

**UNIVERSITAT  
JAUME·I**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS  
MÀSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y CÁLCULO  
DE LA ESTRUCTURA DE MADERA DE UNA  
CUBIERTA CURVA PARA UNA PISCINA Y  
COMPARATIVA ECONÓMICA CON LA  
SOLUCIÓN REALIZADA EN ACERO  
LAMINADO**

*AUTOR: JAVIER PÉREZ MENGUAL*

*TUTORES: CARMEN IBAÑEZ USACH*

*DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO*

*Castellón, septiembre de 2017*

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo la realización de este proyecto a mis tutores, Carmen Ibáñez Usach y David Hernández Figueirido, quienes me dieron la oportunidad de realizar este Trabajo final de master. Por su apoyo, consejos y paciencia demostrada a lo largo de mis visitas, dándome la esperanza para seguir aprendiendo en un campo, al principio, algo desconocido para mí.

También quiero agradecer el apoyo que he recibido por parte de los profesores y compañeros a lo largo de este periodo de mi vida porque siempre han estado ahí para escucharme y ayudarme en lo que pudieran.

Por último y no menos importante, me gustaría agradecer el apoyo recibido por parte de mi familia y mis seres queridos, en especial a mis padres por darme la oportunidad de poder estudiar aquello que realmente quería, además de la ayuda y sacrificio mostrados en el día a día. Dándome la fuerza para superar momentos difíciles, desafíos y retos encontrados en este camino.

Gracias.

# ÍNDICE

---

<b>1. MEMORIA .....</b>	<b>6</b>
1.1. Objeto del proyecto .....	7
1.2. Alcance .....	7
1.3. Antecedentes .....	7
1.4. Normas y referencias.....	8
1.4.1. Disposiciones y normas aplicadas.....	8
1.4.2. Programas de cálculo.....	10
1.4.3. Bibliografía .....	10
1.4.4. Otras referencias.....	10
1.5. Requisitos de diseño .....	11
1.6. Análisis de soluciones.....	11
1.6.1. Casos de estudio.....	12
1.6.1.1. Pórtico interior central .....	12
1.6.1.2. Pórtico de fachada .....	15
1.6.1.3. Cubierta completa.....	19
1.6.2. Solución adoptada.....	21
1.7. Dimensionado de la solución adoptada .....	23
1.7.1. Descripción de la cubierta .....	23
1.7.2. Actuaciones previas .....	23
1.7.3. Cerramientos.....	24
1.7.4. Correas .....	25
1.7.5. Estructura de madera.....	26
1.7.5.1. Pórtico de fachada .....	27
1.7.5.2. Pórtico interior .....	28
1.7.5.3. Sistema Contraviento.....	29
1.7.5.4. Placas de anclaje .....	31
1.7.6. Cimentación .....	35
1.7.6.1. Zapata tipo 1 .....	36
1.7.6.2. Zapata tipo 2 .....	37
1.8.6.3. Viga de atado tipo 1 .....	38
1.8.6.4. Viga de atado tipo 2 .....	39
1.8. Materiales .....	40
1.9. Resultado final .....	45
<b>2. ANEXO DE CÁLCULOS .....</b>	<b>49</b>
2.1. Anexo de cálculos del estudio paramétrico.....	50
2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de los pórticos.....	50
2.1.2. Normas consideradas .....	50
2.1.3. Comprobaciones .....	51
2.1.3.1. Pórtico interior central .....	51
2.1.3.2. Pórtico de fachada .....	57
2.1.3.3. Cubierta completa .....	67
2.1.4. Mediciones .....	93
2.1.4.1. Pórtico interior central .....	93
2.1.4.2. Pórtico de fachada .....	95
2.2. Anexo de cálculos de la cubierta.....	98
2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de la cubierta .....	98
2.2.2. Normas consideradas .....	98
2.2.3. Estados límite.....	98
2.2.4. Acciones consideradas y situaciones de proyecto.....	99
2.2.5. Comprobaciones .....	103
2.2.5.1. Pórticos de fachada.....	103
2.2.5.2. Pórticos interiores.....	139
2.2.5.3. Cruces de San Andrés .....	163

---

2.2.5.4. Vigas contraviento.....	175
2.2.5.5. Vigas perimetrales.....	190
2.2.5.6. Correas.....	198
2.2.5.7. Placas de anclaje.....	203
2.2.5.8. Cimentación.....	207
<b>3. PLANOS .....</b>	<b>213</b>
<b>Plano 1: Cubierta 3D.....</b>	<b>214</b>
<b>Plano 2: Pórtico interior .....</b>	<b>215</b>
<b>Plano 3: Pórtico de fachada .....</b>	<b>216</b>
<b>Plano 4: Pórtico lateral .....</b>	<b>217</b>
<b>Plano 5: Plano de cubierta .....</b>	<b>218</b>
<b>Plano 6: Plano placas de anclaje .....</b>	<b>219</b>
<b>Plano 7: Plano Cimentación .....</b>	<b>220</b>
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>221</b>
<b>4.1. Disposiciones generales .....</b>	<b>222</b>
4.1.1 Disposiciones de carácter general.....	222
4.1.2. Disposiciones relativas a los materiales y trabajos realizados.....	224
<b>4.2. Disposiciones facultativas .....</b>	<b>235</b>
4.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación..	235
<b>4.3. Disposiciones económicas .....</b>	<b>242</b>
<b>5.PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>249</b>
<b>5.1. Presupuesto .....</b>	<b>250</b>
5.1.1. Demoliciones y movimientos de tierras .....	250
5.1.2. Cimentación superficial .....	252
5.1.3. Estructura.....	253
5.1.4. Cubierta .....	257
5.1.5. Proyecto y permisos.....	259
5.1.6. Presupuesto Total .....	259
<b>5.2. Estudio económico .....</b>	<b>260</b>
5.2.1. Balance Ingresos-Gastos .....	260
5.2.2. Estudio de rentabilidad del proyecto.....	262
5.2.3. Estudio comparativo de la rentabilidad del proyecto realizado en madera y en acero.....	264

# 1. MEMORIA

## 1.1. Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto es diseñar y calcular de forma óptima la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina deportiva al aire libre, de acuerdo con el Código técnico de la edificación y la ayuda del software comercial de cálculo de estructuras CYPE Ingenieros S.L.

Tomando como punto de partida el diseño de una tipología de pórtico tipo y realizando un estudio paramétrico con el fin de determinar la inclinación óptima de la cubierta desde el punto de vista de mínimo uso de material y por tanto desde el punto de vista económico, tal y como se ha realizado en un trabajo previo con acero laminado.

## 1.2. Alcance

El proyecto abarca el diseño y cálculo óptimo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina al aire libre, los cerramientos y la cimentación. La construcción queda destinada a albergar una piscina en su interior, permitiendo el uso de la misma durante todo el año.

En primer lugar, se van a establecer las dimensiones y el emplazamiento concreto de la construcción.

En segundo lugar, se va a realizar el diseño de la tipología del pórtico tipo y el estudio paramétrico para determinar la inclinación óptima de la cubierta con el fin de obtener la solución más económica.

En tercer lugar, se va a llevar a cabo el dimensionado y cálculo de la estructura de madera de la cubierta a partir de la solución óptima obtenida.

Y por último, se va a hacer un estudio económico de la estructura diseñada y calculada y una comparativa económica con la solución realizada en acero laminado.

## 1.3. Antecedentes

El trabajo realizado parte de la idea de ser un proyecto académico y que no se va a desarrollar en la realidad. A partir de ello, la cubierta de madera calculada se ubicará en el polideportivo municipal de Beniopa de la ciudad de Gandía (Valencia), con acceso principal en la calle Vicent Marí s/n.

---



Figura 1: Vista aérea de la situación de la piscina. Fuente: Google Maps

El espacio a albergar por la construcción, es una piscina al aire libre y de uso actual en temporada estival. Se quiere dar uso de la misma para el resto del año, permitiendo así la práctica de deportes acuáticos a los ciudadanos de la barriada, así como del resto de habitantes de la ciudad y comarca, convirtiéndose ésta, en la cuarta piscina municipal de uso no temporal.

## 1.4. Normas y referencias

Para la elaboración formal de los documentos constituyentes del proyecto técnico se ha considerado la Norma Española, UNE 157001:2014, donde se dan a conocer los requisitos y criterios generales para la elaboración de un proyecto de índole técnica, así como la estructura documental del mismo.

