*Figura 82*), y una serie de tablas de referencia según la inclinación y orientación de los paneles, en las cuales se representa el valor de dichos porcentajes de pérdidas.

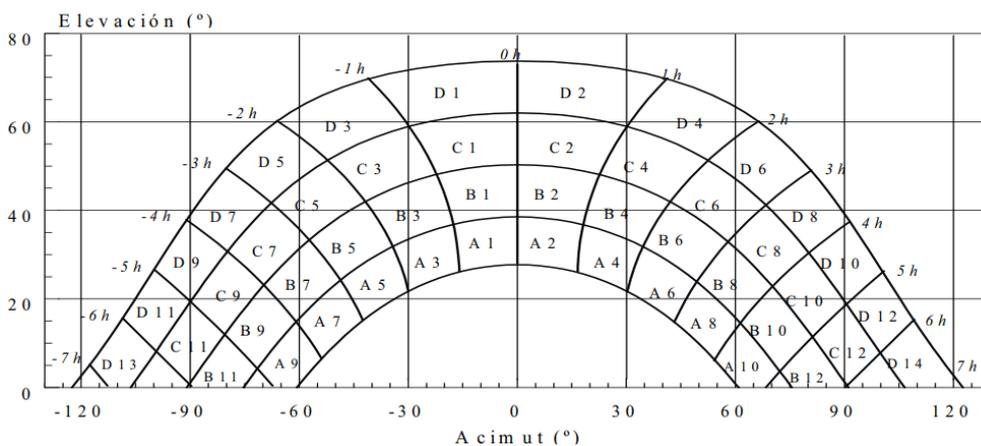


Figura 82.- Diagrama de trayectoria solar para la Península Ibérica. Fuente: CTE

En primer lugar, se escogen los puntos representativos del sistema a estudiar. Estos puntos serán el centro del lado izquierdo del rectángulo que representa la distribución total de paneles y los tres vértices de la fachada trasera de la cubierta diseñada, tal y como se observa en la *Figura 83*:

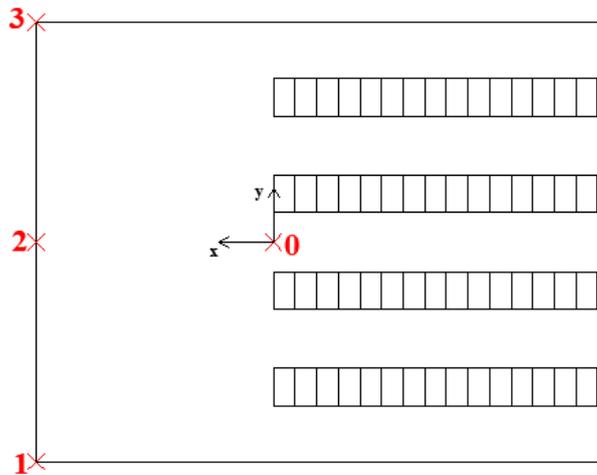


Figura 83.- Puntos representativos del sistema

El centro del lado izquierdo de la distribución de paneles será el origen de coordenadas (0, 0, 0), mientras que las coordenadas (x, y, z) del resto de puntos se representan en la *Tabla 35*:

Tabla 35.- Coordenadas de los puntos representativos de la fachada de la piscina (en m)

Punto	x_i	y_i	z_i
1	11	- 10,25	4
2	11	0	5,5
3	11	10,25	4

El azimut y la elevación de estos puntos respecto al origen de coordenadas establecido se pueden obtener utilizando las expresiones (10) y (11):

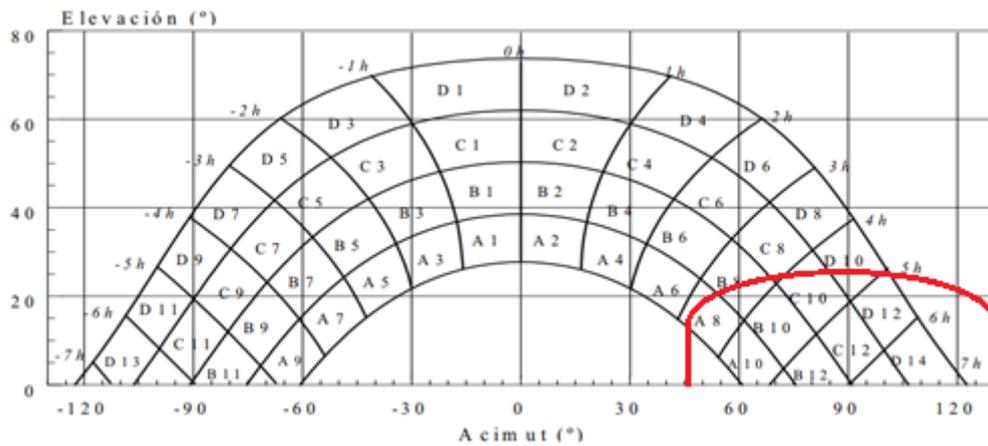
$$\alpha_i = \text{asin} \left(\frac{y_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} \right) \quad (10)$$

$$\beta_i = \text{asin} \left(\frac{z_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}} \right) \quad (11)$$

Tabla 36.- Azimut y elevación de los puntos de la fachada de la piscina (en °)

Punto	Acimut	Elevación
1	47,02	14,9
2	90	26,57
3	132,98	14,9

A continuación, se traza el perfil de obstáculos visto desde el origen de coordenadas sobre el gráfico, quedando este de la siguiente forma:


Figura 84.- Perfil de obstáculos calculado

Todas las zonas contenidas dentro del perfil de obstáculos suponen un porcentaje de pérdidas por sombras. Para obtener el valor de las pérdidas, se acude a la tabla de referencia más cercana al caso real, siendo en este caso la tabla para un valor de azimut de 0° y una inclinación media de 35°.

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$			
	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,17	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Figura 85.- Tabla de referencia. Fuente: CTE

El porcentaje de pérdidas anual debido a la sombra proyectada por el obstáculo que supone la nueva cubierta de la piscina se obtiene del sumatorio de los resultados de multiplicar los valores de la tabla de referencia por la fracción de zona del gráfico cubierta por la sombra:

$$\begin{aligned}
 \text{Pérdidas} = & 0,02 + 0,02 + 0,10 + 0,40 + 0,11 + 0,42 + \frac{3}{4} \cdot (0,52 + 0,98) + \frac{1}{2} \cdot (0,99) + \\
 & + \frac{1}{4} \cdot (1,33) = 3,0225\%
 \end{aligned}$$

Así pues, se tiene que las pérdidas totales del sistema debido a orientación, inclinación y sombras son del 3,0225 %, siendo este valor íntegramente debido a la sombra producida por la cubierta de la piscina. El *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red* del IDAE establece un límite máximo de pérdidas debido a estas condiciones del 15 %, de modo que la instalación diseñada cumple con las exigencias establecidas.

Teniendo en cuenta estas pérdidas, la generación de energía de la instalación fotovoltaica pasa de 33600 kWh/año a 32584,44 kWh/año. Sin embargo, cabe destacar que para el cálculo de las pérdidas por sombras se ha considerado que la cubierta de la piscina es un obstáculo opaco, cuando en la realidad sí que dejaría pasar cierta cantidad de luz, lo que significa que el valor real de pérdidas es menor al calculado.

3.5. Selección del inversor

La selección del inversor depende de las características eléctricas de los paneles solares y el arreglo o distribución realizados. En concreto, el modelo de inversor elegido debe cumplir las siguientes condiciones:

- La potencia máxima admisible a la entrada del inversor debe ser superior a la potencia de la instalación fotovoltaica.
- La corriente máxima admisible a la entrada del inversor debe ser superior a la corriente resultante del conjunto de paneles (I_{mpp}).
- La tensión a máxima potencia (V_{mpp}) y la tensión en circuito abierto (V_{oc}) resultantes del arreglo de paneles deben estar dentro del rango de tensiones del inversor.

Como se ha mencionado anteriormente, los paneles se encuentran distribuidos en 4 grupos o *strings* conectados en paralelo, formados cada uno por 15 paneles en serie. Al estar conectados en serie, la corriente resultante de cada *string* será igual a la de un único panel, y la tensión y potencia equivaldrán a la suma de las tensiones y potencias de los paneles que los forman:

$$V_{string} = n^{\circ} \text{ Paneles} \cdot V_{panel} \quad (12)$$

$$P_{string} = n^{\circ} \text{ Paneles} \cdot P_{panel} \quad (13)$$

De este modo, la corriente, la tensión a máxima potencia y la tensión en circuito abierto de cada *string* son:

$$I_{mpp_{string}} = I_{mpp_{panel}} = 8,76 \text{ A}$$

$$V_{mpp_{string}} = 15 \cdot 37,7 = 565,5 \text{ V}$$

$$V_{oc_{string}} = 15 \cdot 45,9 = 688,5 \text{ V}$$

$$P_{string} = 15 \cdot 330 = 4950 \text{ W}$$

Una vez formados los *strings*, estos se conectan entre sí en paralelo, de modo que la tensión resultante de la instalación al completo será igual a la de un único *string*, y la corriente equivaldrá a la suma de las corrientes de cada *string*:

$$I_{mpp_{total}} = n^{\circ} \text{Strings} \cdot I_{mpp_{string}} \quad (14)$$

De este modo, la corriente, la tensión a máxima potencia y la tensión en circuito abierto de la instalación fotovoltaica al completo son:

$$V_{mpp_{total}} = V_{mpp_{string}} = 545,5 \text{ V}$$

$$V_{oc_{total}} = V_{oc_{string}} = 688,5 \text{ V}$$

$$I_{mpp_{total}} = 4 \cdot 8,76 = 35,04 \text{ A}$$

El inversor a elegir deberá ser capaz de admitir estas tensiones y corrientes, además de la potencia total de la instalación, que es de 19800 W. El modelo seleccionado es el *INGECON SUN 3PLAY 20TL*, del grupo español *Ingeteam*. Se trata de un inversor de 20 kW trifásico con un alto grado de protección (IP65) lo que le permite soportar temperaturas extremas desde los -25 °C hasta los 65 °C.



		20TL
Valores de Entrada (DC)		
Rango pot. campo FV recomendado		20,6 - 26,8 kW
Rango de tensión MPP		560 - 820 V
Tensión mín. para Pnom a Vac nominal		560 V
Tensión máxima		1.000 V
Corriente máxima		37 A
Número de entradas		1
MPPT		1
Valores de Salida (AC)		
Potencia nominal		20 kW
Máx. temperatura a potencia nominal		55 °C
Corriente máxima		29 A
Tensión nominal		400 V
Rango de tensión		187 - 528 V
Frecuencia nominal		50 / 60 Hz
Tipo de red		TT / TN
Factor de Potencia		1
Factor de Potencia ajustable		Sl. Smáx=20 kVA; Qmax=20 kVAR
THD		<3%

Figura 86.- Inversor INGECON SUN 3PLAY 20TL. Fuente: Autosolar.es

3.6. Sección de los conductores

Las líneas de conductores transportan la energía producida en los paneles solares hasta los consumos de la piscina o la red eléctrica. Los diferentes tramos se dividen en:

- Las líneas de CC que salen de cada uno de los *strings* y llegan a la caja de acoplamiento.
- La línea de CC que sale de la caja de acoplamiento y llega al inversor.
- La línea de CA que sale del inversor y conecta con el contador.

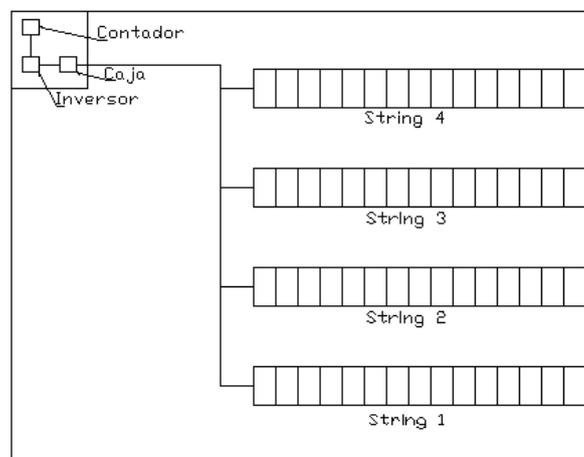


Figura 87.- Líneas de cableado

Para calcular la sección del conductor necesaria en cada tramo en CC se recurre al criterio de caída de tensión. Según el *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red* del IDAE, el límite admisible de caída de tensión desde la generación de energía hasta el contador del edificio es del 1,5 %, debiendo de recalcularse el valor real una vez seleccionada la sección teniendo en cuenta las caídas de los tramos anteriores.

Así pues, la sección de conductor necesaria se calcula con la expresión:

$$Sección_{CC} = \frac{2 \cdot P_{tramo} \cdot L}{e(\%) \cdot \gamma_{Cu} \cdot U_L \cdot V_{tramo}} \quad (15)$$

donde L es la longitud de la línea (en m), γ_{Cu} la conductividad del cobre para una temperatura de 90°C (44 m/Ω·mm²), U_L la tensión de fase monofásica (230 V) y e el límite admisible de caída de tensión.

Para calcular la sección del conductor necesaria en el tramo de CA, la expresión del criterio de caída de tensión es:

$$Sección_{CA} = \frac{P_{total} \cdot L}{e(\%) \cdot \gamma_{Cu} \cdot U_L \cdot V_{sal_{inv}}} \quad (16)$$

donde en este caso U_L es la tensión de línea trifásica (400 V) y $V_{sal_{inv}}$ la tensión a la salida del inversor (400 V).

Una vez obtenida la sección del conductor necesaria para cada tramo, se deberá elegir la sección comercial inmediatamente superior a la calculada. Sin embargo, el ITC-BT establece que la sección de estos conductores no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y a 16 mm² para los de aluminio, y la sección de los conductores de puesta a tierra deberá respetar las relaciones de la *Figura 88*:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Figura 88.- Sección de los conductores de protección. Fuente: ITC-BT

El modelo de cable elegido para los tramos de corriente continua de la instalación fotovoltaica es el *Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 1.8 kV DC*. Son cables específicos para instalaciones solares fotovoltaicas, capaces de soportar las extremas condiciones ambientales que se producen en este tipo de instalaciones.



EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1.8 kV DC			
SECCIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	INTENSIDAD AL AIRE / 40°C
mm ²	mm	kg/Km	A
1x2,5	5,0	50	41
1x4	5,6	65	55
1x6	6,8	85	70
1x10	7,9	140	96
1x16	8,8	200	132

Figura 89.- Conductores Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 1.8 kV DC. Fuente: Generalcable.com

El modelo de cable elegido para el tramo de corriente alterna que une el inversor con el contador es el *ENERGY RV-K FOC*. Son cables flexibles para la utilización en la distribución de energía en baja tensión en instalaciones fijas de interior y exterior.



Calibre	Diámetro sobre el aislamiento	Peso total aprox.	*Ampacidad 40°	*Ampacidad 25°
mm ²	mm	kg/km	A	A
4G1.5	9.9	140	20	25
4G2.5	10.9	185	29	33
4G4	12.2	255	38	43
4G6	13.5	340	49	54
4G10	15.8	525	68	71
4x16	18.3	760	91	93
4G16	18.3	760	91	93
4x25	22.4	1155	115	118
4x35	25.1	1560	143	143
4x50	27.5	2075	174	170
4x70	32.3	2900	223	209
4x95	35.6	3735	271	248
4x120	40.5	4770	314	283
4x150	44.6	5895	363	319
4x185	49.2	7190	414	358
4x240	56.4	9495	489	413

Figura 90.- Conductores ENERGY RV-K FOC. Fuente: Generalcable.com

La puesta a tierra de las masas de la instalación (masas metálicas de las estructuras de soporte de los *strings*, masas metálicas de la caja de acoplamiento, masas metálicas del inversor) se realizará mediante el modelo *Exzhellent RZ10Z1 - K*. Se tratan de cables de alta seguridad apantallados con cinta de cobre para la distribución de energía de baja tensión.



Código de General Cable	Sección (mm ²)
1970110	1x10
1970111	1x16
1970112	1x25
1970113	1x35
1970114	1x50
1970115	1x70
1970116	1x95
1970117	1x120
1970118	1x150
1970119	1x185
1970120	1x240
1970121	1x300
1970122	1x400

Figura 91.- Conductores Exzhellent RZ10Z1 - K. Fuente: Generalcable.com

Por otro lado, hay que comprobar que la intensidad admisible de la sección de conductor elegida sea superior a la intensidad que circula por el tramo. Sin embargo, el valor admisible proporcionado por el fabricante está referenciado a unas condiciones estándar de medida que en la realidad pueden variar. Por lo tanto, es necesario corregir estas corrientes admisibles mediante la expresión:

$$I_{corr} = I_{adm} \cdot \text{Factor de corrección} \quad (17)$$

donde el Factor de corrección es la resultante de multiplicar diferentes factores correctores debidos a:

- Temperatura del terreno: es posible que exista una diferencia entre la temperatura del terreno y la temperatura a la que se han ensayado los cables. En este caso, los cables han sido ensayados a una temperatura ambiente de 40 °C y una temperatura del terreno de 25 °C, y se considerará que en los periodos más calurosos del año el terreno se encuentra también a 25 °C, de modo que la aplicación del factor corrector por temperatura del terreno no será necesaria.
- Agrupamiento de cables: debido a la agrupación de conductores a lo largo del recorrido hasta la caja de acoplamiento, su capacidad de disipar calor y, por ende, de conducir corriente se verá afectada. Según el ITC-BT, el factor de corrección aplicado al agrupamiento de los cuatro pares de conductores de los *strings* es 0,64.