### 1.4.1. Disposiciones y normas aplicadas

Para la consecución del proyecto se han cumplido y considerado las siguientes normas que afectan a este tipo de construcción para su diseño y cálculo:

- Código técnico de la edificación (CTE): marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). El cual se compone de un conjunto de documentos básicos, siendo de aplicación para este proyecto los siguientes:

- Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE), el cual tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural.
- Documento Básico Madera (DB-SE-M): El campo de aplicación de este DB es el de la verificación de la seguridad de los elementos estructurales de madera en edificación. La satisfacción de otros requisitos (aislamiento térmico, acústico, o resistencia al fuego,) quedan fuera del alcance de este DB. Los aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento se tratan en la medida necesaria para indicar las exigencias que se deben cumplir en concordancia con las bases de cálculo
- Documento Básico Acciones en la edificación (DB-SE-AE), el cual establece las formas en que deben combinarse las diferentes acciones que actúan sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.
- Documento Básico Acero (DB-SE-A): el cual está destinado a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. Sin contemplar aspectos propios de otros campos de la construcción, ni aspectos relativos a elementos que, por su carácter específico, requieren consideraciones especiales.
- Documento Básico Cimientos (DB-SE-C), el cual tiene como ámbito de aplicación la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE.
- Documento Básico Seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA), el cual tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad.
- Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08), siendo el marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos que permiten demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.
- Ley 14/2010. Espectáculos Públicos, Actividades Recreativas y Establecimientos Públicos, en el Artículo 188. Supuestos específicos y en el Artículo 258. Características constructivas.

### 1.4.2. Programas de cálculo

Para la realización de este proyecto se han utilizado los siguientes software comerciales:

- CYPE Ingenieros 2016, para la definición de las dimensiones de los pórticos y el dimensionado y cálculo de la construcción.

Empleando el módulo “Generador de Pórticos, que permite crear de forma rápida y sencilla la geometría y las cargas de un pórtico y el dimensionamiento de correas de cubierta y laterales de fachadas, de acuerdo con la norma elegida para el cálculo y el módulo “Cype 3D”, que permite efectuar el cálculo de estructuras en tres dimensiones de barras de hormigón, acero, mixtas, aluminio, madera, o cualquier material, así como el dimensionamiento de uniones y de la cimentación.

- AutoCAD 2016, para la extracción de planos de detalle de los elementos de la construcción.
- SAP2000, para el cálculo de los esfuerzos de la viga contraviento.
- Paquete Microsoft Office: Word y Excel

### 1.4.3. Bibliografía

- Código técnico de la edificación (CTE) .
- Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08).
- Temario de la asignatura: EM1027 – Estructuras y Construcciones Industriales.
- Temario de la asignatura: EM1041 – Advanced structural analysis.
- Proyecto estructural de una cubierta de madera.
- Ley 14/2010. Espectáculos Públicos, Actividades Recreativas y Establecimientos Públicos.

### 1.4.4. Otras referencias

- *Enciclopedia Libre*  
<https://www.wikipedia.org/>
  - *Constructalia. El portal del acero para la construcción*  
<http://www.constructalia.com/>
  - *LERMONT PLASTICS, empresa de comercialización y distribución de materiales plásticos semielaborados.*  
<http://www.lermontplastics.es/productosPolicarbonatoCelular.php>
  - StrukMad  
<http://www.construccionesenmadera.es/ingenieria/construccion-madera-laminada.html>
  - Maderas Hermanos Guillén  
<http://www.hguillen.com/2014/01/vigas-laminadas-estructurales-de-abeto-gl24h/>
-

## 1.5. Requisitos de diseño

Dado que la actividad desarrollada en la piscina municipal de Beniopa es la práctica de deportes acuáticos durante el periodo estival, se opta por la construcción de una cubierta curva de madera partiendo de un trabajo anterior realizado en acero laminado. Con ello se pretende hacer uso anual de la instalación, tomando como referencias otras instalaciones de la ciudad destinadas a la práctica de deportes de la misma índole.

Así, tomando las dimensiones del vaso de la piscina (25m x 12,5m) y atendiendo a la normativa vigente aplicable a este tipo de instalaciones, se fijan las dimensiones de la cubierta, siendo la luz de 22,8m y la longitud total de 33m, quedando esta totalmente centrada sobre la piscina, tal y como se detalla en la figura 2.

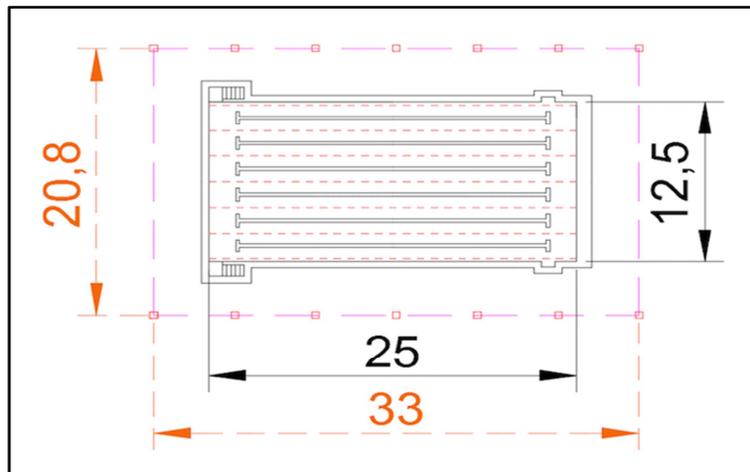


Figura 2: Detalles de las dimensiones de la construcción. Fuente: Elaboración propia con AutoCAD. Unidades en metros (m).

Determinadas las dimensiones de la cubierta y sabiendo que la construcción queda formada por 7 pórticos rígidos separados a 5,5m y con pilares de 6m de altura, se procede a la optimización de la cubierta a partir del grado de inclinación de la misma.

## 1.6. Análisis de soluciones

El diseño y cálculo de dicha cubierta, parte de las dimensiones citadas en el apartado anterior, quedando por estudiar la altura de la misma.

Para ello, se realiza un estudio paramétrico, con el fin obtener la inclinación óptima de la cubierta desde el punto de menor uso de material y por tanto de menor coste.

## 1.6.1. Casos de estudio

El desarrollo de este estudio paramétrico se basa en cinco configuraciones diferentes de la cubierta variando la inclinación de la misma, siendo éstas las mostradas en la tabla 1.

Tabla 1: Configuraciones de cubierta

Configuración	Altura de la cumbrera (m)	Grado de inclinación (°)
1	7	5,42
2	7,5	8,21
3	8	10,89
4	8,5	13,52
5	9	16,09

Para las distintas configuraciones se ha estudiado el pórtico interior central y el pórtico de fachada con las cruces de San Andrés de éste.

### 1.6.1.1. Pórtico interior central

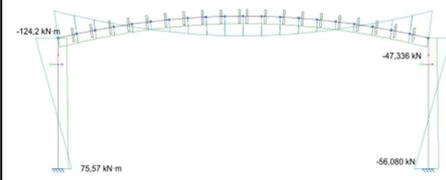
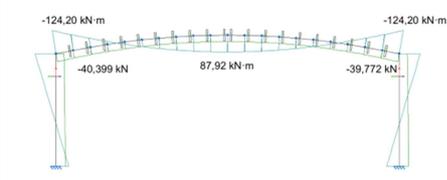
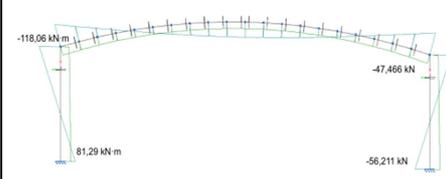
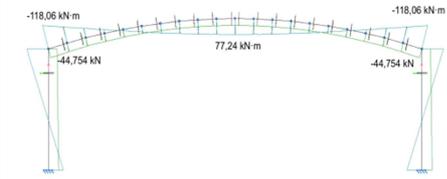
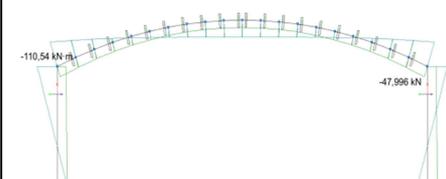
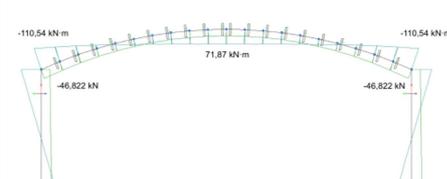
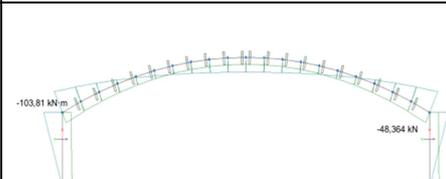
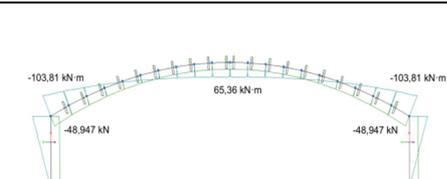
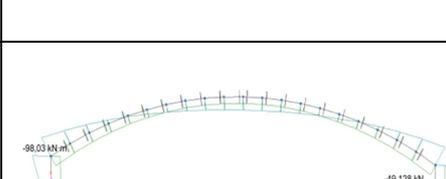
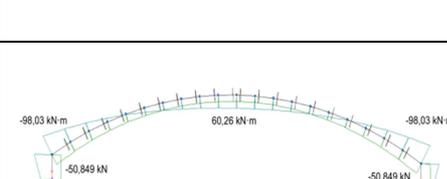
El elemento a estudiar es el pórtico central interior, el cual se ha calculado bajo las combinaciones de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento para cada una de las configuraciones, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Madera utilizada para el pórtico interior central.