De este modo, aplicando los factores de corrección mencionados la corriente admisible corregida de los conductores hasta la caja de acoplamiento será:

$$I_{corr} = 0,64 \cdot I_{adm}$$

Los resultados relativos al cálculo y selección de las secciones de los conductores y tomas de tierra de la instalación pueden observarse en la *Tabla 37* y la *Tabla 38*:

Tabla 37.- Secciones de los conductores

Línea	L1	L2	L2.1	L2.2	L2.3	L2.4
Descripción	Inv - Cont	Caja - Inv	Str1 - Caja	Str2 - Caja	Str3 - Caja	Str4 - Caja
L (m)	1	1	20	15,5	11	6,5
Cable	CA	CC	CC	CC	CC	CC
V (V)	400	688,5	688,5	688,5	688,5	688,5
P (W)	19800	19800	4950	4950	4950	4950
I (A)	30	35,04	8,76	8,76	8,76	8,76
S (mm²)	0,19	0,38	1,89	1,47	1,04	0,62
S_{comercial} (mm²)	16	6	6	6	6	6
Cdt (%)	0,02	0,09	0,59	0,48	0,37	0,27
I_{adm} (A)	91	70	70	70	70	70
I_{corr} (A)	91	70	44,8	44,8	44,8	44,8

Tabla 38.- Secciones de las tomas de tierra

Línea	T1	T2	T2.1	T2.2	T2.3	T2.4
Descripción	Tierra Inversor	Tierra Caja	Tierra Str1	Tierra Str2	Tierra Str3	Tierra Str4
L (m)	1	1	6	2	2	6
S_{comercial} (mm²)	16	6	6	6	6	6

3.7. Cálculo de las protecciones

Las protecciones eléctricas de la parte del circuito de corriente continua consisten en la instalación de fusibles y portafusibles a la salida de los *strings*, dentro de la caja de acoplamiento y a la entrada del inversor, uno para cada uno de los dos conductores que forman las líneas de corriente continua.

Para asegurar que un fusible funcione de manera adecuada, se debe cumplir que:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (18)$$

$$1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (19)$$

donde I_B es la corriente que circula por la línea, I_Z la corriente máxima admisible por el conductor (y corregida, si es el caso), e I_n la intensidad nominal estandarizada de los fusibles, la cual puede tomar cualquier valor de los que aparecen en la *Figura 92*:

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Figura 92.- Intensidades estandarizadas de los fusibles. Fuente: ITC-BT

Las protecciones de la parte del circuito de corriente alterna se incluyen dentro del inversor elegido (fusibles y portafusibles). Además, se añadirá un interruptor magnetotérmico que ayude a proteger los elementos del circuito frente a sobretensiones.

Para asegurar que el magnetotérmico funcione de manera adecuada, se deben cumplir las mismas condiciones que en el caso de los fusibles, y el interruptor debe tener un poder de corte superior a la máxima corriente de cortocircuito que pueda llegar a aparecer en el circuito.

Los fusibles elegidos para las protecciones del circuito de corriente continua son fusibles cilíndricos estandarizados clase gG del fabricante *DF Electric* para protección de uso general tanto ante sobrecargas como cortocircuitos, indicados como protección de líneas o equipos.



I_n (A)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CORTE (kA)
1	421001	-	690	80
2	421002	421102	690	80
4	421004	421104	690	80
6	421006	421106	690	80
8	421008	421108	690	80
10	421010	421110	690	80
12	421012	421112	690	80
16	421016	421116	690	80
20	421020	421120	690	80
25	421025	421125	690	80
32	421032	421132	500	120
40	421040	421140	500	120
50	421050	421150	400	120

Figura 93.- Fusibles cilíndricos DF Electric 14x51. Fuente: df-sa.es

La selección del portafusible va ligada al modelo de fusible elegido, ya que el tamaño del portafusible y la intensidad admisible serán iguales o superiores a los del fusible a portar.



POLOS	REFERENCIA	I_n (A)	U (V)
I	485208 c 	50	690
N	-	50	690
I + N	485209 c 	50	690
2	485210 c 	50	690
3	485211 c 	50	690
3 + N	485212 c 	50	690
4	485213 c 	50	690

Figura 94.- Portafusibles DF Electric 14x51. Fuente: df-sa.es

El modelo de interruptor magnetotérmico elegido para las protecciones del circuito de corriente alterna es el *MUN440A* del fabricante *Hager*. Se trata de un magnetotérmico de 4 polos y curva C cuyo poder de corte de 6 kA cumple con creces con la corriente de cortocircuito que se puede llegar a tener en la instalación.



Figura 95.- Interruptor magnetotérmico Hager MUN440A. Fuente: Hager.es

Los resultados relativos al cálculo y selección de las protecciones de la instalación pueden observarse en la *Tabla 39*:

Tabla 39.- Protecciones de la instalación

Línea	L1	L2	L2.1	L2.2	L2.3	L2.4
I_B (A)	30	35,04	8,76	8,76	8,76	8,76
I_Z (A)	91	70	44,8	44,8	44,8	44,8
I_n (A)	40	40	10	10	10	10
Portafusible	-	1P 50 A				
Magnetotérmico	4P 40 A	-	-	-	-	-

3.8. Resumen

A continuación, en la *Tabla 40*, se presenta un breve resumen de los elementos que forman parte de la instalación fotovoltaica, junto a los modelos elegidos y sus cantidades:

Tabla 40.- Componentes de la instalación fotovoltaica

Componente	Modelo	Cantidad
Paneles solares	Talesun TP672P - 330W	60 uds.
Inversor	INGECON SUN 3PLAY 20TL	1 uds.
Cableado	Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 1.8 kV DC 6 mm ²	108 m
	ENERGY RV-K FOC 16 mm ²	1 m
	Exzhellent RZ10Z1 - K 6 mm ²	17 m
	Exzhellent RZ10Z1 - K 16 mm ²	1 m
Fusibles	DF Electric gG 14x51 10 A	16 uds.
	DF Electric gG 14x51 40 A	2 uds.
Portafusibles	DF Electric 14x51 1 Polo 50 A	18 uds.
Magnetotérmico	Hager MUN440A, curva C, 6 kA	1 uds.

4. Estudio de viabilidad económica

A continuación, se someterá a estudio la viabilidad económica de la instalación fotovoltaica, es decir, se calculará el tiempo de recuperación de la inversión que se va a realizar para su ejecución.

Para estudiar la viabilidad de la instalación, se analizarán la inversión a realizar y el ahorro energético anual que esta supone. Teniendo en cuenta que los paneles solares llegan a tener un buen funcionamiento hasta los 25 años de uso, pero los inversores empiezan a degradarse y fallar a los 5 años, se establece que el tiempo de recuperación de la inversión para resultar económicamente viable no debe ser mayor a 5 años.

Como puede observarse en el *Capítulo 4: Presupuesto*, el coste estimado de la ejecución de la instalación fotovoltaica asciende a 14299,22 €. La generación de energía de esta instalación es de 32584,44 kWh/año, lo que, asumiendo un coste medio de 0,12 €/kWh, se traduce en un ahorro anual de 3910,13 €. Para el estudio económico se considera este ahorro como los ingresos anuales de la instalación.

El flujo de caja hace referencia a las salidas y entradas netas de dinero que tiene una empresa o proyecto en un período determinado. En el presente proyecto, el flujo de caja evoluciona como se observa en la *Figura 96*:

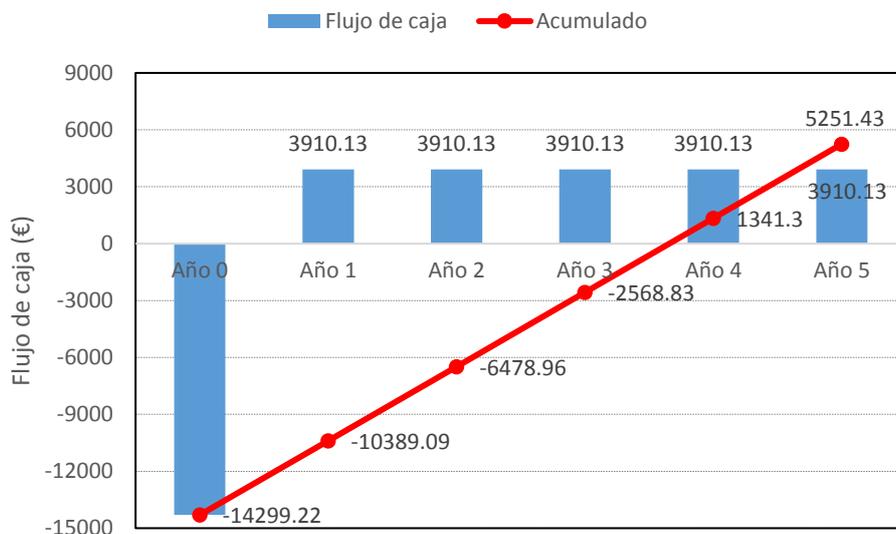


Figura 96.- Evolución del flujo de caja

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor de todos los flujos de caja de cada año de vida del proyecto actualizado al año inicial, a partir de la tasa de interés real, i_r . Cuando el VAN supera el valor de la inversión inicial, se dice que el proyecto empieza a producir beneficios.

Considerando el valor del interés real constante durante un periodo de 5 años, que a junio del año 2019 se estima en un 10 % según datos del *Instituto Nacional de Estadística*, el VAN evoluciona según la *Figura 97*:

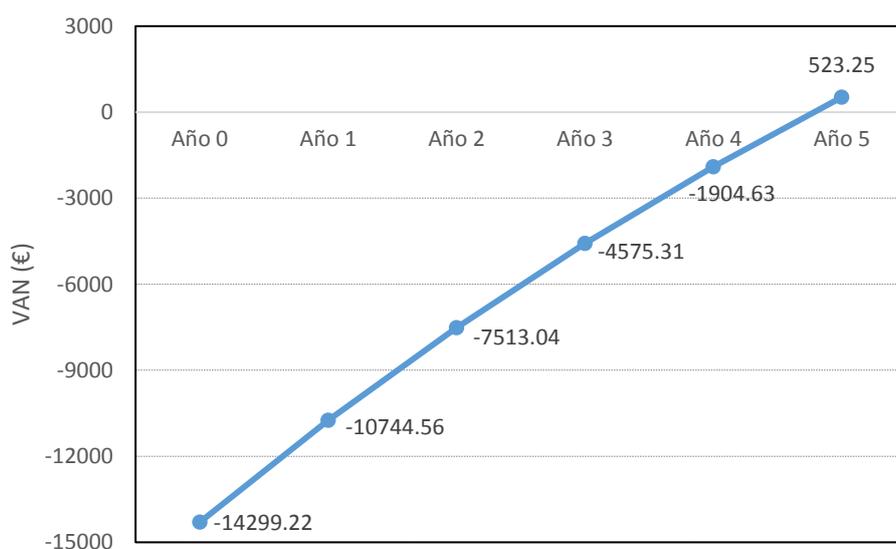


Figura 97.- Evolución del Valor Actual Neto

Como puede observarse en la *Figura 97*, el VAN empieza a presentar valores positivos a partir del cuarto año de vida del proyecto.

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) es el valor de la tasa de interés real que hace que el valor del VAN sea cero. La condición para realizar la inversión inicial del proyecto es que el TIR sea mayor que el interés real en el mercado de capitales.

Considerando de nuevo un periodo de 5 años, el TIR presenta la evolución mostrada en la *Figura 98*:

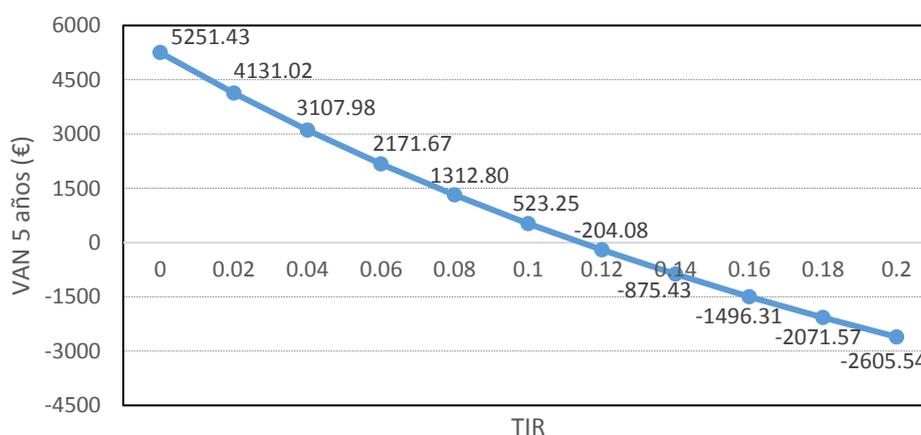


Figura 98.- Evolución de la Tasa Interna de Rentabilidad

Tabla 41.- Tasa de interés real y VAN a 5 años

i_r	VAN 5 AÑOS
0	5251,43
0,02	4131,02
0,04	3107,98
0,06	2171,67
0,08	1312,80
0,10	523,25
0,12	-204,08
0,14	-875,43
0,16	-1496,31
0,18	-2071,57
0,20	-2605,54

El valor de la tasa de interés real que hace que el valor del VAN sea cero en un periodo de 5 años es de 11,44 %. A junio del 2019, el interés real toma un valor aproximado del 10 %, de modo que el TIR del proyecto es superior.

El periodo de retorno de la inversión es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial. Teniendo en cuenta que esta asciende a 14299,22 €, y que los beneficios anuales se estiman en 3910,13 €, el periodo de retorno de la inversión es de:

$$PR_{estático} = \frac{Inversión}{Beneficios} = \frac{14299,22}{3910,13} = 3,657 \text{ años} = 3 \text{ años y } 8 \text{ meses}$$

Si se tiene en cuenta que el valor de los beneficios anuales varía con el interés real, el periodo de retorno de la inversión es:

$$PR_{dinámico} = -14299,22 + \frac{3910,13}{1,1} + \frac{3910,13}{1,1^2} + \frac{3910,13}{1,1^3} + \frac{3910,13}{1,1^4} = -1904,63$$

$$PR_{dinámico} = 4 + \frac{1904,63}{\frac{3910,13}{1,1^5}} = 4,784 \text{ años} = 4 \text{ años y } 9 \text{ meses}$$

Así pues, en vista a los resultados obtenidos durante el estudio económico realizado, se puede afirmar que el proyecto quedaría amortizado y empezaría a producir beneficios netos en menos de 5 años, de modo que resultaría viable económicamente.

5. Conclusiones

Tras los diferentes estudios y cálculos realizados en relación al diseño de la instalación fotovoltaica, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Resulta de gran importancia realizar un correcto dimensionado de los diferentes componentes de la instalación y los elementos de protección y conexión, pues un pequeño fallo podría llegar a dejar inutilizada toda la instalación.
- Tan importante como el diseño y cálculo de los componentes de la instalación es la selección del emplazamiento, la posición y la orientación de los paneles solares, así como su disposición e interconexión.
- La instalación de pequeños grupos generadores de energía fotovoltaica resulta económicamente viable, ya sean para autoconsumo doméstico en viviendas o para cubrir parte de la demanda energética de grandes superficies de ocio, deportivas, etc.

ANEXO V: CATÁLOGOS

ÍNDICE

1. Luminaria PHILIPS BY471P 1xECO320S/840 MB GC.....	229
2. Panel solar TALESUN TP672P - 330W.....	232
3. Inversor INGECON SUN 3PLAY 20TL.....	234
4. Conductores EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1.8 kV DC	237
5. Conductores ENERGY RV-K FOC	238
6. Conductores EXZHELLENT RZ10Z1 - K	241
7. Fusibles cilíndricos DF Electric 14x51	243
8. Portafusibles DF Electric 14x51	244
8. Magnetotérmico Hager MUN440A	245



GentleSpace gen2

BY471P ECO320S/840 PSD MB GC SI

GentleSpace 2 - LED EconomyLine 32000 lm - 840 neutral white - Power supply unit with DALI interface - Medium beam - Clear glass - Silver

With the introduction of the GentleSpace LED luminaire in 2011, Philips achieved a breakthrough in high-bay lighting, offering a huge reduction in power consumption, a long service life and an innovative design. Now, with GentleSpace gen2, Philips continues to improve even further: an improved total cost of ownership, even in extreme conditions with the the GS-2 Xtreme version, which can be used up to +60 °C or 100,000 hrs of lifetime (L80), both ensured by an integrated over-heat protection. In addition, a wide variety of options – e.g. optics, coatings, mounting possibilities, cover materials and suitable for explosive zones 2/22 – are available to ensure an ideal solution for your application. Additionally, the GentleSpace gen2 can be equipped for use in a central emergency grid (PSED).