MADERA	Pórtico interior central				
Altura de cumbrera (m)	7	7,5	8	8,5	9
Barras: Perfiles (kg)	1692,56	1665,84	1634,88	1610,96	1627,34
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>1692,56</b>	<b>1665,84</b>	<b>1634,88</b>	<b>1610,96</b>	<b>1627,34</b>

Siendo para todas las configuraciones, la comprobación más desfavorable la de resistencia a flexión y axil combinados. Para los pilares bajo la combinación de hipótesis  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot Q$  y para la jácena bajo la hipótesis  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot Q$ , con los diagramas de esfuerzo axil y momento flector mostrados en la tabla 3 y pudiendo verse detalladas todas las comprobaciones en el anexo de cálculos del estudio paramétrico.

Tabla 3: Axil y momento flector de las peores combinaciones de hipótesis para el pórtico interior central

Altura cumbre (m)	Axil y momento flector Pilares (1,35·PP+1,5·Q)	Axil y momento flector jácena (1,35·PP+1,5·Q)
7		
7,5		
8		
8,5		
9		

Por tanto, si se toma como única solución del estudio paramétrico el pórtico interior central, se obtiene que la configuración más óptima para la cubierta es la 4, como se muestra en los datos de la tabla 2 y queda representado en la figura 3.

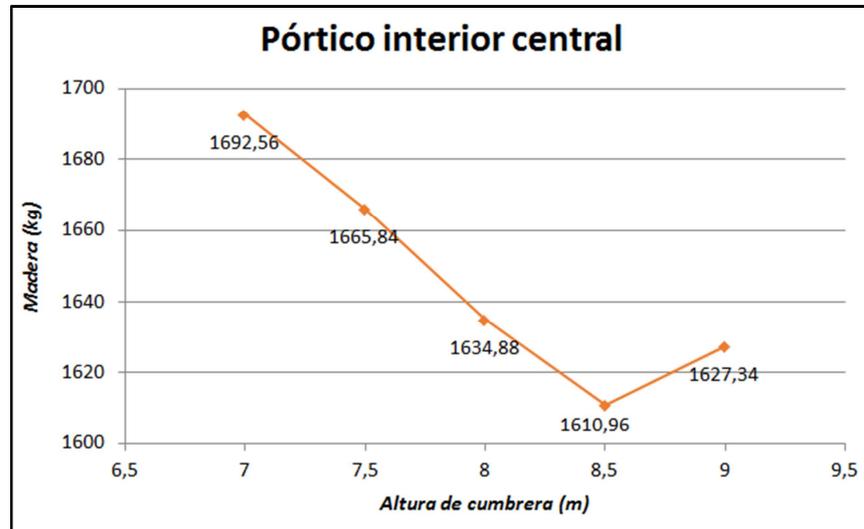


Figura 3: Madera empleada para cada configuración del pórtico interior central.

### 1.6.1.2. Pórtico de fachada

El elemento a estudiar es el pórtico de fachada, el cual se ha calculado bajo las combinaciones de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento para cada una de las configuraciones, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Madera utilizado para el pórtico de fachada.

MATERIAL	Pórtico de fachada				
Altura de cumbrera (m)	7	7,5	8	8,5	9
Barras: Perfiles (kg)	957,79	994,62	1052,173	1089,81	1183,35
Cruces San Andrés Fachada	186,11	189,6	218,31	222,22	226,54
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>1143,9</b>	<b>1184,22</b>	<b>1270,483</b>	<b>1312,03</b>	<b>1409,89</b>

Siendo para todas las configuraciones, la comprobación más desfavorable la de resistencia a flexión y axil combinados. Para los pilares exteriores bajo la combinación de hipótesis  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(0)H4$ , para los pilares centrales bajo la combinación  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(0)H4 + 0,75 \cdot N(R)2$  y para la jácena bajo la combinación  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(0)H4 + 0,75 \cdot N(EI)$ , con los diagramas de esfuerzo axil y momento flector mostrados en la tabla 5 y la tabla 6 y pudiendo verse detalladas todas las comprobaciones en el anexo de cálculos del estudio paramétrico.

Tabla 5: Axil y momento flector para los pilares de las peores combinaciones de hipótesis para el pórtico de fachada.

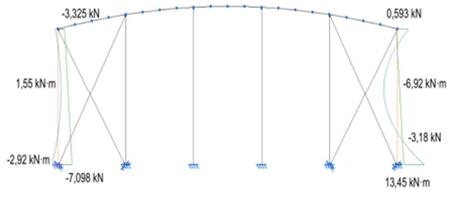
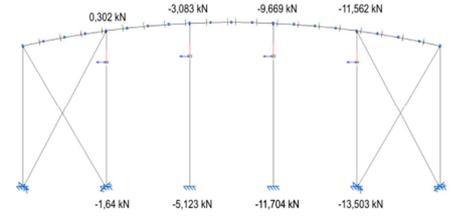
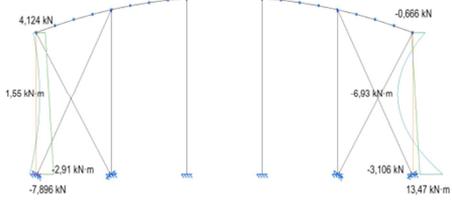
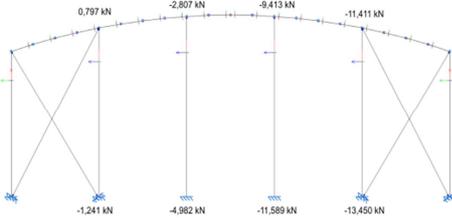
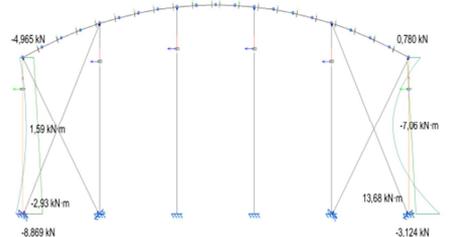
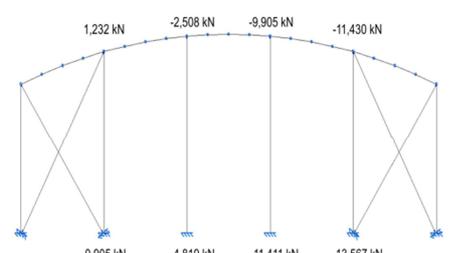
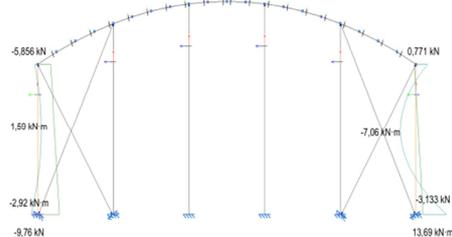
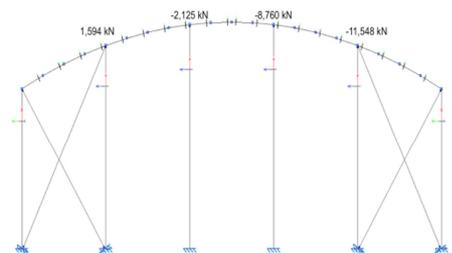
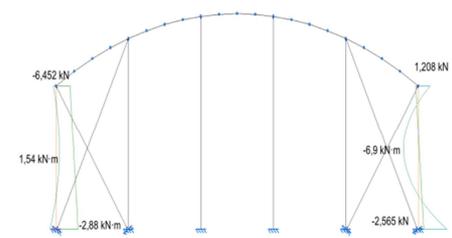
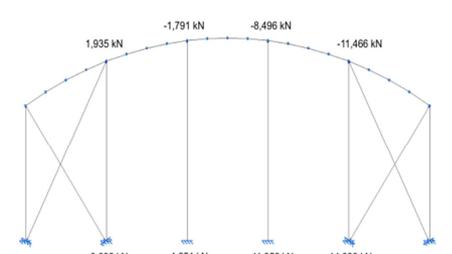
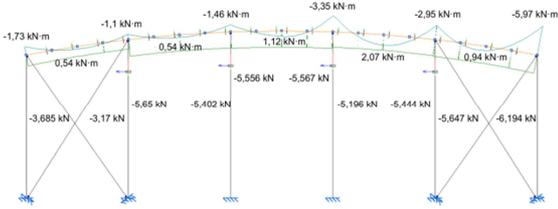
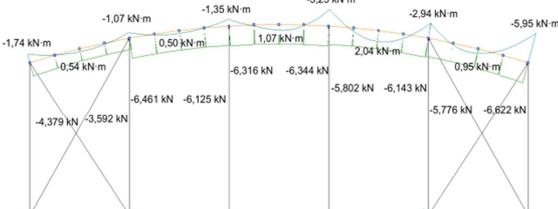
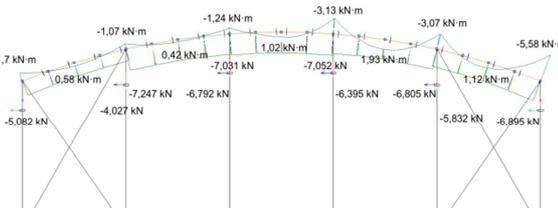
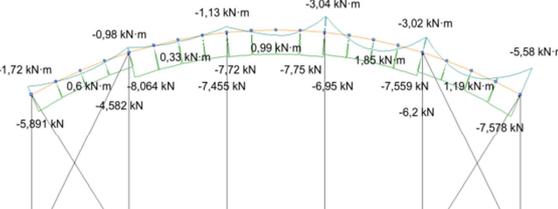
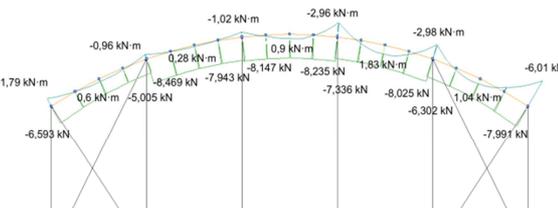
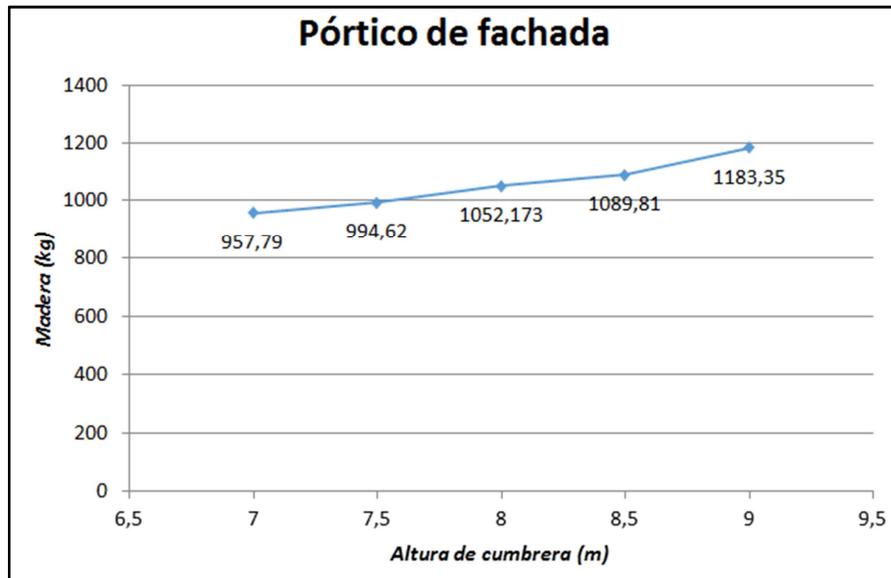
Altura de cumbrera (m)	Axil y momento flector Pilares exteriores (1,35·PP+1,5·V(0)H4)	Axil Pilares interiores (1,35·PP+1,5·V(0)H4+0,75·N(R)2)
7		
7,5		
8		
8,5		
9		

Tabla 6: Axil y momento flector para la viga de las peores combinaciones de hipótesis para el pórtico de fachada.

Altura de cumbrera (m)	Axil y momento flector Jácena ( $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(0)H4 + 0,75 \cdot N(EI)$ )
7	
7,5	
8	
8,5	
9	

Por tanto, si se toma como única solución del estudio paramétrico el pórtico de fachada, se obtiene que la configuración más óptima para la cubierta es la 1, como se muestra en los datos de la tabla 5 y 6 y queda representado en la figura 4.



*Figura 4: Madera empleada para cada configuración del pórtico de fachada.*

### 1.6.1.3. Cubierta completa.

En este caso se estudia la cubierta completa, la cual queda compuesta por 2 pórticos de fachada, 5 pórticos interiores y el sistema contraviento, realizando así un estudio más realista.

Todo ello calculado bajo las combinaciones de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento para cada una de las configuraciones, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Material utilizado para la cubierta.

MADERA	Cubierta				
Altura de cumbrera (m)	7	7,5	8	8,5	9
Pórtico interior (kg)	1692,56	1665,84	1634,88	1610,96	1627,34
Nº Pórticos interiores	5	5	5	5	5
<b>Total Pórticos interiores (kg)</b>	<b>8462,8</b>	<b>8329,2</b>	<b>8174,4</b>	<b>8054,8</b>	<b>8136,7</b>
Pórtico de fachada (kg)	957,79	994,62	1052,173	1089,81	1183,35
Nº Pórticos de fachada	2	2	2	2	2
<b>Total Pórticos de fachada (kg)</b>	<b>1915,58</b>	<b>1989,24</b>	<b>2104,346</b>	<b>2179,62</b>	<b>2166,7</b>
Montantes VCV madera	573,5	573,5	573,5	573,5	573,5
Vigas perimetrales madera	81,93	81,93	81,93	81,93	81,93
Cruces fachada acero	372,22	379,2	436,62	444,44	453,08
Cruces lateral acero	401,79	401,79	401,79	401,79	401,79
Diagonales VCV acero	1080	1082,7	1086,7	1091,1	1096,55
<b>Sistema contraviento (kg)</b>	<b>2509,44</b>	<b>2519,12</b>	<b>2580,54</b>	<b>2592,76</b>	<b>2606,85</b>
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>12887,82</b>	<b>12837,56</b>	<b>12859,286</b>	<b>12827,18</b>	<b>13110,25</b>

Por tanto, si se toma para solución del estudio paramétrico todos los elementos que forman la cubierta (2 pórticos de fachada, 5 pórticos interiores y el sistema contraviento) se obtiene que la configuración más óptima para la cubierta es la 4, como se muestra en los datos de la tabla 7 y queda representado en la figura 5.

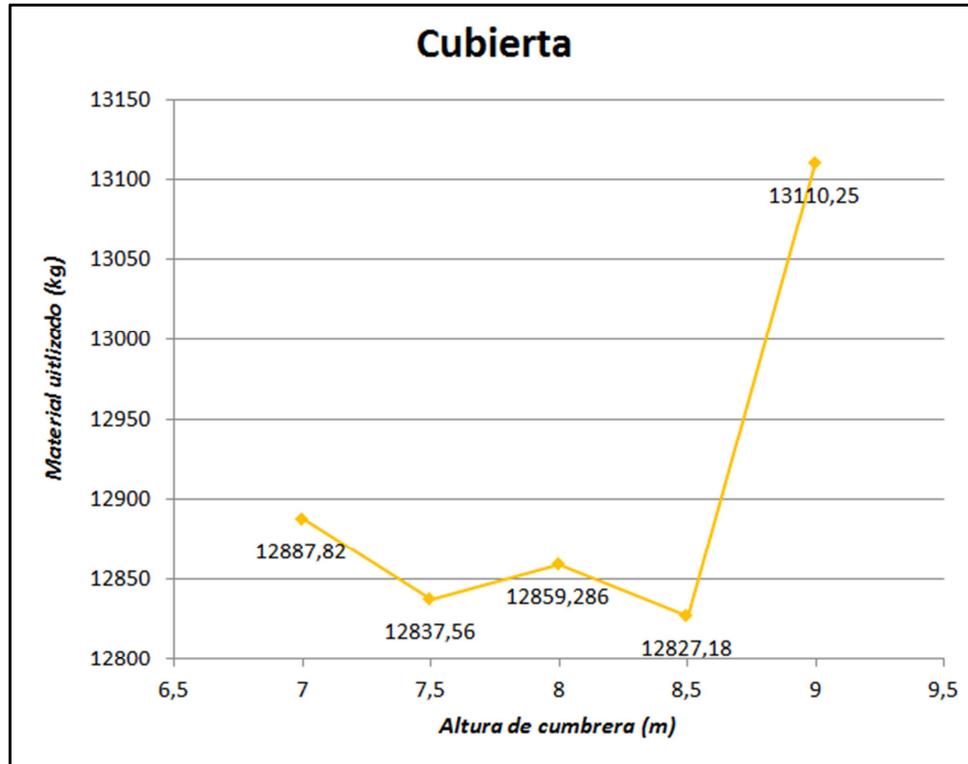


Figura 5: Material empleado para cada configuración de la cubierta.

## 1.6.2. Solución adoptada

Para poder seleccionar la inclinación que optimiza la cubierta desde el punto de vista de mínimo uso de material y por tanto que sea la más económica, se realiza una comparativa de los tres casos de estudio planteados, como se muestra en la figura 6.