Product data

General Information	
Number of light sources	16 pcs
Lamp family code	ECO320 [LED EconomyLine 32000 lm]
Beam angle of light source	114 °
Light source color	840 neutral white
Cap-Base	- [-]
Light source replaceable	Yes
Number of gear units	2 units
Gear	EB [Electronic]
Driver/power unit/transformer	Power supply unit with DALI interface
Driver included	Yes
Optic type	Medium beam

Optical cover/lens type	Clear glass
Luminaire light beam spread	40° x 40°
Embedded control	-
Control interface	DALI
Connection	External connector
Cable	Cord with plug Wieland/Adels compatible 5-pole
Protection class IEC	Safety class I
Mounting	Suspension set twin, triangle
Coating	-
Glow-wire test	Temperature 650 °C, duration 5 s
Flammability mark	For mounting on easily flammable surfaces

GentleSpace gen2

CE mark	CE mark
ENEC mark	ENEC mark
Ball impact resistance mark	-
Design Award Winner mark	Design Award Winner 2014
Warranty period	5 years
Suspension accessories	-
Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Constant light output	No
Number of products on MCB of 16 A type B	6
RoHS mark	RoHS mark
Product family code	BY471P [GentleSpace 2]
Unified glare rating CEN	25

Operating and Electrical

Input Voltage	220-240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Control signal voltage	0-16 V DC DALI
Inrush current	9.6 A
Inrush time	2.3 ms
Power Factor (Min)	0.9

Controls and Dimming

Dimmable	Yes
----------	-----

Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum
Reflector material	-
Optic material	Acrylate
Optical cover/lens material	Glass
Gear tray material	Steel
Fixation material	Stainless steel
Optical cover/lens finish	Clear
Overall length	600 mm
Overall width	450 mm
Overall height	150 mm
Color	Silver

Approval and Application

Ingress protection code	IP65 [Dust penetration-protected, jet-proof]
Mech. impact protection code	IK07 [2 J reinforced]

Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	32000 lm
Luminous flux tolerance	+/-7%
Initial LED luminaire efficacy	147 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4000 K
Init. Color Rendering Index	≥80
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <3
Initial input power	218 W
Power consumption tolerance	+/-11%

Over Time Performance (IEC Compliant)

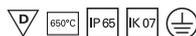
Control gear failure rate at median useful life 50000 h	5 %
Control gear failure rate at median useful life 100000 h	10 %
Lumen maintenance at median useful life* 50000 h	L80
Lumen maintenance at median useful life* 100000 h	L65

Application Conditions

Ambient temperature range	-30 to +45 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Maximum dim level	10%
Suitable for random switching	No

Product Data

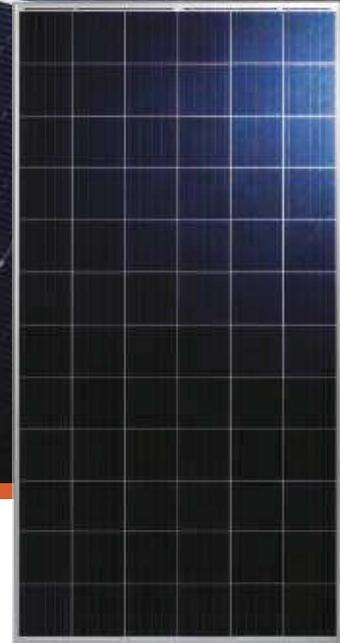
Full product code	871869634793500
Order product name	BY471P ECO320S/840 PSD MB GC SI
EAN/UPC - Product	8718696347935
Order code	910925863382
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910925863382
Net Weight (Piece)	15.600 kg



TP672P - 320 / 325 / 330W

Polycrystalline Solar Module

72-Cell Series



KEY FEATURES



Maximize limited space

Maximum power output 330W



Excellent Anti-PID performance

2 times of industry standard Anti-PID test by TUV Rheinland



Highly reliable due to stringent quality control

In-house testing goes well beyond certification requirements



Certified to withstand the most challenging environmental conditions

2400 Pa wind load · 5400 Pa snow load · 25 mm hail stones at 82 km/h



IP68 junction box

The highest waterproof level



Lower temperature coefficients

Enhance power generation

SYSTEM & PRODUCT CERTIFICATES

- IEC 61215 / IEC 61730 / UL 1703
- ISO 9001 : 2008 Quality Management System
- ISO 14001 : 2004 Environment Mangement System
- OHSAS 18001 : 2007 Occupational Health and Safety Management System



QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 or UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun' s installation manual for 10 years from the warranty starting date.



ABOUT TALESUN SOLAR

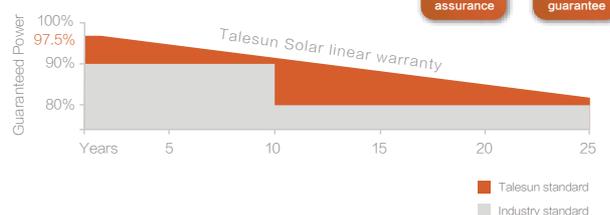
TALESUN Solar is one of the world' s largest integrated clean energy providers with 4 GW cell and 5 GW module production capacity globally. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. Talesun Solar is committed to provide customers with customized; systematized and trustworthy turnkey solutions. Till now, Talesun Solar has accumulatively shipped more than 10 GW modules globally.

PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Module

10 years
Quality assurance

25 years
Power output guarantee



TALESUN



Web: www.talesun.com
Tel: +86 400 885 1098
Add: No.1 Talsun Road, Shajiang, Changshu, P.R. China

ELECTRICAL PARAMETERS

Performance at STC (Power Tolerance 0 – +3%)

Maximum Power (Pmax/W)	320	325	330
Operating Voltage (Vmpp/V)	37.1	37.4	37.7
Operating Current (Impp/A)	8.63	8.70	8.76
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	45.5	45.7	45.9
Short-Circuit Current (Isc/A)	9.16	9.22	9.27
Module Efficiency η_m (%)	16.5	16.7	17.0

Performance at NOCT

Maximum Power (Pmax/W)	236	240	243
Operating Voltage (Vmpp/V)	34.1	34.4	34.6
Operating Current (Impp/A)	6.92	6.98	7.04
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	42.0	42.2	42.3
Short-Circuit Current (Isc/A)	7.42	7.46	7.51

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25° C, Air Mass AM1.5 NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20° C, Wind Speed 1m/s

MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Poly
Cell Dimensions	156.75*156.75mm(6inch)
Cell Arrangement	72(6*12)
Weight	22kg(48.5lbs)
Module Dimensions	1960*992*40mm(77.17*39.06*1.38inch)
Cable Length	1200mm(47.24inch)
Cable Cross Section Size	4mm ² (0.006sq.in)
Front Glass	3.2mm High Transmission, Tempered Glass
No.of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	30pcs/Pallet,720pcs/40hq
Packing Configuration (2)	30pcs+5pcs/Pallet, 780pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68

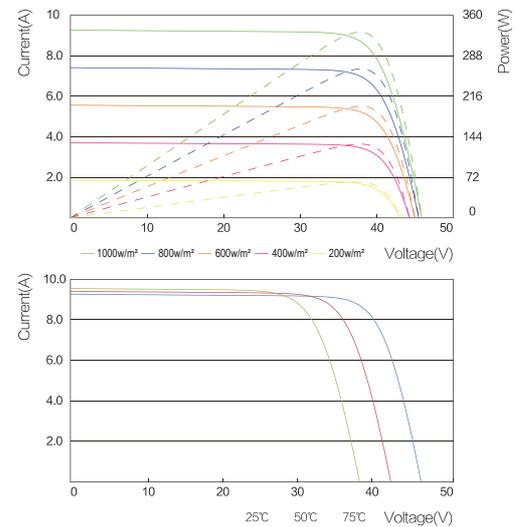
OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V/DC(IEC)/1500V/DC(IEC)
Operating Temp	-40°C – +85°C
Maximum Series Fuse	15A
Static Loading	5400Pa
Conductivity at Ground	≤ 0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥ 100MΩ
Connector	MC4 Compatible

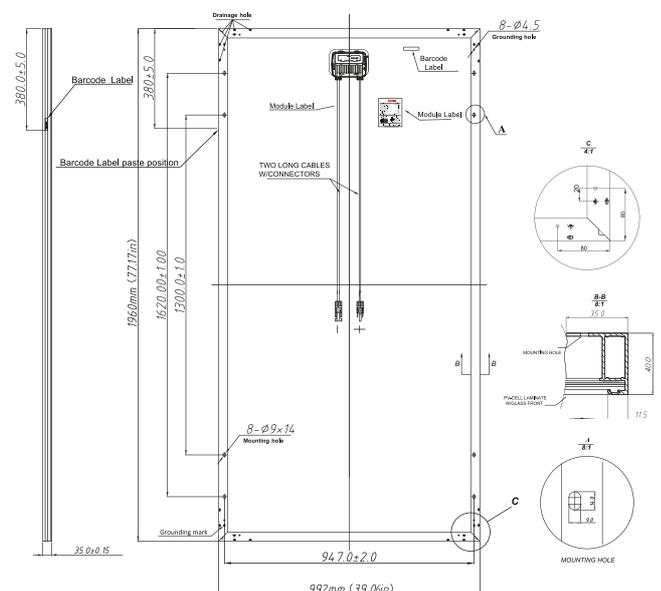
TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient Pmax	-0.40%/°C
Temperature Coefficient Voc	-0.31%/°C
Temperature Coefficient Isc	+0.06%/°C
NOCT	45 ± 2°C

I-V CURVE



TECHNICAL DRAWINGS



INVERSORES TRIFÁSICOS SIN TRANSFORMADOR CON LA MÁXIMA EFICIENCIA Y EL MEJOR PRECIO

20TL / 33TL

Familia de inversores trifásicos sin transformador para uso doméstico, industrial y para instalaciones FV de campo.

La máxima eficiencia al mejor precio

Un único bloque de potencia con un avanzado sistema individual de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT), que permite obtener la máxima energía del campo fotovoltaico al precio más competitivo del mercado.

Tecnología Plug & Play

Extremadamente fácil de instalar. La conexión del inversor se realiza de forma simple y rápida. Además, el idioma y la configuración específicos de cada país pueden ser seleccionados directamente desde la pantalla del inversor.

Diseño robusto

Envoltente de acero, especialmente diseñada para instalaciones tanto de interior como de exterior (IP65). Soporta temperaturas extremas. Los inversores INGECON® SUN 3Play TL han sido diseñados para garantizar una vida útil de más de 20 años, como lo demuestran los tests de estrés a los que son sometidos.

Fácil mantenimiento

Un datalogger interno permite almacenar datos de hasta 3 meses de antigüedad. El control se puede realizar desde un PC remoto o *in situ* desde el display del inversor. Dispone de pantalla LCD y LEDs indicadores de estado y alarmas.

Manejo sencillo

Los inversores INGECON® SUN 3Play TL disponen de una pantalla LCD que permite visualizar de forma sencilla y cómoda el estado del inversor, así como diferentes variables internas. Además, el display dispone de tres LEDs que indican el estado de funcionamiento del inversor y avisan de cualquier incidencia mediante una indicación luminosa, lo cual simplifica y facilita las tareas de mantenimiento del equipo.

Software incluido

Los equipos 3Play TL incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet. Las comunicaciones RS-485 también las integra de serie. Además, el usuario puede descargar desde la web www.ingeteam.com la última versión del firmware del inversor y actualizarlo usando una simple tarjeta de memoria SD.

Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años



20TL / 33TL

Todos los modelos incluyen descargadores tipo 3 DC y AC. Además, incluyen un seccionador DC y una entrada de bornas con sistema de seguimiento del punto de máxima potencia.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Sistema MPPT.
- Eficiencia máxima 98,5%.
- Entradas digitales.
- Comunicaciones RS-485 de serie.
- Actualización de firmware a través de una tarjeta de memoria SD.
- Software INGECON® SUN Manager para la visualización de parámetros y el registro de datos de la planta.
- Visualización de datos de la planta mediante el software INGECON® SUN Monitor.
- Pantalla LCD.
- Fácil mantenimiento.
- Contacto libre de potencial configurable desde el display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.
- Solución Plug & Play.
- Apto para instalaciones interiores y exteriores (IP65).
- Óptimas prestaciones a altas temperaturas.
- Diferentes versiones para todo tipo de proyectos.
- Diseño compacto.
- Idioma, Código de país y tensión nominal configurables por display.

PROTECCIONES

- Polarización inversa.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Fallo de aislamiento.
- Sobretensiones DC y AC con descargadores tipo III.

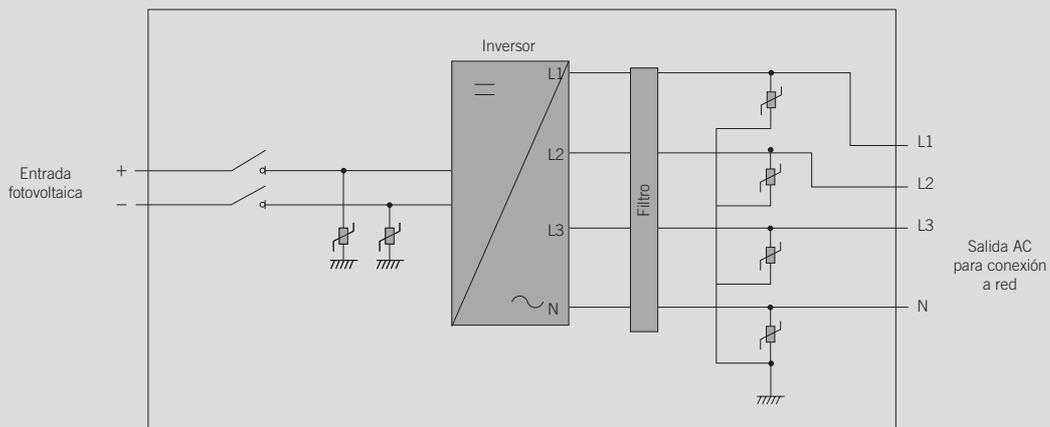
ACCESORIOS OPCIONALES

- Comunicación entre inversores mediante Ethernet, GSM / GPRS o Wi-Fi. Disponible también una segunda tarjeta de comunicación RS-485.
- Kit de autoconsumo.

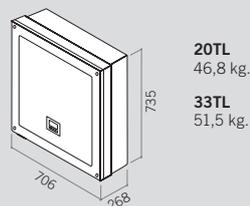
VENTAJAS

- El mejor precio posible.
- Mantenimiento sencillo.
- Larga vida útil del inversor.

3Play TL



Dimensiones y peso (mm)



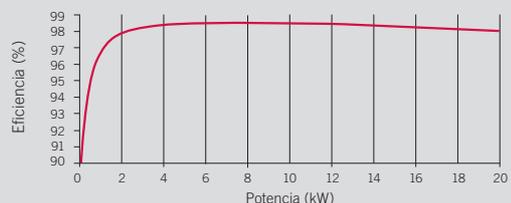
	20TL	33TL
Valores de Entrada (DC)		
Rango pot. campo FV recomendado ⁽¹⁾	20,6 - 26,8 kW	34 - 45 kW
Rango de tensión MPP ⁽²⁾	560 - 820 V	
Tensión mín. para Pnom a Vac nominal	560 V	
Tensión máxima ⁽³⁾	1.000 V	
Corriente máxima ⁽⁴⁾	37 A	61 A
Número de entradas	1	
MPPT	1	
Valores de Salida (AC)		
Potencia nominal	20 kW	33 kW
Máx. temperatura a potencia nominal ⁽⁵⁾	55 °C	51 °C
Corriente máxima	29 A	48 A
Tensión nominal	400 V	
Rango de tensión	187 - 528 V	304 - 528 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	
Tipo de red ⁽⁶⁾	TT / TN	
Factor de Potencia	1	
Factor de Potencia ajustable ⁽⁷⁾	Sí. Smáx=20 kVA; Qmax=20 kVAR	Sí. Smáx=33 kVA; Qmax=20 kVAR
THD	<3%	
Rendimiento		
Eficiencia máxima	98,5%	
Euroeficiencia	98,3%	
Datos Generales		
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada	
Caudal de aire	200 m³/h	400 m³/h
Consumo en stand-by ⁽⁸⁾	10 W	
Consumo nocturno	1 W	
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 65 °C	
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%	
Grado de protección	IP65	
Marcado	CE	
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100	
Normativa de conexión a red	RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-16 Ed. III, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/2, G83/2 ⁽⁹⁾ , P.O.12.3, AS4777.2, AS4777.3, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, South African Grid code, Chilean Grid Code, Romanian Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, IIEEE 929, Thailand MEA & PEA requirements, DEWA (Dubai) Grid Code, Jordan Grid Code	

Elementos integrados

Bornas	✓
DC Seccionador	✓
Descargadores DC y AC, tipo 3	✓

Notas: ⁽¹⁾ Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica ⁽²⁾ $V_{mpp,min} = 560$ V cuando $V_{ac} = 400$ V. Para otros casos: $V_{mpp,min} = 1.4 \times V_{ac}$ ⁽³⁾ No superar en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles 'Voc' a bajas temperaturas ⁽⁴⁾ La corriente máxima por conector FV es 11 A para las versiones Premium ⁽⁵⁾ Por cada °C de incremento, la potencia de salida se reducirá un 1,8% ⁽⁶⁾ Estas unidades deberán conectarse a una red trifásica en estrella con neutro aterrado. El neutro de la red debe conectarse al equipo ⁽⁷⁾ Q=0 fuera del rango de tensión MPP ⁽⁸⁾ Consumo desde el campo fotovoltaico ⁽⁹⁾ Sólo para inversores hasta 16 A de salida.

Rendimiento INGECON® SUN 20TL $V_{dc} = 600$ V





EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

Conductor : Conductor estañado clase 5 para servicio móvil (-F)
 Aislación : Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
 Cubierta : Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
 Norma Constructiva : AENOR EA 0038
TÜV 2 Pfg 1169/08.2007 cables para paneles solares.

Norma Nac / Europea : UNE-EN 60332-1-2
 UNE-EN 50226-2-4
 UNE-EN 50267
 UNE EN 61034-2

Internacional : IEC 60332-1-2
 IEC 60332-3-24
 IEC 60754
 IEC 61034-2



La serie de cables EXZHELLENT SOLAR (AS), está constituida por cables flexibles monoconductores de tensión 1,8 kV en corriente continua (cc)

Son cables específicos para instalaciones solares fotovoltaicas (pV), capaces de soportar las extremas condiciones ambientales que se producen en este tipo de instalaciones.

Sus características principales son:

- :: Servicio móvil.
- :: Alta seguridad. **Especialmente diseñado para no dañar los paneles solares.**
- :: Resistencia a la intemperie.
- :: Trabajo a muy baja temperatura (-40°C)
- :: Resistencia a la abrasión, el desgarro y los aceites y grasas industriales.
- :: Endurecimiento térmico de los materiales para garantizar una **vida útil de 30 años.**

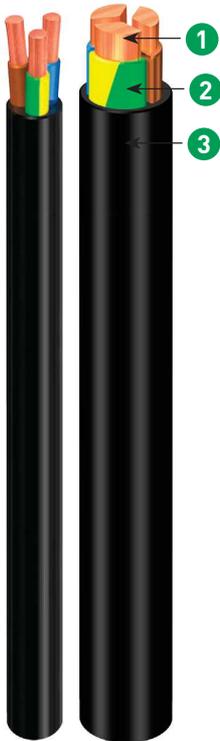
La temperatura máxima del conductor en servicio permanente es de 90°C, pudiendo soportar temperaturas de 120°C durante 20.000 horas

EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC

SECCIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	RADIO MÍNIMO CURVATURA	RESISTENCIA MAX DEL CONDUCTOR	INTENSIDAD AL AIRE / 40°C
mm ²	mm	kg/Km	mm	Ohm/km	A
1x2,5	5,0	50	20	8,21	41
1x4	5,6	65	23	5,09	55
1x6	6,8	85	26	3,39	70
1x10	7,9	140	32	1,95	96
1x16	8,8	200	35	1,24	132

OTROS CALIBRES, REALIZAR CONSULTA A NUESTRO EQUIPO

Cable de Baja Tensión ENERGY RV-K FOC, Cobre, 0.6/1 kV, XLPE, Cubierta de PVC Flexible



Descripción

- 1. Conductor:** Cobre, flexible clase 5.
- 2. Aislamiento:** Polietileno reticulado (XLPE).
- 3. Cubierta Exterior:** Policloruro de vinilo acrílico (PVC flexible).

Aplicaciones

- Los cables ENERGY RV-K FOC son cables flexibles para la utilización en la distribución de energía en baja tensión en instalaciones fijas de interior y exterior. Se distinguen por su flexibilidad y manejabilidad, que facilitan y ahorran tiempo en la instalación.

Características

- Cumplen en toda su gama con la No Propagación de la Llama según norma **UNE-EN 60332-1-2** (correspondiente a la norma internacional **IEC 60332-1-2**). La variante UNFIRE cumple además la No Propagación del Incendio según norma **UNE-EN 60332-3** (correspondiente norma internacional **IEC 60332-3**).
- A partir de la sección de 50 mm² inclusive

se ofrece la configuración SECTORFLEX con conductor sectoral flexible que, manteniendo idénticas prestaciones eléctricas y los mismos terminales y accesorios convencionales que el cable circular, consigue un menor diámetro y peso del cable, incrementando significativamente su manejabilidad y facilidad de instalación.

- Cables certificados con la marca AENOR.
- Temperatura máxima del conductor en servicio permanente 90°C.
- Intensidades máximas admisibles en instalación al aire a 40 °C conforme a **IEC 60364-5-52**, tabla A.52-12, tres conductores cargados, método de instalación F para cables unipolares y método de instalación E para cables multiconductores.
- Intensidades máximas admisibles para cables directamente enterrados a 25 °C, 0,7 m profundidad y 1,5 K•m/W de conductividad térmica del terreno conforme a **IEC 60364-5-52**, tabla B.52-2.

Especificaciones de Referencia

- UNE 21123-2** - Norma constructiva y de ensayos
- IEC 60502-1** - Norma constructiva y de ensayos
- UNE-EN 60332-1-2** - No propagador de la llama
- IEC 60332-1-2** - No propagador de la llama

Cable de Baja Tensión ENERGY RV-K FOC, 0.6/1 kV, XLPE, Cubierta de PVC Flexible

Información Técnica

Número de Parte	Calibre	Diámetro sobre el aislamiento	Peso total aprox.	Radio de curvatura	*Ampacidad 40°	*Ampacidad 25°	Caída de Tensión $V \downarrow$ $\cos\phi=0.8$	Caída de Tensión $V \downarrow$ $\cos\phi=1$
	mm ²	mm	kg/km	mm	A	A	V/A.km	V/A.km
1994106	1x1.5	5.7	45	25	19	25	23.65	29.37
1994107	1x2.5	6.1	60	25	27	33	14.24	17.62
1994108	1x4	6.7	75	30	37	43	8.873	10.93
1994109	1x6	7.2	95	30	48	54	5.95	7.288
1994110	1x10	8.2	140	35	67	71	3.484	4.218
1994111	1x16	9.2	195	40	91	93	2.24	2.672
1994112	1x25	10.8	285	45	122	118	1.476	1.723
1994113	1x35	11.9	375	50	153	143	1.073	1.224
1994114	1x50	13.5	515	55	188	170	0.773	0.852
1994115	1x70	15.6	710	65	243	209	0.568	0.601
1994116	1x95	17.4	920	70	298	248	0.449	0.455
1994117	1x120	19.4	1160	80	348	283	0.368	0.356
1994118	1x150	21.4	1435	90	404	319	0.311	0.285
1994119	1x185	23.3	1735	95	464	358	0.27	0.234
1994120	1x240	26.6	2290	135	552	413	0.223	0.177
1994121	1x300	30.2	2885	155	639	466	0.193	0.142
1994122	1x400	34.8	3920	175	748	544	0.164	0.107
1994123	1x500	39.1	5015	200	860	614	0.146	0.085
1994124	1x630	43.7	6585	220	990	693	0.128	0.063
1994206	2x1.5	8.6	100	35	23	30	23.61	29.37
1994207	2x2.5	9.4	130	40	32	39	14.2	17.62
1994208	2x4	10.5	170	45	44	52	8.839	10.93
1994209	2x6	11.6	220	50	57	66	5.919	7.288
1994210	2x10	13.5	330	55	78	85	3.458	4.218
1994211	2x16	15.5	465	65	104	112	2.218	2.672
1994212	2x25	18.8	700	75	135	142	1.458	1.723
1994213	2x35	21.2	940	85	168	171	1.057	1.224
1999214	2x50	21.3	1160	85	204	203	0.759	0.852
1999215	2x70	24.7	1600	100	262	250	0.556	0.601
1999216	2x95	27.7	2075	140	320	297	0.438	0.455
1999217	2x120	31.3	2640	160	373	338	0.358	0.356
1999218	2x150	34.5	3255	175	430	382	0.302	0.285
1999219	2x185	37.8	3950	190	493	427	0.262	0.234
1999220	2x240	43.3	5220	220	583	493	0.215	0.177
1994306	3G1.5	9.0	115	40	23	30	23.61	29.37
1994307	3G2.5	9.9	155	40	32	39	14.2	17.62
1994308	3G4	11.1	205	45	44	52	8.839	10.93
1994309	3G6	12.3	275	50	57	66	5.919	7.288
1994310	3G10	14.3	415	60	78	85	3.458	4.218
1994311	3G16	16.5	600	70	104	112	2.218	2.672
1994311	3x16	16.5	600	70	91	93	2.218	2.672

Nota: * Variable de acuerdo a tipo y lugar de instalación.

Cable de Baja Tensión ENERGY RV-K FOC, 0.6/1 kV, XLPE, Cubierta de PVC Flexible

Número de Parte	Calibre	Diámetro sobre el aislamiento	Peso total aprox.	Radio de curvatura	*Ampacidad 40°	*Ampacidad 25°	Caída de Tensión V↓ cosφ=0.8	Caída de Tensión V↓ cosφ=1
	mm ²	mm	kg/km	mm	A	A	V/A.km	V/A.km
1994312	3x25	20.0	900	80	115	118	1.458	1.723
1994313	3x35	22.7	1225	95	143	143	1.057	1.224
1999314	3x50	24.9	1555	100	174	170	0.759	0.852
1999315	3x70	29.2	2170	150	223	209	0.556	0.601
1999316	3x95	32.5	2805	165	271	248	0.438	0.455
1999317	3x120	36.7	3560	185	314	283	0.358	0.356
1999318	3x150	40.6	4415	205	363	319	0.302	0.285
1999319	3x185	44.3	5340	225	414	358	0.262	0.234
1999320	3x240	50.8	7050	305	489	413	0.215	0.177
1994321	3x300	64.1	10705	385	565	413	0.186	0.142
1994406	4G1.5	9.9	140	40	20	25	23.61	29.37
1994407	4G2.5	10.9	185	45	29	33	14.2	17.62
1994408	4G4	12.2	255	50	38	43	8.839	10.93
1994409	4G6	13.5	340	55	49	54	5.919	7.288
1994410	4G10	15.8	525	65	68	71	3.458	4.218
1994411	4x16	18.3	760	75	91	93	2.218	2.672
1994411	4G16	18.3	760	75	91	93	2.218	2.672
1994412	4x25	22.4	1155	90	115	118	1.458	1.723
1994413	4x35	25.1	1560	125	143	143	1.057	1.224
1994414	4x50	27.5	2075	140	174	170	0.759	0.852
1994415	4x70	32.3	2900	165	223	209	0.556	0.601
1994416	4x95	35.6	3735	180	271	248	0.438	0.455
1994417	4x120	40.5	4770	205	314	283	0.358	0.356
1994418	4x150	44.6	5895	225	363	319	0.302	0.285
1994419	4x185	49.2	7190	250	414	358	0.262	0.234
1994420	4x240	56.4	9495	340	489	413	0.215	0.177
1994506	5G1.5	10.8	170	45	20	25	23.61	29.37
1994507	5G2.5	11.9	225	50	29	33	14.2	17.62
1994508	5G4	13.4	310	55	38	43	8.839	10.93
1994509	5G6	14.9	420	60	49	54	5.919	7.288
1994510	5G10	17.5	645	70	68	71	3.458	4.218
1994511	5G16	20.2	925	85	91	93	2.218	2.672
1994512	5G25	24.8	1410	100	115	118	1.458	1.723
1994513	5G35	27.8	1905	140	143	143	1.057	1.224
1994514	5G50	32.5	2670	165	174	170	0.759	0.852
1994515	5G70	39.6	4075	200	223	209	0.556	0.601
1994516	5G95	44.6	5320	225	271	248	0.438	0.455
1994517	5G120	50.4	6765	305	314	283	0.358	0.356
1994518	5G150	55.7	8360	335	363	319	0.302	0.285

Nota: * Variable de acuerdo a tipo y lugar de instalación.



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm ²)	Diámetro nominal bajo pantalla (mm)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 30 °C *	Intensidad máx. admisible enterrad. 20°C **	Caída de tensión cos $\mu=0,8$ (V/A.km)
1970110	1x10	7,5	10,5	215	105	67	64	3,5
1970111	1x16	8,5	11,5	280	115	91	83	2,255
1970112	1x25	10,1	13,1	380	135	122	106	1,489
1970113	1x35	11,2	14,2	485	145	153	128	1,084
1970114	1x50	12,8	15,8	635	160	188	152	0,783
1970115	1x70	14,9	18,1	860	185	243	187	0,578
1970116	1x95	16,5	19,7	1.075	200	298	222	0,457
1970117	1x120	18,5	21,9	1.345	220	348	253	0,376
1970118	1x150	20,3	23,7	1.625	240	404	286	0,318
1970119	1x185	22,2	25,8	1.955	260	464	321	0,277
1970120	1x240	25,3	29,1	2.540	295	552	370	0,229
1970121	1x300	28,7	32,7	3.170	330	639	418	0,198
1970122	1x400	33,5	37,7	4.285	380	748	500	0,17

* Intensidades admisibles de acuerdo con IEC 60364-5-52, tabla B.52.12, método de instalación F.

** Intensidades admisibles de acuerdo con IEC 60364-5-52, tabla B.52.5, método de instalación D1.

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

CILINDRICOS FUSIBLES



gG FUSIBLES CILINDRICOS

Cartuchos fusibles cilíndricos clase gG para protección de uso general tanto ante sobrecargas como cortocircuitos, indicados como protección de líneas o equipos. Construidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos, lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Elementos de fusión plateados que evitan el envejecimiento y mantienen inalterables las características. Contactos de cobre plateados. Versiones con indicador visual de fusión y con percutor para la activación de un microinterruptor.

In (A)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CORTE (kA)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CORTE (kA)	EMBALAJE Unid./CAJA
	SIN INDICADOR	CON INDICADOR			CON PERCUTOR				
8x32	0,5	420500	-	400	20	-	-	-	10/100
	1	420501	-	400	20	-	-	-	10/100
	2	420502	420602	400	20	-	-	-	10/100
	4	420504	420604	400	20	-	-	-	10/100
	6	420506	420606	400	20	-	-	-	10/100
	8	420508	420608	400	20	-	-	-	10/100
	10	420510	420610	400	20	-	-	-	10/100
	12	420512	420612	400	20	-	-	-	10/100
	16	420516	420616	400	20	-	-	-	10/100
	20	420720	420820	400	20	-	-	-	10/100



420500

10x38	0,5	420000	-	500	120	-	-	-	10/100
	1	420001	-	500	120	-	-	-	10/100
	2	420002	420102	500	120	-	-	-	10/100
	4	420004	420104	500	120	-	-	-	10/100
	6	420006	420106	500	120	-	-	-	10/100
	8	420008	420108	500	120	-	-	-	10/100
	10	420010	420110	500	120	-	-	-	10/100
	12	420012	420112	500	120	-	-	-	10/100
	16	420016	420116	500	120	-	-	-	10/100
	20	420020	420120	500	120	-	-	-	10/100
	25	420025	420125	500	120	-	-	-	10/100
	32	420032	420132	400	120	-	-	-	10/100



420025

14x51	1	421001	-	690	80	-	-	-	10/50
	2	421002	421102	690	80	421202	500	120	10/50
	4	421004	421104	690	80	421204	500	120	10/50
	6	421006	421106	690	80	421206	500	120	10/50
	8	421008	421108	690	80	421208	500	120	10/50
	10	421010	421110	690	80	421210	500	120	10/50
	12	421012	421112	690	80	421212	500	120	10/50
	16	421016	421116	690	80	421216	500	120	10/50
	20	421020	421120	690	80	421220	500	120	10/50
	25	421025	421125	690	80	421225	500	120	10/50
	32	421032	421132	500	120	421232	500	120	10/50
	40	421040	421140	500	120	421240	500	120	10/50
	50	421050	421150	400	120	421250	400	120	10/50



CILINDRICOS

BASES PORTAFUSIBLES



PMX BASES PORTAFUSIBLES MODULARES

NUEVO

	POLOS	MODULOS	REFERENCIA		I _n (A)	U (V)	EMBALAJE Unid./CAJA		
			SIN INDICADOR	CON INDICADOR					
14x51	I	1,5	485201	c RU US	485208	c RU US	50	690	6/90
	N	1,5	485202	c RU US	-	-	50	690	6/90
	I + N	3	485203	c RU US	485209	c RU US	50	690	3/45
	2	3	485204	c RU US	485210	c RU US	50	690	3/45
	3	4,5	485205	c RU US	485211	c RU US	50	690	2/30
	3 + N	6	485206	c RU US	485212	c RU US	50	690	1/18
	4	6	485207	c RU US	485213	c RU US	50	690	1/18
	14x51 24VDC	1	1,5	-	-	485214	c RU US	50	24
1+N		3	-	-	485215	c RU US	50	24	3/45
2		3	-	-	485216	c RU US	50	24	3/45



PMX BASES PORTAFUSIBLES MODULARES CON MICRORUPTOR

NUEVO

14x51	I	1,5	485220	c RU US	485226	c RU US	50	690	6/90
	I + N	3	485221	c RU US	485227	c RU US	50	690	3/45
	2	3	485222	c RU US	485228	c RU US	50	690	3/45
	3	4,5	485223	c RU US	485229	c RU US	50	690	2/30
	3+N	6	485224	c RU US	485230	c RU US	50	690	1/18
	4	6	485225	c RU US	485231	c RU US	50	690	1/18



PMX BASES PORTAFUSIBLES MODULARES ACCESORIOS

NUEVO

REFERENCIA	DESCRIPCION	EMBALAJE
480005	CLIPS PARA UNION MULTIPOLAR	12
485356	PASADORES PARA UNION MULTIPOLAR	12
485357	PASADORES PARA UNION MICROS	12
485258	SOPORTE CANDADO	5
485259	MICRO 1P *	5
485260	MICRO 3P *	2
485261	MICRO 3P (2M) *	2
485262	EXTENSION MICRO UNIPOLAR	5
485263	EXTENSION MICRO TRIPOLAR	2
485264	REPUESTO DE INDICADOR DE FUSION NEON 120/690 VAC	3
485265	REPUESTO DE INDICADOR DE FUSION LED 24 VDC	3
485266	ACCESORIO PROTECCION ESPECIAL IP20 PMX-14	12
485271	ACCESORIO M6 CONEXION ESPECIAL	12
485656	ACCESORIO PROTECCION DE TORNILLO	12



* PARA CONVERTIR BASE ESTÁNDAR EN BASE CON MICRORRUPTOR SOLO FUSION Y COMO RECAMBIO DE LA PMX CON MICRORRUPTOR PRECORTE-FUSION-PRESENCIA

NORMAS IEC 60269-1 IEC 60269-2 EN 60269-1 EN 60269-2	NORMAS CSA C22.2 4248-1 UL 4248-1	HOMOLOGACIONES c RU US IEC RoHS compliant	TECNICO CARACTERISTICAS TECNICAS PAGINA 19	TECNICO PMX MONTAJE MULTIPOLAR DE BASES PORTAFUSIBLES PAGINA 20	TECNICO DIMENSIONES PAGINA 21	TECNICO MONTAJE DEL MICRO IDENTIFICACION CON ETIQUETA BLOQUEO CON CANDADO PAGINA 22	COMPATIBLE gG FUSIBLES CILINDRICOS PAGINA 04	COMPATIBLE aM FUSIBLES CILINDRICOS PAGINA 06	COMPATIBLE aR - gR FUSIBLES ULTRARAPIDOS PARA SEMICONDUCTORES VER RAPIDPLUS
--	---	---	--	---	-------------------------------------	---	--	--	---



Interrupor automático magnetotérmico serie MU, 4P, 40A, curva C, 6KA

Interrupor automático magnetotérmico hager serie MU, 4P, 40A, curva C, poder de corte 6000A según UNE EN 60898-1. Certificado AENOR.