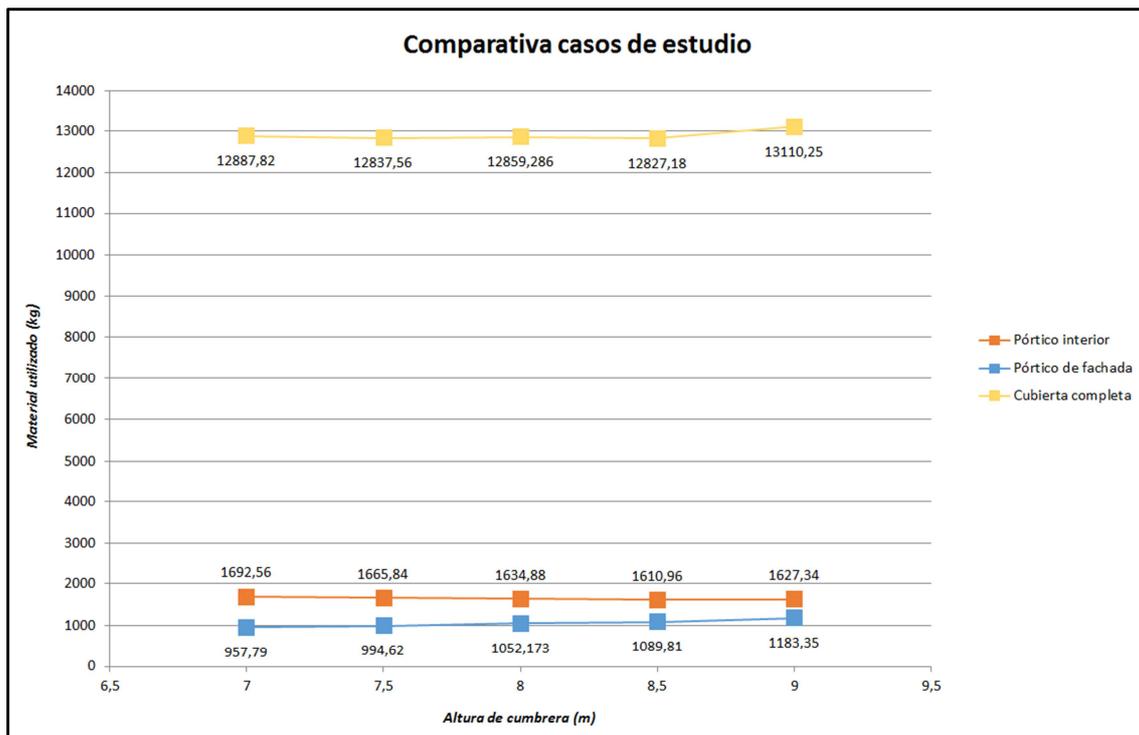


Figura 6: Material empleado para cada configuración de los casos de estudio.

Para el caso de estudio del pórtico interior central la configuración de cubierta más óptima es la que tiene una altura de cumbrera de 8,5 metros, con 1610,96 kg de madera para cada pórtico.

Para el caso de estudio del pórtico de fachada la configuración de cubierta más óptima es la que tiene una altura de cumbrera de 7 metros, con 957,79 kg de madera para cada pórtico.

Para el caso de estudio de cubierta completa, la configuración de cubierta más óptima es la que tiene una altura de cumbrera de 8,5 metros, con 12827,18 kg de material necesarios para toda la estructura.

---

Así, considerando que todos los pórticos de la cubierta no son iguales, ya que todos no reciben las mismas cargas, se toman los pórticos de fachada distintos a los interiores, siendo éste el caso de estudio más realista.

Por tanto, la configuración óptima para la cubierta es la del caso de estudio de cubierta completa con una altura de cumbrera de 8,5 metros, ya que en los otros casos estudiados, únicamente se analiza un pórtico interior o un pórtico de fachada, no pudiendo extrapolar los resultados obtenidos para obtener la madera y acero necesarios para constituir toda la cubierta al no cumplir con la configuración típica de este tipo de estructuras.

## 1.7. Dimensionado de la solución adoptada

### 1.7.1. Descripción de la cubierta

La cubierta diseñada y calculada es una cubierta ejecutada con madera laminada encolada GL-24h, con una luz de 20,8 m y una longitud de 33 m, como se muestra en la figura 7. Esta compuesta por 7 pórticos separados a 5,5 m, con una altura de pilar de 6 m y una altura de cumbrera de 8,5 m.

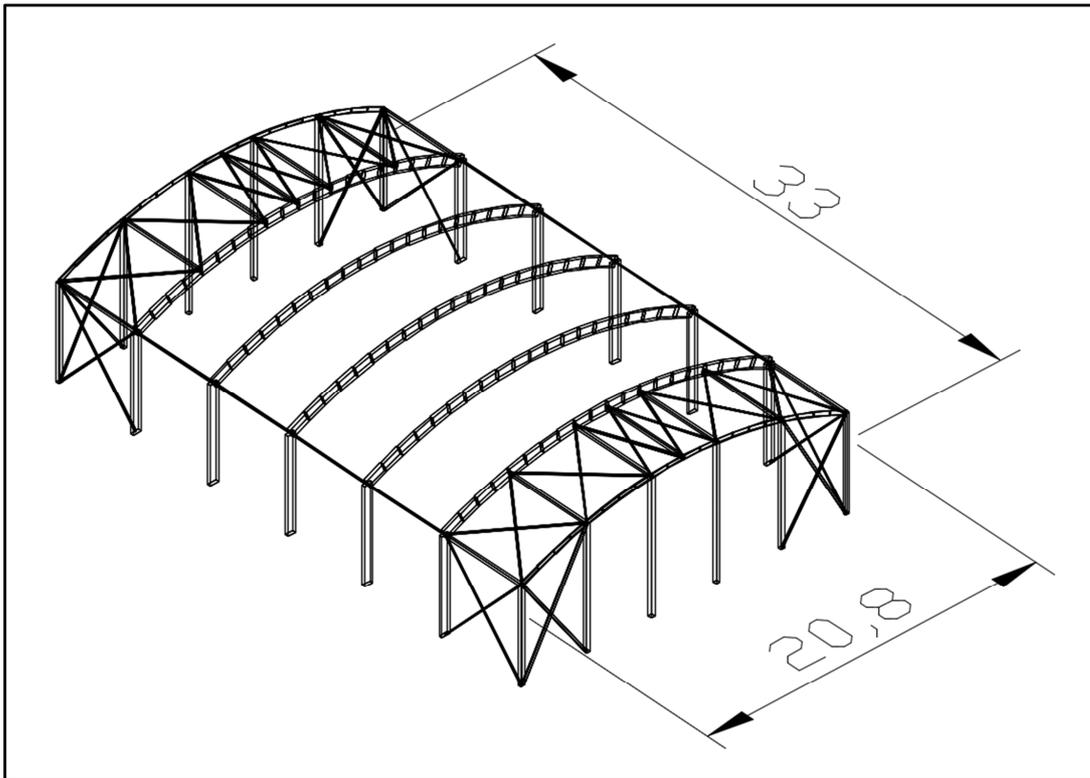


Figura 7: Vista 3D cubierta. Fuente: CYPE 3D. Unidades en metros (m)

En la estructura se distinguen dos tipos de pórticos, los 2 pórticos de fachada frontal formados por 6 pilares y una viga curva cada uno, y los 5 pórticos interiores, formados por dos pilares y una viga curva cada uno de ellos. Además del sistema de arriostramiento, donde se emplean cruces de San Andrés y vigas tipo Pratt.

### 1.7.2. Actuaciones previas

La parcela que alberga la piscina tiene una zona pavimentada alrededor de la misma, quedando delimitada dicha zona por la parte izquierda de la piscina por un pequeño murete con valla, por uno de los lados cortos por otro murete con valla donde además hay una pequeña estructura metálica para sombra y por el lado derecho por una zona ajardinada, tal y como se muestra en la figura 8.



*Figura 8: Vista de la piscina. Fuente: Elaboración propia.*

Dado que existen dos muros con valla y una pequeña estructura metálica, se procederá al derribo y retirada de estos elementos para la ejecución de la cubierta de madera, quedando delimitada la zona de baño por la propia cubierta.

Así, las actuaciones previas a realizar son:

1. Derribo de los muretes.
2. Demolición de la pequeña estructura metálica.
3. Retirada de pavimento.
4. Limpieza de los escombros y desbroce del terreno.
5. Preparación del terreno para la excavación de las cimentaciones.
6. Transporte de las tierras y escombros a las zonas habilitadas del municipio o vertederos autorizados.

Todas las actuaciones se consideran en el presupuesto.

### **1.7.3. Cerramientos**

Los cerramientos de la estructura son placas de policarbonato translúcido, permitiendo la entrada de luz natural y su aprovechamiento. Siendo las placas de los cerramientos de la cubierta de policarbonato celular de un espesor de 16mm y las de los laterales de policarbonato compacto de 5mm, como se observa en las figuras 9 y 10.