Imagen similar (La imagen muestra MUN416A)

Arquitectura

Número de polos protegidos	4
Número de polos	4 P
Tipo de polos	4 P
Con corte del neutro	no
Curva	C

Conectividad

Alineamiento de los bornes superiores para aparatos modulares Bornes alineados modulares

Principales características eléctricas

Frecuencia asignada	50/60 Hz
Poder de corte asignado	6 kA
Tipo de tensión de alimentación	AC
Tensión asignada de empleo en alterna	230/400 V

Tensión

Tensión asignada de aislamiento	500 V
Tensión soportada al impulso asignada	4000 V

Corriente eléctrica

Poder corte último en c.a. 400V (EN 60947-2)	10 kA
Poder de corte asignado	6 kA
Poder de corte de servicio según EN60898	6 kA
Poder corte 1 polo 400V (EN60947-2)	3 kA
Poder corte último en c.a. 415V (EN 60947-2)	10 kA
Valor umbral mín/máx relé magnético en c.a.	5/10 In
Valor umbral mín/máx funcionamiento del relé térmico en c.c.	7/15 In
Valor mín/máx de funcionamiento del relé térmico en c.a.	1,13/1,45 In
Valor del nivel mín/máx de funcionamiento del relé térmico en c.c.	1,13/1,45 In

Corriente/temperatura

Corriente asignada a -15°C	48,4 A
Corriente asignada a -20°C	49,2 A
Corriente asignada a 0°C	45,8 A
Corriente asignada a 10°C	43,9 A
Corriente asignada a -10°C	47,5 A
Corriente asignada a 15°C	43 A
Corriente asignada a 20° C	42 A
Corriente asignada a 25°C	41 A
Corriente asignada a -25°C	50 A
Corriente asignada a 30° C	40 A
Corriente asignada a 35° C	38,8 A
Corriente asignada a 40° C	37,5 A
Corriente asignada a 45° C	36,2 A
Corriente asignada a 5°C	44,8 A
Corriente asignada a -5°C	46,6 A
Corriente asignada a 50° C	34,8 A
Corriente asignada a 55° C	33,4 A
Corriente asignada a 60° C	31,9 A
Corriente asignada a 65°C	30,3 A
Corriente asignada a 70° C	28,6 A

Coefficiente de corrección de la corriente

Coefficiente de corrección disparo magnético a 100Hz	1,1
Coefficiente de corrección disparo magnético a 200Hz	1,2
Coefficiente de corrección disparo magnético a 400Hz	1,5
Coefficiente de corrección disparo magnético a 60Hz	1
Coefficiente de corrección de la corriente nominal para 1 2 aparatos yuxtapuestos:	
Coefficiente de corrección de la corriente nominal para	0,95
3 aparatos yuxtapuestos:	
Coefficiente de corrección de la corriente para 4 y 5 aparatos yuxtapuestos:	0,9
Coefficiente de corrección de la corriente nominal para 0,85 6 aparatos yuxtapuestos:	

Potencia

Potencia disipada por polo	6,2 W
Potencia total disipada en condiciones de Intensidad nominal	22,4 W

Endurancia

Endurancia eléctrica en número de ciclos	4000
Endurancia mecánica en número de maniobras	20000

Dimensiones

Profundidad del producto instalado	70 mm
Altura del producto instalado	83 mm
Anchura del producto instalado	70 mm

Instalación, montaje

Par de apriete	2, 8 Nm
----------------	---------

Conexión

Sección de conexión en cable rígido	1 / 35 mm ²
Sección de conexión en cable flexible	1 / 25 mm ²
Tipo de conexión	Borne de jaula con tornillo
Sección de conexión de bornes de montante con tornillo	1/25 mm ²
Sec. conex. born. sup. e inf. cable ríg.	1/35 mm ²

Equipo

Accesoriable	no
--------------	----

Normas

Norma	EN 60898-1
Directiva europea RoHs	conformidad voluntaria

Seguridad

Índice de protección IP	IP20
-------------------------	------

Condiciones de uso

Grado de polución / IEC60664/IEC60947-2	2
Clase de limitación de energía I ² t	3
Altitud	2000 m
Temperatura de almacenamiento	-25 a 80 °C
Tropicalización/humedad/protección	Todos los climas

CAPÍTULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES	253
1.1. Disposiciones de carácter general.....	253
1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones	253
1.1.2. Contrato de obra	253
1.1.3. Documentación del contrato de obra	253
1.1.4. Reglamentación urbanística.....	253
1.1.5. Formalización del Contrato de Obra	254
1.1.6. Accidentes de trabajo.....	254
1.1.7. Causas de rescisión del contrato de obra	254
1.2. Disposiciones relativas a trabajos y materiales utilizados	255
1.2.1. Demolición del muro y el pavimento	255
1.2.2. Talado de árbol y desbroce y limpieza del terreno	256
1.2.3. Excavación manual a cielo abierto	257
1.2.4. Capa de hormigón de limpieza.....	259
1.2.5. Zapata de cimentación de hormigón armado y viga entre zapatas.....	260
1.2.6. Acero en pilares, vigas y arriostramientos	261
1.2.7. Acero en correas metálicas	262
1.2.8. Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes.....	263
1.2.9. Cerramientos de placas de policarbonato	264
1.2.10. Protección anticorrosiva de elementos de acero	265
1.2.11. Luminaria suspendida tipo LED	266
1.2.12. Módulo solar fotovoltaico.....	266
1.2.13. Inversor fotovoltaico	267
1.2.14. Cableado.....	267
1.2.15. Fusibles.....	268
1.2.16. Interruptor automático magnetotérmico	269
2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....	270
2.1. Atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación	270
2.1.1. El promotor	270
2.1.2. El proyectista	270
2.1.3. El constructor o contratista.....	271
2.1.4. El director de obra.....	271

2.1.5. El director de la ejecución de la obra.....	271
2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación.....	271
2.1.7. Los suministradores de productos.....	272
3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS.....	273
3.1. Contrato de obra.....	273
3.2. Criterio general.....	274
3.3. Fianzas.....	274
3.3.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.....	274
3.3.2. Devolución de las fianzas.....	274
3.3.3.- Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.....	274
3.4. De los precios.....	275
3.4.1. Precio básico.....	275
3.4.2. Precio unitario.....	275
3.4.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	277
3.4.4. Reclamación de aumento de precios.....	277
3.4.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.....	277
3.4.6. De la revisión de los precios contratados.....	277
3.4.7. Acopio de materiales.....	277
3.5. Valoración y abono de los trabajos.....	278
3.5.1. Forma y plazos de abono de las obras.....	278
3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones.....	278
3.5.3. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.....	279
3.6. Indemnizaciones mutuas.....	279
3.6.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	279
3.6.2. Demora de los pagos por parte del promotor.....	279
3.7. Varios.....	279
3.7.1. Unidades de obra defectuosas.....	279
3.7.2. Seguro de las obras.....	279
3.7.3. Conservación de la obra.....	280
3.7.4. Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor.....	280
3.8. Retenciones en concepto de garantía.....	280
3.9. Plazos de ejecución: planning de obra.....	280
3.10. Liquidación económica de las obras.....	281
3.11. Liquidación final de la obra.....	281

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. Disposiciones de carácter general

1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece 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 el promotor y el contratista.

1.1.2. Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.3. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La 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.

1.1.4. 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.

1.1.5. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición 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 (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el 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.

1.1.6. 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.

1.1.7. Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del contratista.
- b) La quiebra del contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

-
- a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
- b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) 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.
- e) Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
- i) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.2. Disposiciones relativas a trabajos y materiales utilizados

1.2.1. Demolición del muro y el pavimento

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Demolición de muro de fábrica de bloque de hormigón hueco, con martillo neumático, y carga manual sobre camión o contenedor.

Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón con martillo neumático, y carga manual sobre camión o contenedor. El precio incluye el picado del material de agarre, pero no incluye la demolición de la base soporte.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: NTE-ADD. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Demoliciones.

Ejecución: PG-3. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Volumen y superficie medidos según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Las zonas a demoler habrán sido identificadas y marcadas. El elemento objeto de la demolición no estará sometido a la acción de cargas o empujes de tierras, y se verificará la estabilidad del resto de la estructura y elementos de su entorno, que estarán debidamente apuntalados. Deberán haberse concluido todas aquellas actuaciones previas previstas en el Proyecto de Derribo correspondiente: medidas de seguridad, anulación y neutralización por parte de las compañías suministradoras de las acometidas de instalaciones, trabajos de campo y ensayos, apeo y apuntalamientos necesarios. Se habrán tomado las medidas de protección indicadas en el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud, tanto en relación con los operarios encargados de la demolición como con terceras personas, viales, elementos públicos o edificios colindantes. Se dispondrá en obra de los medios necesarios para evitar la formación de polvo durante los trabajos de demolición y de los sistemas de extinción de incendios adecuados.

El contratista habrá recibido por escrito la aprobación, por parte del director de la ejecución de la obra, de su programa de trabajo, conforme al Proyecto de Derribo.

FASES DE EJECUCIÓN

Demolición del elemento. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de escombros sobre camión o contenedor.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

No quedarán partes inestables del elemento demolido parcialmente, y la zona de trabajo estará limpia de escombros. Una vez concluidos los trabajos, la base soporte quedará limpia de restos del material.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Mientras se sigan realizando los trabajos de rehabilitación y no se haya consolidado definitivamente la zona de trabajo, se conservarán los apeos y apuntalamientos previstos.

1.2.2. Talado de árbol y desbroce y limpieza del terreno

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Talado de árbol, de 30 a 60 cm de diámetro de tronco, con motosierra. Incluso extracción de tocón y raíces con posterior relleno y compactación del hueco con tierra de la propia excavación, troceado de ramas, tronco y raíces, retirada de restos y desechos, y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

Desbroce y limpieza del terreno, con medios manuales. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada y apilado de los materiales.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: NTE-ADE. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Explanaciones.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Inspección ocular del terreno. Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar.

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, el contratista solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

FASES DE EJECUCIÓN

Corte del tronco del árbol cerca de la base. Extracción del tocón y las raíces. Troceado del tronco, las ramas y las raíces. Relleno y compactación del hueco con tierra de la propia excavación. Retirada de restos y desechos. Carga a camión.

Replanteo en el terreno. Remoción manual de los materiales de desbroce. Retirada y disposición manual de los materiales objeto de desbroce.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

1.2.3. Excavación manual a cielo abierto

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Excavación de tierras a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con martillo neumático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos. NTE-ADV. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Vaciados.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar. Se dispondrá de la información topográfica y geotécnica necesaria, recogida en el correspondiente estudio geotécnico del terreno realizado por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, y que incluirá, entre otros datos: plano altimétrico de la zona, cota del nivel freático y tipo de terreno que se va a excavar a efecto de su trabajabilidad. Se dispondrán puntos fijos de referencia en lugares que puedan verse afectados por el vaciado, a los cuales se referirán todas las lecturas de cotas de nivel y desplazamientos horizontales y verticales de los puntos del terreno. Se comprobará el estado de conservación de los edificios medianeros y de las construcciones próximas que puedan verse afectadas por el vaciado.

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, el contratista solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica. Notificará al director de la ejecución de la obra, con la antelación suficiente, el comienzo de las excavaciones.

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 y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de las tierras excavadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La excavación quedará limpia y a los niveles previstos, cumpliéndose las exigencias de estabilidad de los cortes de tierras, taludes y edificaciones próximas.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las excavaciones quedarán protegidas frente a filtraciones y acciones de erosión o desmoronamiento por parte de las aguas de escorrentía. Se tomarán las medidas oportunas para asegurar que las características geométricas permanecen inamovibles.

1.2.4. Capa de hormigón de limpieza

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Formación de 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 desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Ejecución: CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos. CTE. DB-HS Salubridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida sobre la superficie teórica de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará, visualmente o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del Proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno, se incorporará a la documentación final de obra. En particular, se debe comprobar que el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y, apreciablemente, la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico, que el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas, que el terreno presenta, apreciablemente, una resistencia y una humedad similares a la supuesta en el estudio geotécnico, que no se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc, y, por último, que no se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres. Una vez realizadas estas comprobaciones, se confirmará la existencia de los elementos enterrados de la instalación de puesta a tierra, y que el plano de apoyo del terreno es horizontal y presenta una superficie limpia.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

El contratista dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del director de la ejecución de la obra.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La superficie quedará horizontal y plana.

1.2.5. Zapata de cimentación de hormigón armado y viga entre zapatas

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE ELEMENTOS

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³, sin incluir el encofrado en este precio. Incluso p/p de elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, separadores, armaduras de espera del pilar y curado del hormigón.

Formación de viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³, sin incluir el encofrado en este precio. Incluso p/p de elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, separadores, y curado del hormigón.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Ejecución: CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos. NTE-CSZ. Cimentaciones superficiales: Zapatas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

El contratista dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del director de la ejecución de la obra.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

1.2.6. Acero en pilares, vigas y arriostramientos

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, vigas y arriostramientos, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero. UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero. NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes. NTE-EAV. Estructuras de acero: Vigas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

El contratista presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

1.2.7. Acero en correas metálicas

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y montaje de acero UNE-EN 10162 S235JRC, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado, para formación de correas sobre las que se apoyará la chapa o panel que actuará como cubierta (no incluida en este precio), y quedarán fijadas a las cerchas con tornillos. Incluso p/p de accesorios y elementos de anclaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero. UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

El contratista presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Resolución de sus fijaciones a las cerchas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

1.2.8. Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero. UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero. NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

El contratista presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

1.2.9. Cerramientos de placas de policarbonato

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y montaje de placas translúcidas planas de policarbonato, fijadas mecánicamente a cualquier tipo de correa estructural (no incluida en este precio). Incluso p/p de elementos de fijación, accesorios, juntas, remates perimetrales y otras piezas de remate para la resolución de puntos singulares.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: CTE. DB-HS Salubridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIR ANTES DE LA EJECUCIÓN

La naturaleza del soporte permitirá el anclaje mecánico de las placas, y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 1°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo de las placas por faldón. Corte, preparación y colocación de las placas. Ejecución de juntas y perímetro. Fijación mecánica de las placas. Resolución de puntos singulares con piezas de remate.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Serán básicas las condiciones de estanqueidad y el mantenimiento de la integridad de la cobertura frente a la acción del viento.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

1.2.10. Protección anticorrosiva de elementos de acero

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Formación de capa de protección contra la oxidación en elementos de acero, con imprimación sintética anticorrosiva a base de zinc y capa de esmalte sintético, aplicada con brocha, rodillo de pelo corto o pistola, en dos manos, hasta alcanzar un espesor total de 100 μ . Incluso p/p de limpieza de la superficie soporte.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero. UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará que el soporte está limpio, seco, exento de óxidos, polvo y grasas.

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 10°C o superior a 30°C, llueva, nieve, la velocidad del viento sea superior a 50 km/h o la humedad ambiental sea superior al 80%.

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza del soporte. Aplicación del producto.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las capas aplicadas serán uniformes y tendrán adherencia entre ellas y con el soporte.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá de la lluvia al menos durante las 3 horas siguientes a su aplicación.

1.2.11. Luminaria suspendida tipo LED

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación Luminaria suspendida tipo LED, de 600x450x120 mm, para lámpara LED de 218 W, con cuerpo de aluminio extruido y protección integrada frente a condiciones extremas; sistema de suspensión por cable de acero.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto. El paramento soporte estará completamente acabado.

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

El nivel de iluminación será adecuado y uniforme. La fijación al soporte será correcta.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

1.2.12. Módulo solar fotovoltaico

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS

Se evitará colocar en serie módulos con distintos rendimientos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación de módulo solar fotovoltaico Talesun de 72 células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 330 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,3 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,85 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,1 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,27 A, vidrio exterior templado de 3,2 mm, marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C a 85°C, dimensiones 1960x992x40 mm, peso 22 kg., incluso la estructura soporte. Totalmente montado, conexionado y probado.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación: CTE. DB-HS Salubridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

FASES DE EJECUCIÓN

Colocación y fijación del módulo. Conexionado.

1.2.13. Inversor fotovoltaico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación de Inversor trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 20 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, potencia nominal de salida 20 kW, eficiencia máxima 96%, rango de voltaje de entrada de 560 a 820 Vcc, dimensiones 706x735x268 mm, con sistema MPPT, comunicaciones RS-485, actualizaciones de firmware vía memoria SD, pantalla LCD y dispositivo para supervisión y evaluación de datos de rendimiento. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Totalmente montado, conexionado y probado.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación: CTE. DB-HS Salubridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

FASES DE EJECUCIÓN

Montaje, fijación y nivelación. Conexionado.

1.2.14. Cableado

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación de cable unipolar o multipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Incluso p/p de accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobarán las separaciones mínimas de las conducciones con otras instalaciones. Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

FASES DE EJECUCIÓN

Tendido del cable. Conexionado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

1.2.15. Fusibles

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación de conjunto fusible formado por fusible cilíndrico, curva gG, poder de corte 100 kA, tamaño 14x51 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 50 A. Totalmente montado, conexionado y probado.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación: REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Normas de la compañía suministradora.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto, que hay espacio suficiente para su instalación y que la zona de ubicación está completamente terminada. Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

FASES DE EJECUCIÓN

Montaje y conexionado del elemento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La instalación podrá revisarse con facilidad.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

1.2.16. Interruptor automático magnetotérmico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación de interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, curva C, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación: REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Normas de la compañía suministradora.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto, que hay espacio suficiente para su instalación y que la zona de ubicación está completamente terminada. Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

FASES DE EJECUCIÓN

Montaje y conexionado del elemento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La instalación podrá revisarse con facilidad.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

2.1. Atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

Se definen agentes de la 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 quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

2.1.1. El promotor

Es la 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 equiparan 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 legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

2.1.2. El proyectista

Es el 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 proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

2.1.3. El constructor o contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

2.1.4. El director de obra

Es el 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 la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con 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.

2.1.5. El director de la ejecución de la obra

Es el 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 las mismas.

2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas 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.

2.1.7. Los suministradores de productos

Se consideran 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 las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

3.1. 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 (en su caso).
- 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 obra.

3.2. 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.

3.3. Fianzas

3.3.1. 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.

3.3.2. 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.

3.3.3.- 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.

3.4. De los precios

3.4.1. 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.

3.4.2. Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra 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 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 directos 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 se 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.

Se consideran 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 de 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 aquéllos 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.
- Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

3.4.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

3.4.4. Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

3.4.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

3.4.6. De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.

3.4.7. Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el contratista responsable de su guarda y conservación.

3.5. Valoración y abono de los trabajos

3.5.1. 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 Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que 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 probar al contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones

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 que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación.

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 entregas 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.

3.5.3. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo, y el director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.

Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

3.6. Indemnizaciones mutuas

3.6.1. 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.

3.6.2. Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

3.7. Varios

3.7.1. Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

3.7.2. Seguro de las obras

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

3.7.3. 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.

3.7.4. 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 obra.

3.8. 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 (5%) y responderá de 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.

3.9. Plazos de ejecución: planning de obra

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.

3.10. 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 acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, 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 director 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.

3.11. Liquidación final de la obra

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las 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.

CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. Nave.....	287
1.1. Actuaciones previas.....	287
1.2. Cimentación	289
1.3. Estructura	291
1.3.1. Perfiles.....	291
1.3.2. Placas de anclaje	293
1.3.3. Cerramientos.....	295
1.3.4. Protección contra la corrosión	296
2. Instalación de iluminación.....	297
3. Instalación fotovoltaica	298
3.1. Elementos principales	298
3.2. Cableado.....	299
3.3. Protecciones	301
4. Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	302
5. Presupuesto Total	303

1. Nave

1.1. Actuaciones previas

m³ Demolición de muro de fábrica.

Demolición de muro de fábrica de bloque de hormigón hueco, con martillo neumático, y carga manual sobre camión o contenedor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
	h	Martillo neumático.	0,665	4,08	2,71
	h	Compresor portátil diésel media presión 10 m ³ /min.	0,332	6,92	2,30
		Subtotal equipo y maquinaria:			5,01
2		Mano de obra			
	h	Peón especializado construcción.	1,062	14,35	15,24
	h	Peón ordinario construcción.	0,966	13,92	13,45
		Subtotal mano de obra:			28,69
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	33,70	0,67
		Costes directos (1+2+3):			34,37
		Medición:			8,75
		Importe total:			300,74 €

m² Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón.

Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón con martillo neumático, y carga manual sobre camión o contenedor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
	h	Martillo neumático.	0,051	4,08	0,21
	h	Compresor portátil diésel media presión 10 m ³ /min.	0,051	6,92	0,35
		Subtotal equipo y maquinaria:			0,56
2		Mano de obra			
	h	Peón especializado construcción.	0,048	14,35	0,69
	h	Peón ordinario construcción.	0,097	13,92	1,35
		Subtotal mano de obra:			2,04
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,60	0,05
		Costes directos (1+2+3):			2,65
		Medición:			222,00
		Importe total:			588,30 €

Ud Talado de árbol.

Talado de árbol, de 30 a 60 cm de diámetro de tronco, con motosierra.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
	h	Motosierra a gasolina, de 50 cm de espada y 2 kW de potencia.	0,688	3,00	2,06
	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	0,155	46,35	7,18
	h	Rodillo vibrante de guiado manual, de 700 kg, anchura de trabajo 70 cm.	0,364	8,46	3,08
Subtotal equipo y maquinaria:					12,32
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª jardinero.	0,764	15,90	12,15
	h	Ayudante jardinero.	1,527	14,64	22,36
Subtotal mano de obra:					34,51
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	46,83	0,94
Costes directos (1+2+3):					47,77
Medición:					2,00
Importe total:					95,54 €

m² Desbroce y limpieza del terreno.

Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios manuales, retirada y apilado de los materiales.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
	h	Desbrozadora equipada con disco de dientes de sierra o con hilo de corte, de 0,42 kW de potencia.	0,021	4,00	0,08
Subtotal equipo y maquinaria:					0,08
2		Mano de obra			
	h	Peón ordinario construcción.	0,326	13,92	4,54
Subtotal mano de obra:					4,54
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	4,62	0,09
Costes directos (1+2+3):					4,71
Medición:					1260,75
Importe total:					5938,14 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Demolición de muro de fábrica	300,74 €
Demolición de pavimento exterior	588,30 €
Talado de árbol	95,54 €
Desbroce y limpieza del terreno	5938,14 €
IMPORTE TOTAL	6922,72 €

1.2. Cimentación

m³ Excavación manual a cielo abierto.

Excavación a cielo abierto en cualquier tipo de terreno, con martillo neumático, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
	h	Compresor portátil eléctrico 5 m ³ /min de caudal.	0,326	6,90	2,25
	h	Martillo neumático.	0,651	4,08	2,66
		Subtotal equipo y maquinaria:			4,91
2		Mano de obra			
	h	Peón ordinario construcción.	0,943	13,92	13,13
		Subtotal mano de obra:			13,13
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	18,04	0,36
		Costes directos (1+2+3):			18,40
		Medición:			233,1
		Importe total:			4289,04 €

m² Capa de hormigón de limpieza.

Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m ³	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central.	0,105	62,70	6,58
		Subtotal materiales:			6,58
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1 ^a estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,008	16,70	0,13
	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,015	15,37	0,23
		Subtotal mano de obra:			0,36
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	6,94	0,14
		Costes directos (1+2+3):			7,08
		Medición:			222,00
		Importe total:			1571,76 €

m³ Zapata de cimentación de hormigón armado.

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, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Precio		Importe
			Rendimiento	unitario	
1		Materiales			
	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,13	1,04
	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	50,000	0,81	40,50
	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,200	1,10	0,22
	m³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,100	73,04	80,34
		Subtotal materiales:			122,10
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,081	16,70	1,35
	h	Ayudante ferrallista.	0,122	15,37	1,88
	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,051	16,70	0,85
	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,306	15,37	4,70
		Subtotal mano de obra:			8,78
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	130,88	2,62
		Costes directos (1+2+3):			133,50
		Medición:			64,5515
		Importe total:			8617,63 €

m³ Viga entre zapatas.

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, cuantía 60 kg/m³, sin incluir encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Precio		Importe
			Rendimiento	unitario	
1		Materiales			
	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	10,000	0,13	1,30
	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	60,000	0,81	48,60
	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,480	1,10	0,53
	m³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	73,04	76,69
		Subtotal materiales:			127,12
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,194	16,70	3,24
	h	Ayudante ferrallista.	0,194	15,37	2,98
	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,071	16,70	1,19
	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,283	15,37	4,35
		Subtotal mano de obra:			11,76
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	138,88	2,78
		Costes directos (1+2+3):			141,66
		Medición:			10,5728
		Importe total:			1497,75 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Excavación manual a cielo abierto	4289,04 €
Capa de hormigón de limpieza	1571,76 €
Zapata de cimentación de hormigón armado	8617,63 €
Viga entre zapatas	1497,75 €
IMPORTE TOTAL	15976,18 €

1.3. Estructura

1.3.1. Perfiles

kg Acero en pilares.

Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas, montados a una altura inferior a 3 m. Incluye sistemas de arriostramiento.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales a una altura inferior a 3 m. Incluye sistemas de arriostramiento.	1,050	0,99	1,04
	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
		Subtotal materiales:			1,28
2		Equipo y maquinaria			
	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
		Subtotal equipo y maquinaria:			0,05
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	16,70	0,33
	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	15,37	0,31
		Subtotal mano de obra:			0,64
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1,97	0,04
		Costes directos (1+2+3+4):			2,01
		Medición:			3291,17
		Importe total:			6615,26 €

kg Acero en vigas.

Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas, montados a una altura superior a 3 m. Incluye sistemas de arriostramiento.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales a una altura superior a 3 m. Incluye sistemas de arriostramiento.	1,050	0,99	1,04
	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
				Subtotal materiales:	1,28
2		Equipo y maquinaria			
	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
				Subtotal equipo y maquinaria:	0,05
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	16,70	0,33
	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	15,37	0,31
				Subtotal mano de obra:	0,64
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1,97	0,04
				Costes directos (1+2+3+4):	2,01
				Medición:	4365,36
				Importe total:	8774,38 €

kg Acero en correas metálicas.

Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado y colocado en obra con tornillos.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Acero UNE-EN 10162 S235JRC, para correa formada por pieza simple, en perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, galvanizado, incluso accesorios, tornillería y elementos de anclaje.	1,000	1,43	1,43
				Subtotal materiales:	1,43
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,031	16,70	0,52
	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,031	15,37	0,48
				Subtotal mano de obra:	1,00
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,43	0,05
				Costes directos (1+2+3):	2,48
				Medición:	1019,2
				Importe total:	2527,62 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Acero en pilares	6615,26 €
Acero en vigas	8774,38 €
Acero en correas metálicas	2527,62 €
IMPORTE TOTAL	17917,26 €

1.3.2. Placas de anclaje

Ud Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes. Tipo 1.

Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 150x250 mm y espesor 10 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 8 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales.	2,944	1,34	3,94
	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,065	0,81	0,86
		Subtotal materiales:			4,80
2		Equipo y maquinaria			
	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,016	3,10	0,05
		Subtotal equipo y maquinaria:			0,05
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,252	16,70	4,21
	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,252	15,37	3,87
		Subtotal mano de obra:			8,08
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	12,93	0,26
		Costes directos (1+2+3+4):			13,19
		Medición:			4,00
		Importe total:			52,76 €

Ud Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes. Tipo 2.

Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 250x350 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 14 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales.	11,303	1,34	15,15
	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,893	0,81	1,53
		Subtotal materiales:			16,68
2		Equipo y maquinaria			
	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,021	3,10	0,07
		Subtotal equipo y maquinaria:			0,07
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,414	16,70	6,91
	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,414	15,37	6,36
		Subtotal mano de obra:			13,27
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	30,02	0,60
		Costes directos (1+2+3+4):			30,62
		Medición:			14,00
		Importe total:			428,68 €

Ud Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes. Tipo 3.

Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x450 mm y espesor 18 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 45 cm de longitud total.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales.	22,195	1,34	29,74
	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	4,259	0,81	3,45
Subtotal materiales:					33,19
2		Equipo y maquinaria			
	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,021	3,10	0,07
Subtotal equipo y maquinaria:					0,07
3		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,591	16,70	9,87
	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,591	15,37	9,08
Subtotal mano de obra:					18,95
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	52,21	1,04
Costes directos (1+2+3+4):					53,25
Medición:					10,00
Importe total:					532,50 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes. Tipo 1	52,76 €
Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes. Tipo 2	428,68 €
Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes. Tipo 3	535,50 €
IMPORTE TOTAL	1016,94 €

1.3.3. Cerramientos

m² Cerramiento de fachada de paneles de policarbonato compacto.

Cerramiento de fachada con paneles de policarbonato compacto de 5 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno para cierres de juntas entre placas, montados en posición vertical, con sistema de fijación oculto.

Código	Unidad	Descripción	Precio		Importe
			Rendimiento	unitario	
1		Materiales			
	m ²	Cerramiento de fachada con paneles de policarbonato compacto de 5 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno para cierres de juntas entre placas, montados en posición vertical, con sistema de fijación oculto.	1,050	27,77	29,16
	Ud	Tornillo autorroscante de 6,5x130 mm de acero inoxidable, con arandela.	8,000	0,80	6,40
	m	Junta de estanqueidad.	2,000	0,90	1,80
		Subtotal materiales:			38,27
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,206	16,43	3,38
	h	Ayudante montador de cerramientos industriales.	0,206	14,64	3,02
		Subtotal mano de obra:			6,40
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	44,67	0,90
		Costes directos (1+2+3):			45,57
		Medición:			468,75
		Importe total:			21360,94 €

m² Cerramiento de cubierta de paneles de policarbonato celular

Cerramiento de cubierta con paneles de policarbonato celular de 16 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno para cierres de juntas entre placas, montados en posición vertical, con sistema de fijación oculto.

Código	Unidad	Descripción	Precio		Importe
			Rendimiento	unitario	
1		Materiales			
	m ²	Cerramiento de cubierta con paneles de policarbonato celular de 16 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno para cierres de juntas entre placas, montados en posición vertical, con sistema de fijación oculto.	1,050	21,95	23,05
	Ud	Tornillo autorroscante de 6,5x130 mm de acero inoxidable, con arandela.	8,000	0,80	6,40
	m	Junta de estanqueidad.	2,000	0,90	1,80
		Subtotal materiales:			31,25
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,206	16,43	3,38
	h	Ayudante montador de cerramientos industriales.	0,206	14,64	3,02
		Subtotal mano de obra:			6,40
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	37,65	0,75
		Costes directos (1+2+3):			38,40
		Medición:			727,51
		Importe total:			27936,39 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Cerramiento de fachada de paneles de policarbonato celular	21360,94 €
Cerramiento de cubierta de paneles de policarbonato celular	27936,39 €
IMPORTE TOTAL	49297,33 €

1.3.4. Protección contra la corrosión

m² Protección anticorrosiva de elementos de acero.

Tratamiento superficial de protección para elementos de acero con imprimación sintética anticorrosiva a base de zinc y capa de esmalte sintético, aplicada en dos manos (100 µ).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	kg	Imprimación sintética anticorrosiva a base de zinc, capa de esmalte sintético.	0,500	7,68	3,84
Subtotal materiales:					3,84
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª pintor.	0,521	15,90	8,28
	h	Ayudante pintor.	0,313	14,64	4,58
Subtotal mano de obra:					12,86
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	16,70	0,33
Costes directos (1+2+3):					17,03
Medición:					258,701
Importe total:					4405,68 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Protección anticorrosiva de elementos de acero	4405,68 €
IMPORTE TOTAL	4405,68 €

2. Instalación de iluminación

Ud Luminaria suspendida tipo LED PHILIPS BY471P 1xECO320S/840 MB GC.

Luminaria suspendida tipo LED, de 600x450x120 mm, para lámpara LED de 218 W.

Código	Unidad	Descripción	Precio	
			Rendimiento unitario	Importe
1		Materiales		
	Ud	Luminaria suspendida tipo LED, de 600x450x120 mm, para lámpara LED de 218 W, con cuerpo de aluminio extruido y protección integrada frente a condiciones extremas; sistema de suspensión por cable de acero.	1,000	117,84
	Ud	Lámpara LED de 218 W.	1,000	7,11
		Subtotal materiales:		124,95
2		Mano de obra		
	h	Oficial 1ª electricista.	0,194	16,43
	h	Ayudante electricista.	0,194	2,84
		Subtotal mano de obra:		6,03
3		Costes directos complementarios		
	%	Costes directos complementarios	2,000	130,98
		Costes directos (1+2+3):		133,6
		Medición:		25,00
		Importe total:		3340,00 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Luminaria suspendida tipo LED PHILIPS BY471P 1xECO320S/840 MB GC	3340,00 €
IMPORTE TOTAL	3340,00 €

3. Instalación fotovoltaica

3.1. Elementos principales

Ud Módulo solar fotovoltaico Talesun 330 Wp.

Módulo solar fotovoltaico Talesun de 72 células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 330 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,3 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,85 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,1 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,27 A.

Código	Unidad	Descripción	Precio	
			Rendimiento unitario	Importe
1		Materiales		
	Ud	Módulo solar fotovoltaico Talesun de 72 células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 330 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,3 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,85 A, tensión en circuito abierto (Voc) 46,1 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,27 A, vidrio exterior templado de 3,2 mm, marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C a 85°C, dimensiones 1960x992x40 mm, peso 22 kg.	1,000	145,28
	Ud	Estructura para paneles solares regulable	1,000	29,16
		Subtotal materiales:		174,44
2		Mano de obra		
	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0,350	16,43
	h	Ayudante instalador de captadores solares.	0,350	14,62
		Subtotal mano de obra:		10,87
3		Costes directos complementarios		
	%	Costes directos complementarios	2,000	185,31
		Costes directos (1+2+3):		189,02
		Medición:		60,00
		Importe total:		11341,20 €

Ud Inversor fotovoltaico 20 kW.