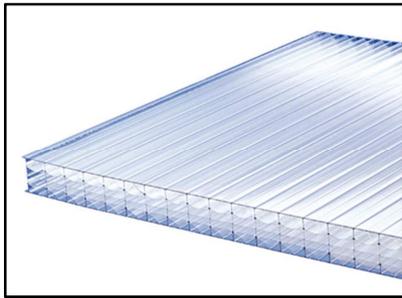


Figura 9: Placa policarbonato celular

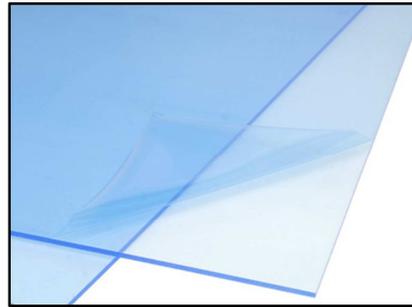


Figura 10: Placa policarbonato compacto

Las características principales de las placas de policarbonato utilizadas son las mostradas en la tabla 8.

Tabla 8: Características placas de policarbonato

Placas de policarbonato celular 16mm		Placas de policarbonato compacto 5mm	
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	2,4	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	6
T <sup>a</sup> de servicio máx. (°C)	+120	T <sup>a</sup> de servicio máx. (°C)	+120
Coef. Dilatación térmica lineal (mm/m.°C)	0,065	Coef. Dilatación térmica lineal (mm/m.°C)	0,065
Resistencia al impacto (Mpa)	> 60	Resistencia al impacto (Mpa)	> 60

La estanqueidad de la cubierta quedará asegurada con la instalación de juntas de neopreno en la uniones entre placas.

#### 1.7.4. Correas

Las correas son elementos que se encargan de transmitir las acciones permanentes y variables a los pórticos de la estructura, además de servir de sustento para los cerramientos.

Las correas empleadas tanto en la cubierta como en los laterales de la estructura son perfiles rectangulares de madera laminada encolada GL-24h. Para las correas de cubierta, se emplean 22 correas de perfil GL-24h 140x100 con una separación entre ellas de 1m, y para las correas laterales, se emplean 12 correas de perfil GL-24h 140x120 con una separación entre ellas de 1,2m, cumpliendo todas ellas con los criterios de seguridad.

### 1.7.5. Estructura de madera

La construcción realizada es una cubierta de estructura de madera, la cual queda compuesta por varios elementos que constituyen los pórticos y que trabajan conjuntamente soportando las acciones de viento, nieve, peso propio y sobrecarga de uso a las que se expone la estructura.

Todas las comprobaciones realizadas para cada uno de los elementos se encuentran en el anexo de cálculo de la cubierta.

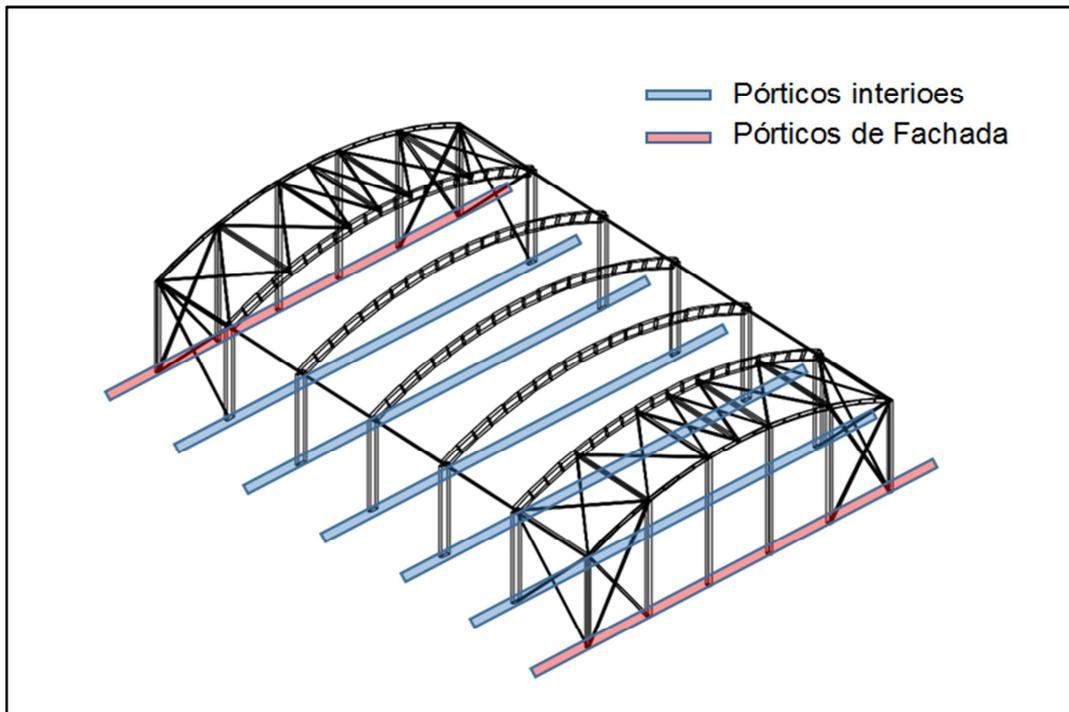


Figura 11: Pórticos de la cubierta.

### 1.7.5.1. Pórtico de fachada

La cubierta cuenta con dos pórticos de fachada, los cuales tienen una tipología diferente al resto de pórticos de la estructura ya que deben hacer frente a la acción del viento frontal.

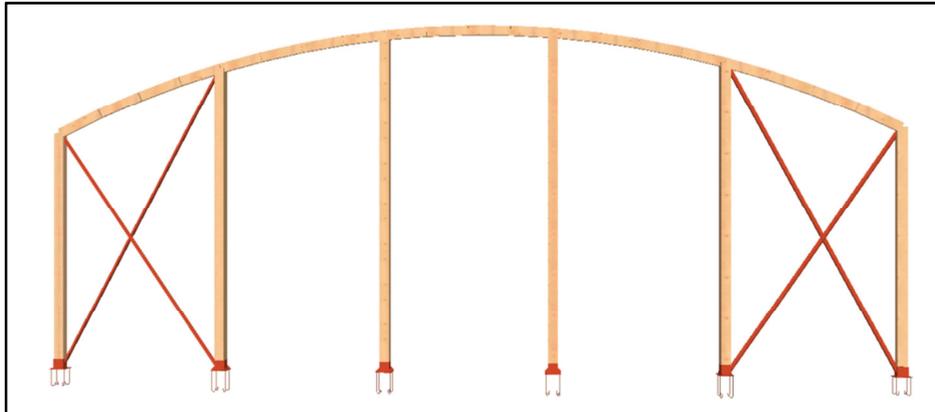


Figura 12: Vista frontal Pórtico de fachada. Fuente: CYPE 3D.

Cada uno de estos pórticos está compuesto por 6 pilares con perfiles de madera laminada encolada GL-24h. Dentro de estos pilares, encontramos los dos pilares de esquina tipo GL-240x180 con una altura de 6m que quedan embebidos en perfiles tubulares cuadrados de acero de 25 cm en su parte inferior y cuatro hastiales tipo GL-240x220, con dos de 6,64m y otros dos de 8,40m, que quedan embebidos en perfiles tubulares cuadrados de acero de 25 cm en su parte inferior. Estos pilares tienen una separación entre ellos de 4,16 m.

La flecha límite y los coeficientes de pandeo para estos pilares se definen en la tabla 9.

Tabla 9: Flecha límite y coeficientes de pandeo pilares pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pilares hastiales Port. Fachada	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/250$
Pilares de esquina Port. Fachada	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/250$

La jácena de los pórticos de fachada queda compuesta por una viga curva con un perfil de madera laminada encolada tipo GL-24h 240x60, cubriendo una luz de 20,8 m.

La flecha límite y la longitud de pandeo para la jácena se definen en la tabla 10.

Tabla 10: Flecha límite y longitudes o coeficientes de pandeo jácena pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Jácena	$L_{ky} = \text{separación entre pilares}$ (Luz/5)	$\beta = 0$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/300$

### 1.7.5.2. Pórtico interior

Los otros pórticos que forman la estructura son los 5 pórticos interiores, los cuales tienen la siguiente tipología.

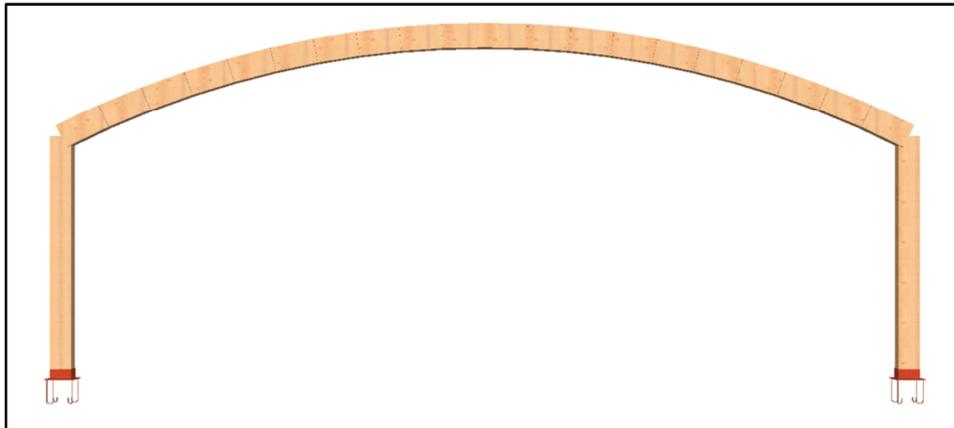


Figura 13: Vista frontal Pórtico interior. Fuente: CYPE 3D.

Cada uno de estos pórticos está compuesto por 2 pilares con perfiles de madera laminada encolada tipo GL-24h 520x200, con una altura de 6m, que quedan embebidos en perfiles tubulares cuadrados de acero de 25 cm en su parte inferior. La separación entre los pilares es de 20,8m y la separación entre pórticos o crujía de 5,5m.

La flecha límite y los coeficientes de pandeo para estos pilares se definen en la tabla 11.

Tabla 11: Flecha límite y coeficientes de pandeo pilares pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pilares	$\beta = 1,4$	$\beta = 0,7$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/250$

La jácena de los pórticos interiores queda compuesta por una viga curva con perfil de madera laminada encolada GL-24h 600x180, cubriendo la viga una luz de 20,8m.

La flecha límite y la longitud de pandeo para la jácena se definen en la tabla 12.

Tabla 12: Flecha límite y longitudes o coeficientes de pandeo jácena pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Jácena	$L_{ky}$ = separación entre pilares (Luz/5)	$\beta = 0$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/300$

### 1.7.5.3. Sistema Contraviento

El sistema contraviento es el conjunto de elementos cuya función es contrarrestar la acción del viento y rigidizar la estructura. Está formado por los siguientes elementos: Vigas contraviento, cruces de San Andrés de fachada y laterales y vigas perimetrales.

#### 1.7.5.3.3. Viga Contraviento.

Se trata de un tipo de viga cuya función principal es transmitir a los apoyos los empujes del viento frontal.

Para la cubierta, la viga contraviento se ha resuelto mediante un viga tipo Pratt, quedando situada entre el pórtico de fachada y el primer pórtico interior, y con una configuración como se muestra en la figura 14, con las diagonales duplicadas para responder a la acción del viento también en la dirección opuesta.

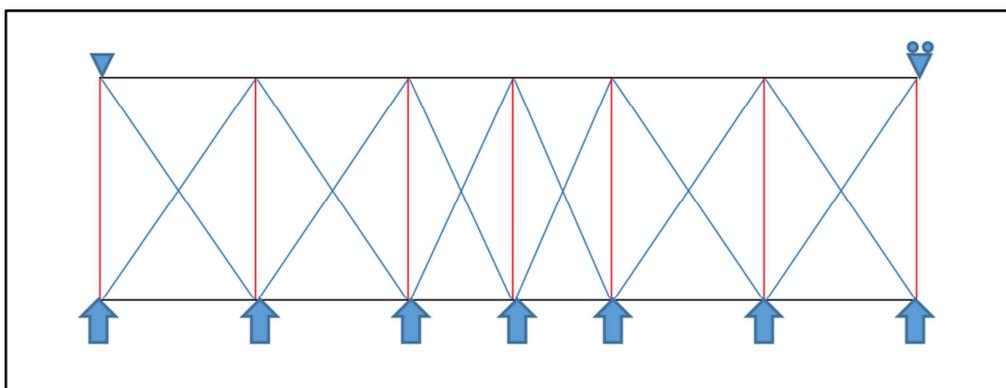


Figura 14: Viga contraviento tipo Pratt. Fuente: Elaboración Propia.

Las diagonales se han resuelto con perfiles angulares simétricos tipo L 75x75x6, mientras que los montantes con perfiles cuadrados de madera laminada encolada tipo GL-24h 140x140 y con una longitud de 5,5m.

### 1.7.5.3.2. Cruz de San Andrés Fachada.

Se trata de un tipo de arriostramiento compuesto por tirantes, formando dos diagonales en ambos extremos de cada pórtico de fachada.

Estas diagonales se han resuelto con un perfil angular simétrico tipo L 90x90x5, como se muestra la figura 15, siendo comprobada la condición de esbeltez reducida máxima.

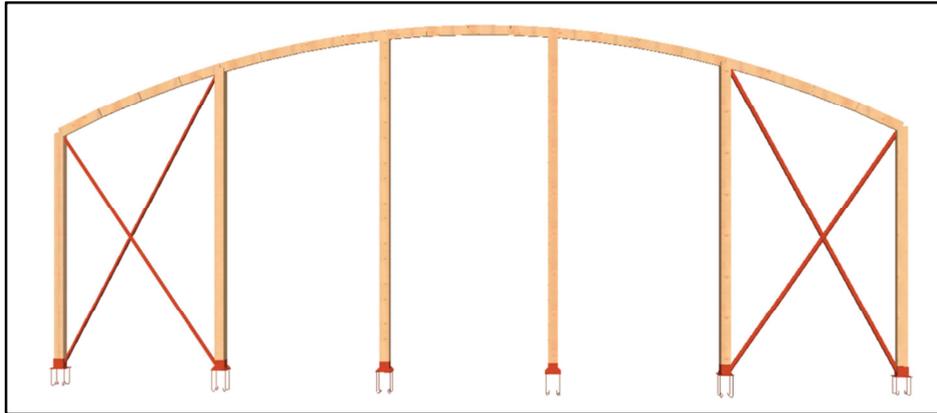


Figura 15: CSA Fachada. Fuente: CYPE 3D.

### 1.7.5.3.3. Cruz de San Andrés Lateral.

Las cruces de San Andrés laterales forman el arriostramiento de la fachada lateral, permitiendo transmitir los esfuerzos del viento a la cimentación.

Éstas quedan situadas entre el pórtico de fachada y el primer pórtico interior, tal y como se muestra en la figura 16, siendo resueltas mediante perfiles angulares simétricos tipo L 80x80x5.

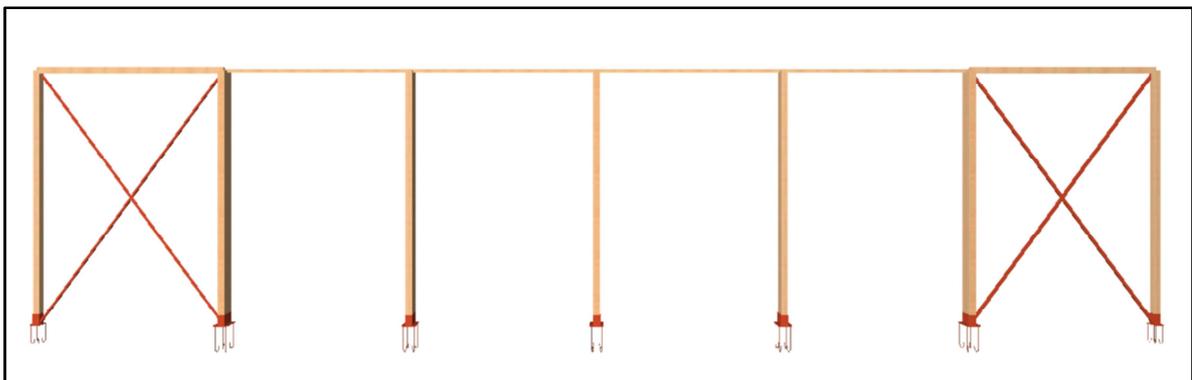
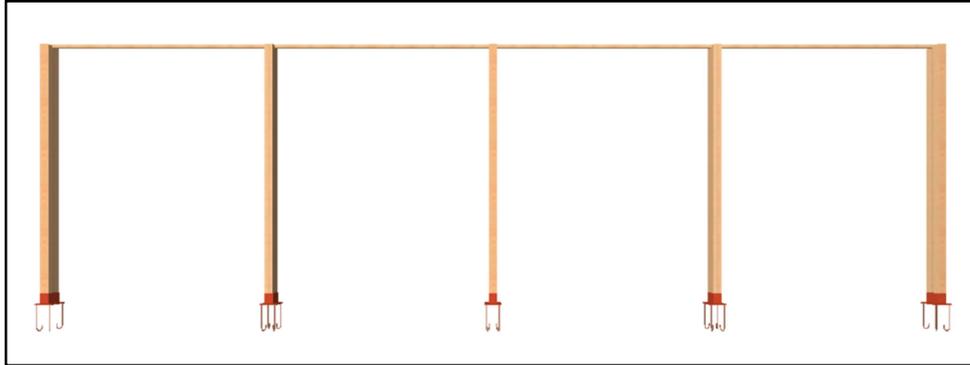


Figura 16: CSA Fachada. Fuente: CYPE 3D.