Inversor central trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 20 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, potencia nominal de salida 20 kW, eficiencia máxima 98,5 %.

Código	Unidad	Descripción	Precio	
			Rendimiento unitario	Importe
1		Materiales		
	Ud	Inversor trifásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 20 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, potencia nominal de salida 20 kW, eficiencia máxima 96%, rango de voltaje de entrada de 560 a 820 Vcc, dimensiones 706x735x268 mm, con sistema MPPT, comunicaciones RS-485, actualizaciones de firmware vía memoria SD, pantalla LCD y dispositivo para supervisión y evaluación de datos de rendimiento.	1,000	2327,89
		Subtotal materiales:		2327,89
2		Mano de obra		
	h	Oficial 1ª electricista.	0,583	16,43
	h	Ayudante electricista.	0,583	14,62
		Subtotal mano de obra:		18,10
3		Costes directos complementarios		
	%	Costes directos complementarios	2,000	2345,99
		Costes directos (1+2+3):		2392,91
		Medición:		1,00
		Importe total:		2392,91 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Módulo solar fotovoltaico Talesun 330 Wp	11341,20 €
Inversor fotovoltaico 20 kW	2392,91 €
IMPORTE TOTAL	13734,11 €

3.2. Cableado

m Cable CC para paneles solares.

Cable flexible monoconductor de tensión 1,8 kV en corriente continua específico para instalaciones solares fotovoltaicas (pV), capaz de soportar condiciones ambientales extremas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
m		Cable flexible monoconductor de tensión 1,8 kV, con conductor estañado clase 5 para servicio móvil (-F) de 6 mm ² de sección, con aislamiento y cubierta de elastómero termoestable (Z), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	1,000	0,55	0,55
Subtotal materiales:					0,55
2		Mano de obra			
h		Oficial 1ª electricista.	0,039	16,43	0,64
h		Ayudante electricista.	0,039	14,62	0,57
Subtotal mano de obra:					1,21
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	1,76	0,04
Costes directos (1+2+3):					1,80
Medición:					108,00
Importe total:					194,40 €

m Cable CA baja tensión.

Cable multipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre flexible clase 5 (-K) de 4x16 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
m		Cable multipolar RV-K, no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4x16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	1,000	3,60	3,60
Subtotal materiales:					3,60
2		Mano de obra			
h		Oficial 1ª electricista.	0,049	16,43	0,81
h		Ayudante electricista.	0,049	14,62	0,72
Subtotal mano de obra:					1,53
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	5,13	0,11
Costes directos (1+2+3):					5,24
Medición:					1,00
Importe total:					5,24 €

m Cable 6 mm² para puesta a tierra.

Cable de alta seguridad apantallado con cinta de cobre para la distribución de energía de baja tensión.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cable de alta seguridad flexible unipolar no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R), cubierta interior y exterior de poliolefina termoplástica separadas por pantalla de cinta de cobre helicoidal, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	1,000	0,35	0,35
Subtotal materiales:					0,35
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,039	16,43	0,64
	h	Ayudante electricista.	0,039	14,62	0,57
Subtotal mano de obra:					1,21
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1,56	0,04
Costes directos (1+2+3):					1,60
Medición:					17,00
Importe total:					27,20 €

m Cable 16 mm² para puesta a tierra.

Cable de alta seguridad apantallado con cinta de cobre para la distribución de energía de baja tensión.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	m	Cable de alta seguridad flexible unipolar no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R), cubierta interior y exterior de poliolefina termoplástica separadas por pantalla de cinta de cobre helicoidal, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-2.	1,000	0,65	0,65
Subtotal materiales:					0,65
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,039	16,43	0,64
	h	Ayudante electricista.	0,039	14,62	0,57
Subtotal mano de obra:					1,21
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1,86	0,04
Costes directos (1+2+3):					1,90
Medición:					1,00
Importe total:					1,90 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Cable CC para paneles solares	194,40 €
Cable CA baja tensión	5,24 €
Cable 6 mm ² para puesta a tierra	27,20 €
Cable 16 mm ² para puesta a tierra	1,90 €
IMPORTE TOTAL	228,74 €

3.3. Protecciones

Ud Fusible cilíndrico 10 A.

Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 10 A, poder de corte 100 kA, tamaño 14x51 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 50 A.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 10 A, poder de corte 100 kA, tamaño 14x51 mm, según UNE-EN 60269-1.	1,000	0,89	0,89
	Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 50 A, según UNE-EN 60269-1.	1,000	8,14	8,14
Subtotal materiales:					9,03
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,195	16,43	3,20
Subtotal mano de obra:					3,20
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	12,23	0,25
Costes directos (1+2+3):					12,48
Medición:					16,00
Importe total:					199,68 €

Ud Fusible cilíndrico 40 A.

Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 40 A, poder de corte 100 kA, tamaño 14x51 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 50 A.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 40 A, poder de corte 100 kA, tamaño 14x51 mm, según UNE-EN 60269-1.	1,000	1,17	1,17
	Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 50 A, según UNE-EN 60269-1.	1,000	8,14	8,14
Subtotal materiales:					9,31
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,195	16,43	3,20
Subtotal mano de obra:					3,20
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	12,51	0,25
Costes directos (1+2+3):					12,76
Medición:					2,00
Importe total:					25,52 €

Ud Interruptor automático magnetotérmico.

Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, curva C.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, curva C, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	1,000	103,37	103,37
Subtotal materiales:					103,37
2		Mano de obra			
	h	Oficial 1ª electricista.	0,342	16,43	5,62
Subtotal mano de obra:					5,62
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	108,99	2,18
Costes directos (1+2+3):					111,17
Medición:					1,00
Importe total:					111,17 €

Actividades / Materiales / Elementos	Importe
Fusible cilíndrico 10 A	199,68 €
Fusible cilíndrico 40 A	25,52 €
Interruptor automático magnetotérmico	111,17 €
IMPORTE TOTAL	336,37 €

4. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Partida	Importe
Nave	
Actuaciones previas	6922,72 €
Cimentación	15976,18 €
Perfiles	17917,26 €
Placas de anclaje	1016,94 €
Cerramientos	49297,33 €
Protección contra la corrosión	4405,68 €
Subtotal Nave:	95536,11 €
Instalación de iluminación	
Luminarias	3340,00 €
Subtotal Instalación de iluminación:	3340,00 €
Instalación fotovoltaica	
Elementos principales	13734,11 €
Cableado	228,74 €
Protecciones	336,37 €
Subtotal Instalación fotovoltaica:	14299,22 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	113175,33 €

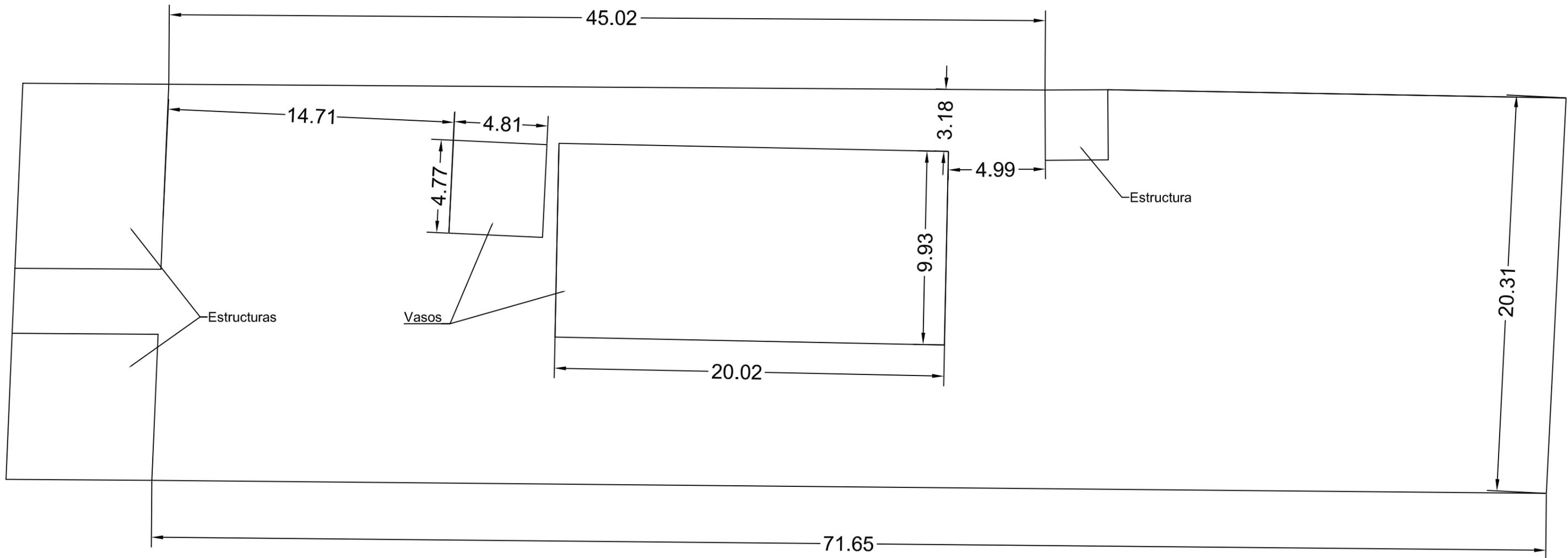
5. Presupuesto Total

Concepto	Cantidad	Importe
PEM + Gastos		
Presupuesto de Ejecución Material	100 %	113175,33 €
Gastos generales y cargas fiscales	20 %	22635,07 €
	Subtotal:	135810,40 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)		
PEM + Gastos	100 %	135810,40 €
Beneficio industrial	6 %	8148,63 €
	Subtotal:	143959,03 €
Presupuesto Total		
Presupuesto de Ejecución por Contrata	100 %	143959,03 €
Proyecto y dirección de obras	7 %	10077,14 €
	Subtotal:	154036,17 €
Presupuesto Total + IVA		
Presupuesto Total	100 %	154036,17 €
IVA	21 %	32347,60 €
PRESUPUESTO TOTAL + IVA		186383,77 €

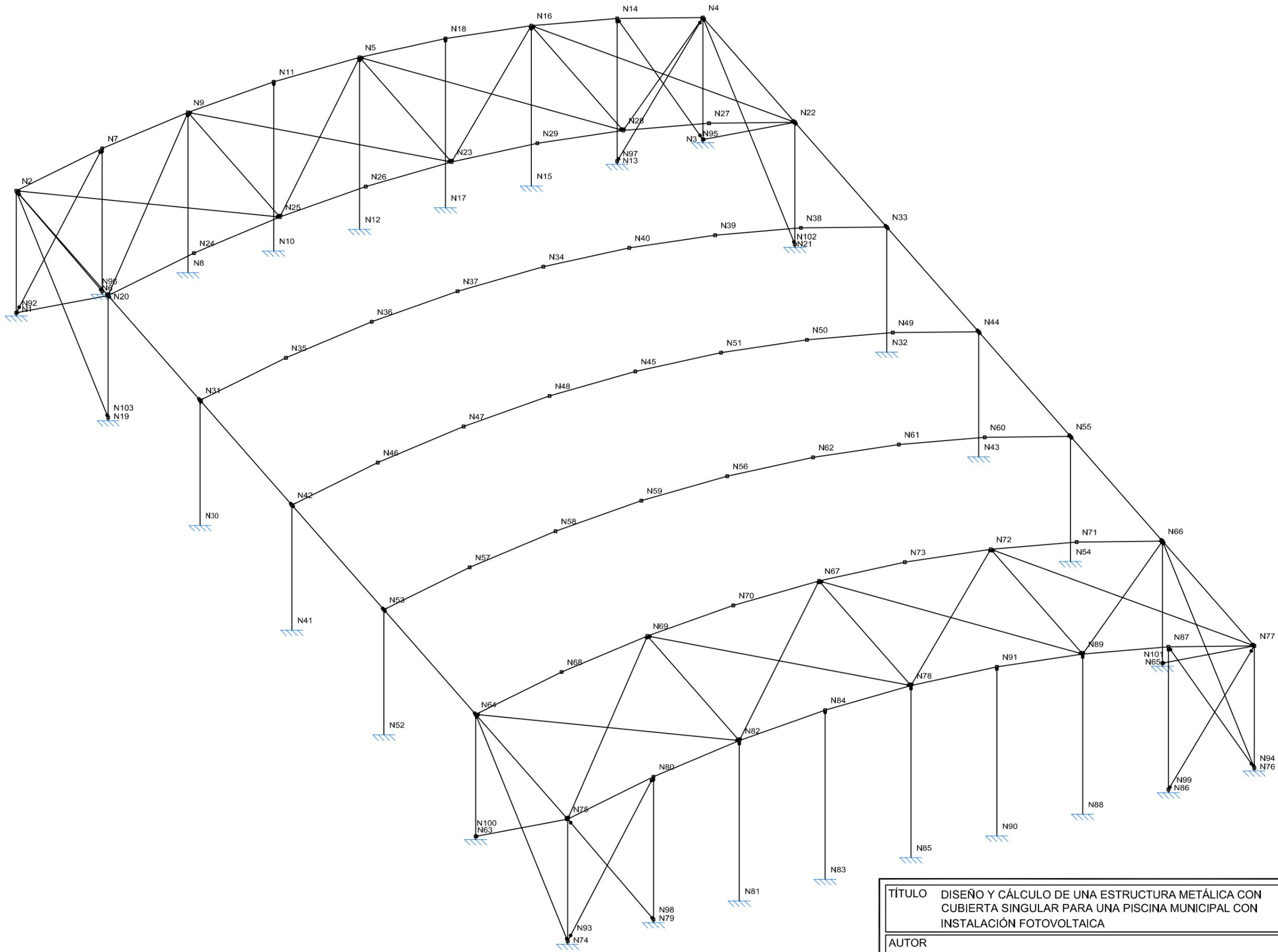
CAPÍTULO 5: PLANOS

ÍNDICE

1. PARCELA	309
2. ESTRUCTURA	311
3. CIMENTACIONES	313
4. PÓRTICOS, FACHADA LATERAL Y UNIONES	315
5. ENTRAMADO DE CUBIERTA.....	317
6. FACHADAS Y PLANTA DE CUBIERTA	319

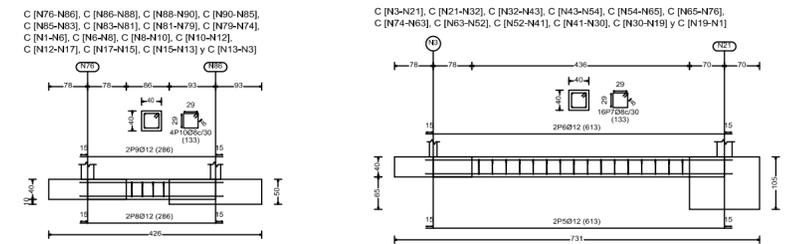
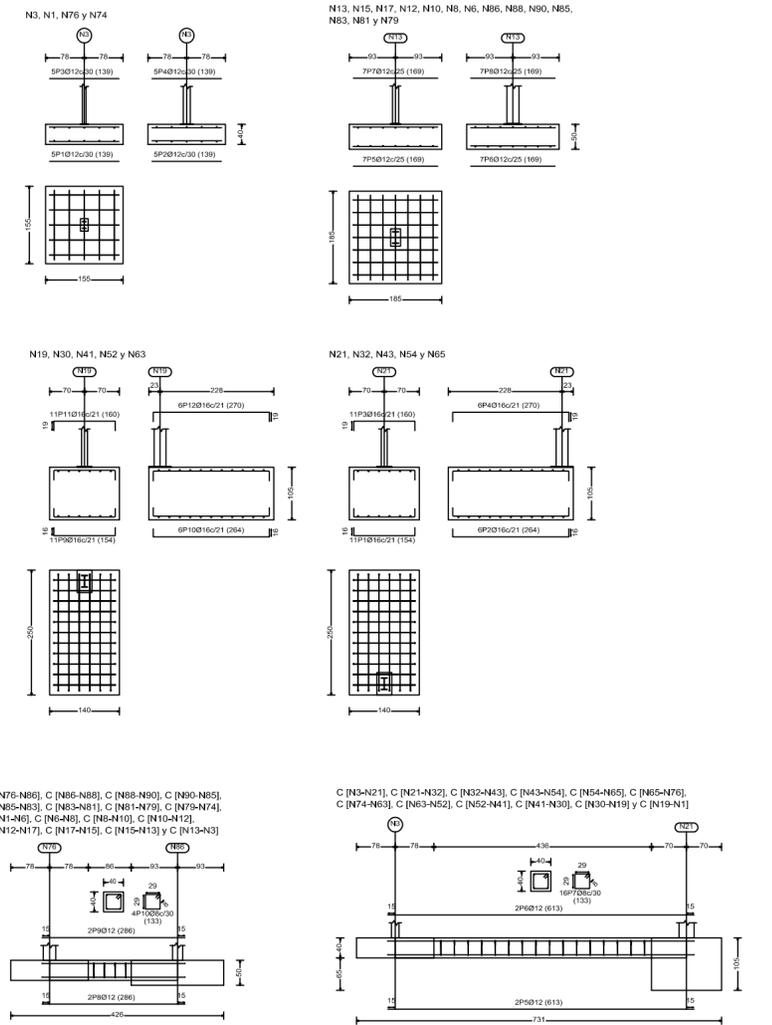
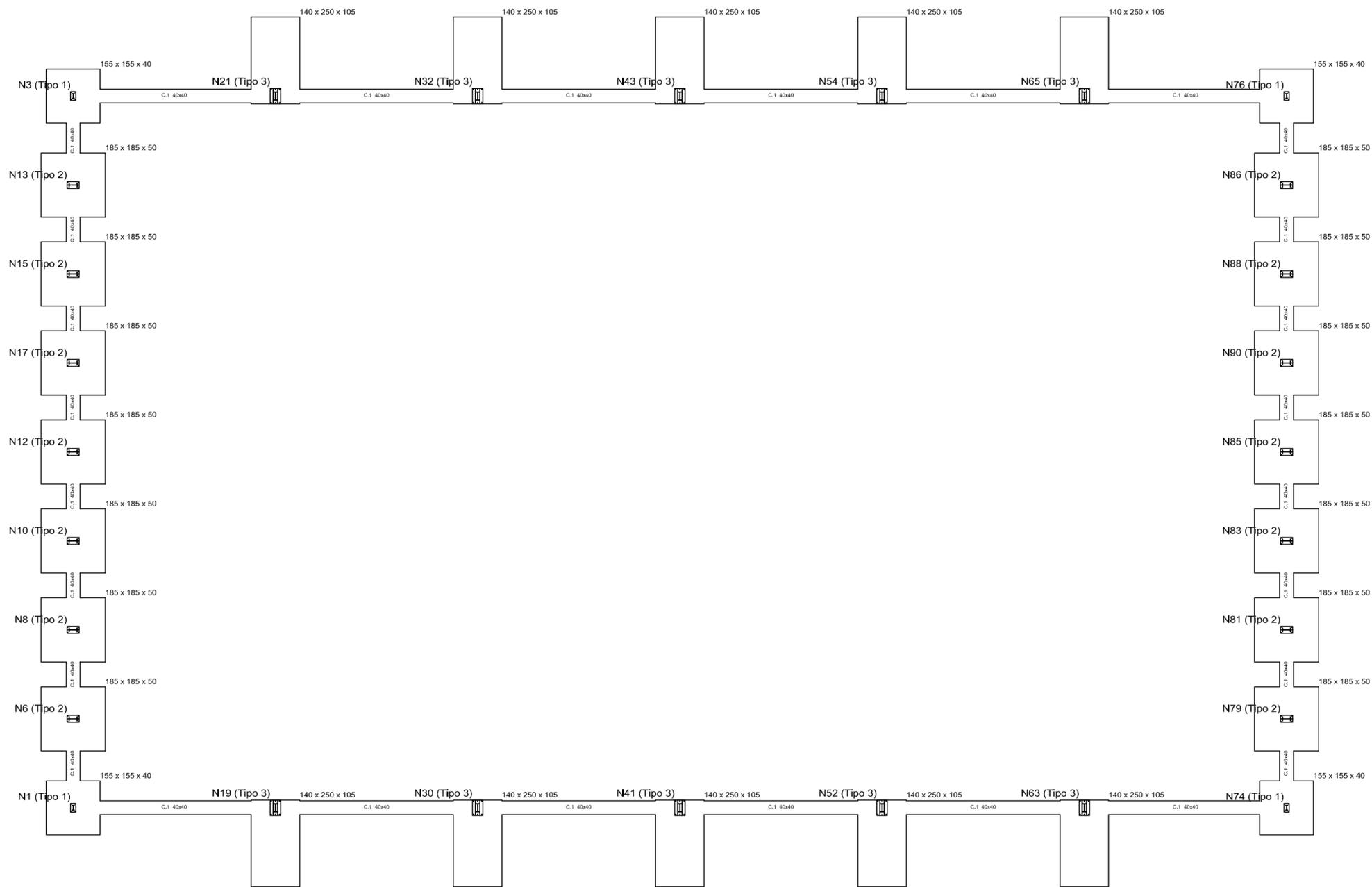


TÍTULO DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA CON CUBIERTA SINGULAR PARA UNA PISCINA MUNICIPAL CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		PLANO Nº
AUTOR MARC BORT BELLÉS		01
ESCALA 1:200	PLANO PARCELA	UNIVERSITAT JAUME I
FECHA JUNIO 2019		UNIDADES m



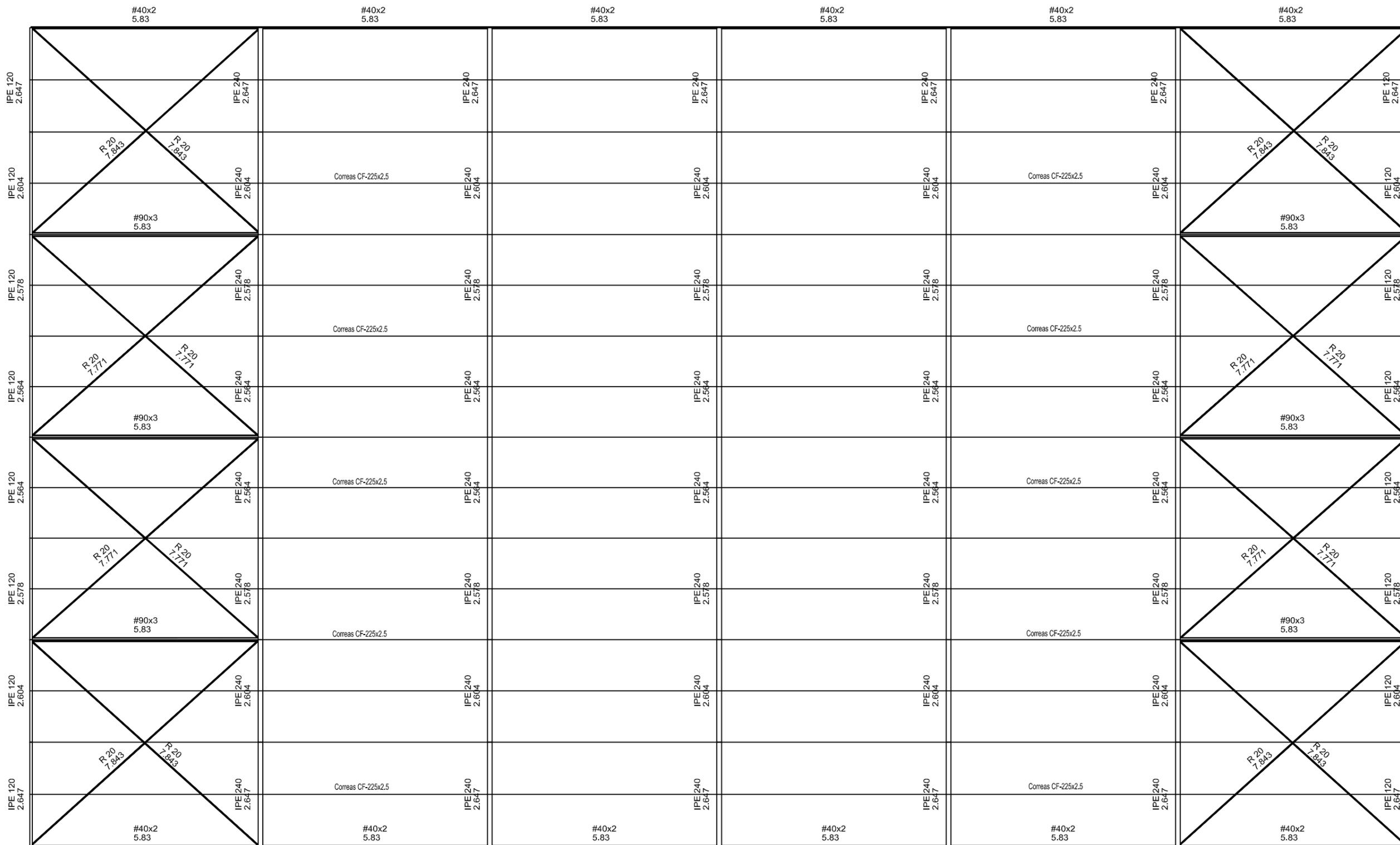
TÍTULO		DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA CON CUBIERTA SINGULAR PARA UNA PISCINA MUNICIPAL CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
AUTOR		MARC BORT BELLÉS	
ESCALA	PLANO		
FECHA	ESTRUCTURA		
JUNIO 2019			

PLANO Nº	02
 UNIVERSITAT JAUME I	
UNIDADES	m



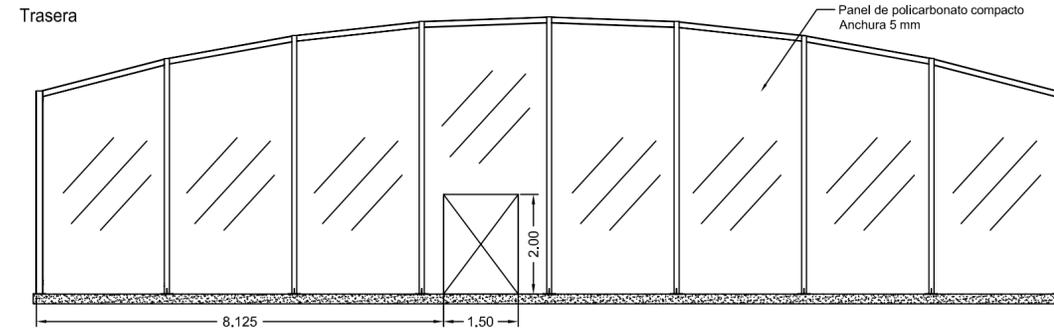
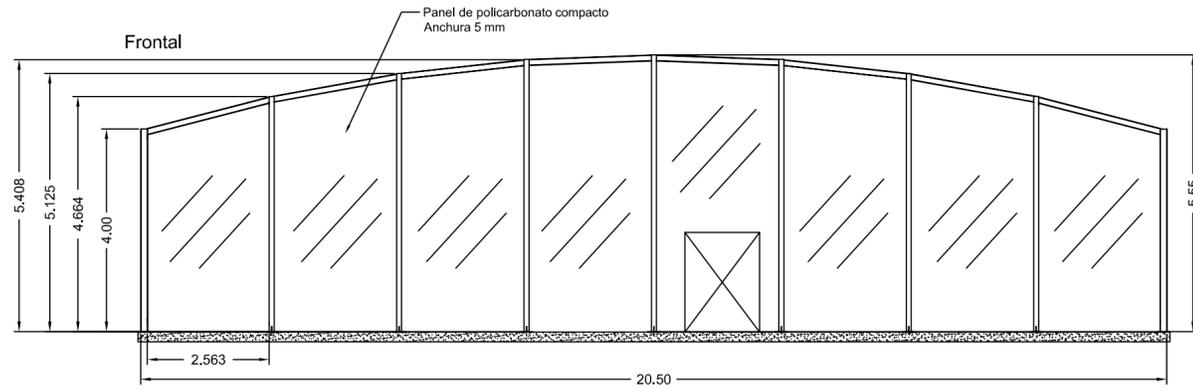
CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN							
Tipo	Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X	Armado sup. Y
1	N1, N3, N74 y N76	155x155	40	5Ø12c/30	5Ø12c/30	5Ø12c/30	5Ø12c/30
2	N6, N8, N10, N12, N13, N15, N17, N79, N81, N83, N85, N86, N88 y N90	185x185	50	7Ø12c/25	7Ø12c/25	7Ø12c/25	7Ø12c/25
3	N19, N30, N41, N52, N63, N21, N32, N43, N54 y N65	140x250	105	11Ø16c/21	6Ø16c/21	11Ø16c/21	6Ø16c/21

TÍTULO	DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA CON CUBIERTA SINGULAR PARA UNA PISCINA MUNICIPAL CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	PLANO Nº	03
AUTOR	MARC BORT BELLÉS	UNIVERSITAT JAUME I	
ESCALA	1:100	PLANO	CIMENTACIONES
FECHA	JUNIO 2019	UNIDADES	m

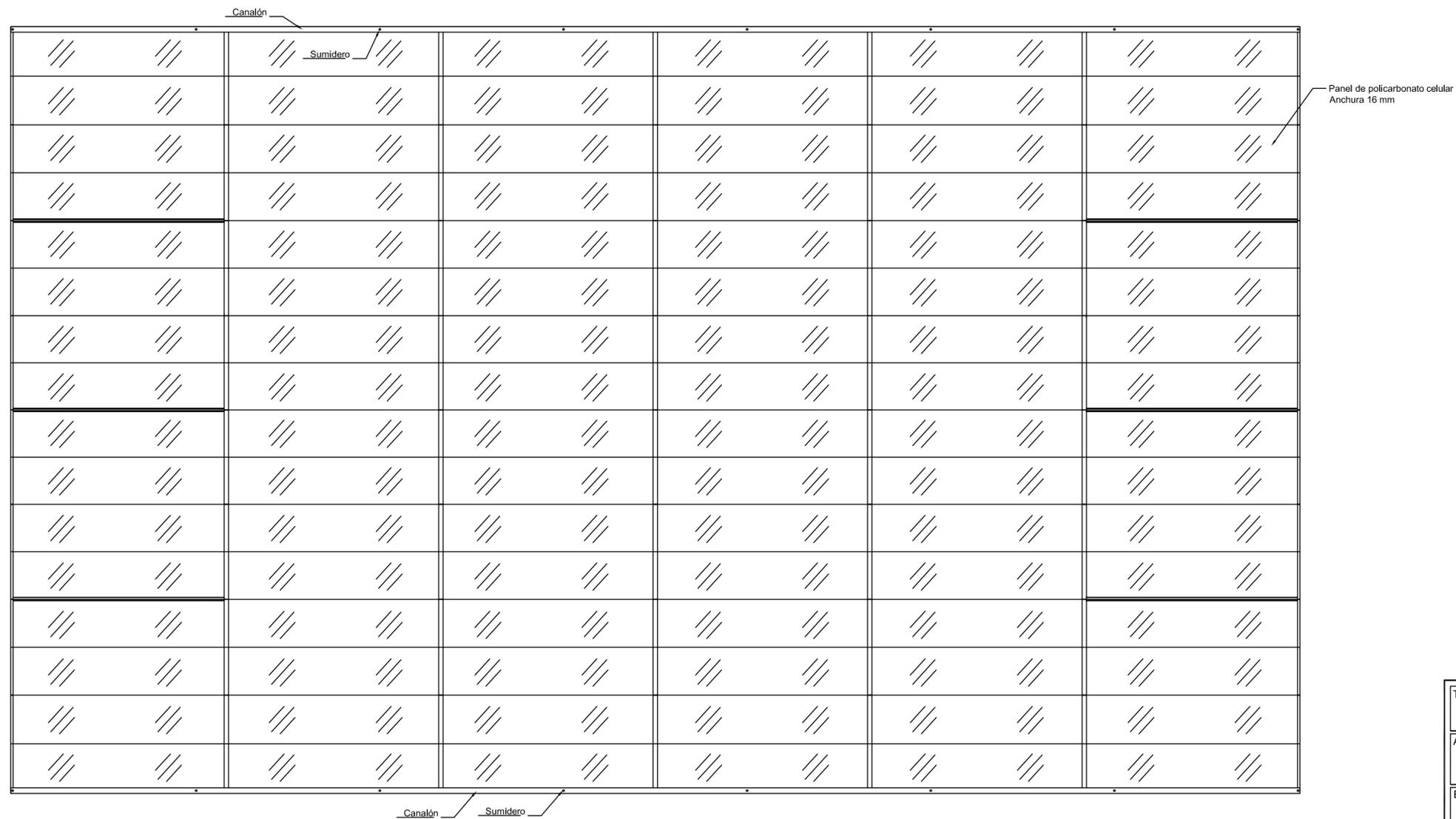
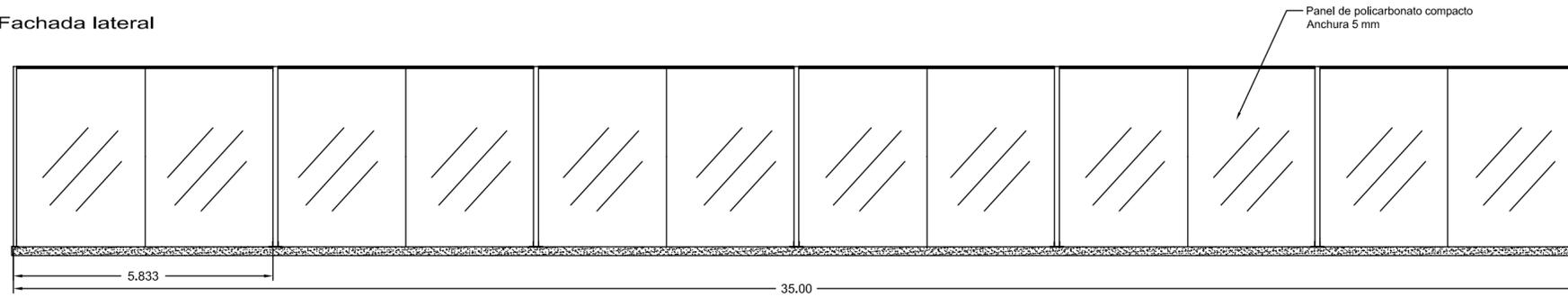


TÍTULO		DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA CON CUBIERTA SINGULAR PARA UNA PISCINA MUNICIPAL CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
AUTOR		MARC BORT BELLÉS	
ESCALA	1:100	PLANO	ENTRAMADO DE CUBIERTA
FECHA	JUNIO 2019		

PLANO Nº	05
 UNIVERSITAT JAUME I	
UNIDADES	m



Fachada lateral



TÍTULO		DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA CON CUBIERTA SINGULAR PARA UNA PISCINA MUNICIPAL CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		PLANO N°	06
AUTOR		MARC BORT BELLÉS		UNIVERSITAT JAUME I	
ESCALA	1:100	PLANO	FACHADAS Y PLANTA DE CUBIERTA		
FECHA	JUNIO 2019			UNIDADES	m