---

#### 1.7.5.3.4. Viga perimetral.

Es un elemento de arriostramiento que trabaja a tracción, canalizando cualquier empuje movilizado por intento de pandeo de los pórticos interiores a la Cruz de San Andrés y uniendo las cabezas de estos pórticos, como se muestra en la figura 17.



*Figura 17: CSA Fachada. Fuente: CYPE 3D.*

Éstas barras tienen una longitud de 5,5m y se han resuelto con perfiles cuadrados laminados de madera laminada encolada tipo GL-24h 70x70.

#### 1.7.5.4. Placas de anclaje

Estos elementos son los encargados de unir los pilares con la cimentación, y de transmitir las cargas del pilar a la cimentación.

Para la estructura diseñada se han obtenido tres tipos de placas de anclaje diferentes, las cuales se agrupan en tres grupos.

El primer grupo (Tipo 1), reúne las placas de anclaje de los pilares hastiales de los pórticos de fachada.

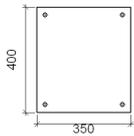
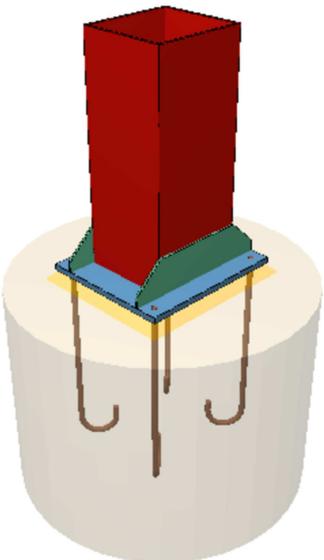
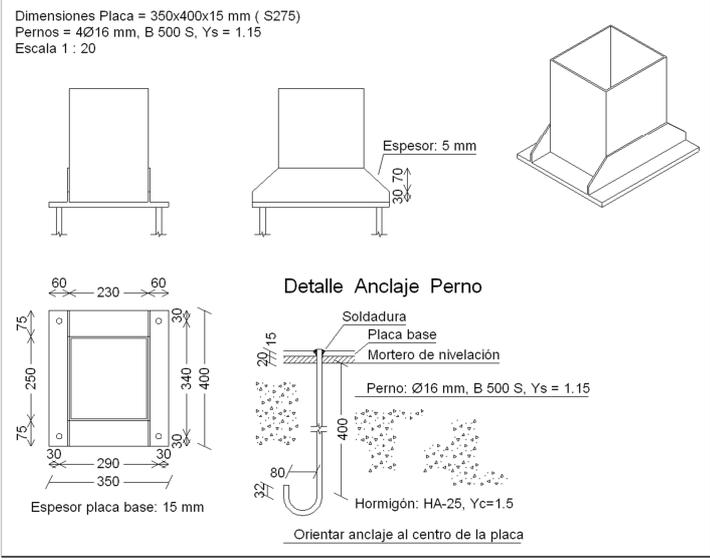
El segundo grupo (Tipo 2), reúne las placas de anclaje de los pilares de esquina de los pórticos de fachada.

El tercer grupo (Tipo 3), reúne las placas de anclaje de los pilares de los pórticos interiores.

### 1.7.5.4.1. Placa de anclaje tipo 1

En la tabla 13 se muestran las características principales de la placa de anclaje tipo 1.

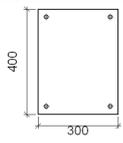
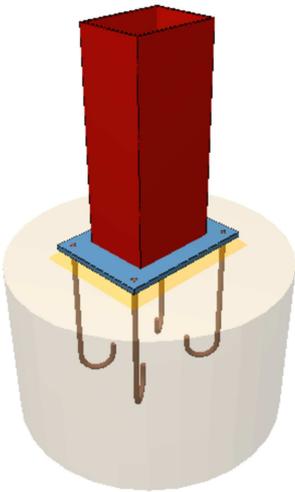
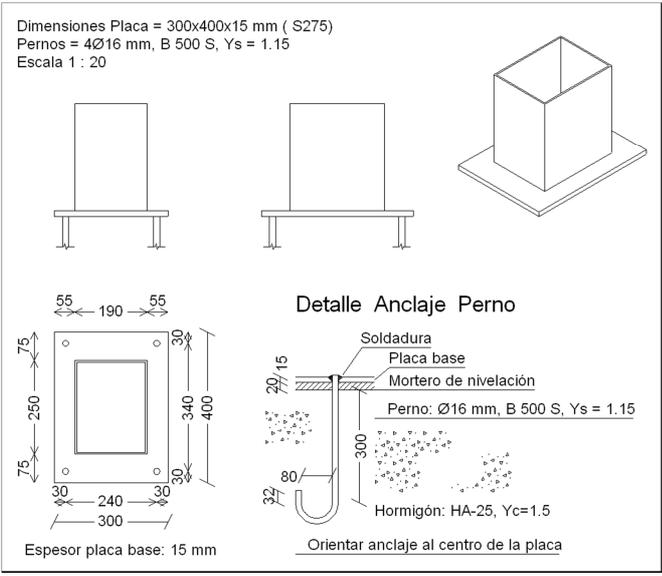
Tabla 13: Características placa de anclaje tipo 1.

Placa de anclaje tipo 1							
ELEMENTOS	Geometría				Material		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		350	400	15	S275	275.0	410.0
Rigidizadores		300	100	5			
	Cantidad	Diámetro (mm)			Acero	$f_y$ (MPa)	
Pernos	4	16			B500S	500	
Vista 3D				Detalle			
				<p>Dimensiones Placa = 350x400x15 mm ( S275) Pernos = 4Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15 Escala 1 : 20</p>  <p>Espejor: 5 mm</p> <p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-25, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>			

### 1.7.5.4.2. Placa de anclaje tipo 2

En la tabla 14 se muestran las características principales de la placa de anclaje tipo 2.

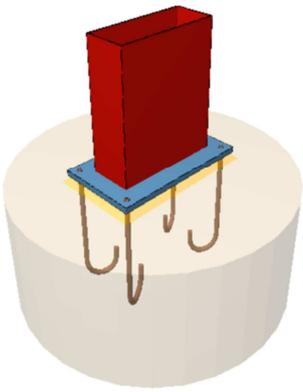
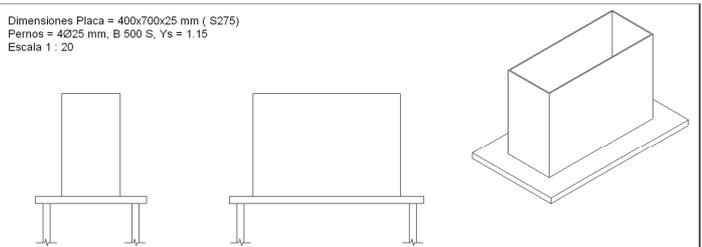
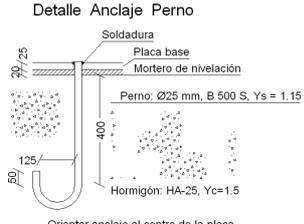
Tabla 14: Características placa de anclaje tipo 2.

Placa de anclaje tipo 2							
ELEMENTOS	Geometría				Material		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		300	400	15	S275	275.0	410.0
Rigidizadores	-	-	-	-			
	Cantidad	Diámetro (mm)		Acero	$f_y$ (MPa)		
Pernos	4	16		B500S	500		
Vista 3D				Detalle			
				<p>Dimensiones Placa = 300x400x15 mm ( S275)  Pernos = 4Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15  Escala 1 : 20</p>  <p><b>Detalle Anclaje Perno</b></p> <p>Soldadura  Placa base  Mortero de nivelación  Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15  Hormigón: HA-25, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p> <p>Espesor placa base: 15 mm</p>			

### 1.7.5.4.3. Placa de anclaje tipo 3

En la tabla 15 se muestran las características principales de la placa de anclaje tipo 3.

Tabla 15: Características placa de anclaje tipo 3.

Placa de anclaje tipo 3							
ELEMENTOS	Geometría				Material		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		400	700	25	S275	275.0	410.0
Rigidizadores	-	-	-	-			
	Cantidad	Diámetro (mm)			Acero	$f_y$ (MPa)	
Pernos	4	25			B500S	500	
Vista 3D				Detalle			
				<p>Dimensiones Placa = 400x700x25 mm ( S275) Pernos = 4Ø25 mm, B 500 S, Ys = 1.15 Escala 1 : 20</p>  <p><b>Detalle Anclaje Perno</b></p>  <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación Perno: Ø25 mm, B 500 S, Ys = 1.15 Hormigón: HA-25, Yc=1.5 Orientar anclaje al centro de la placa</p> <p>Espesor placa base: 25 mm</p>			

### 1.7.6. Cimentación

La cimentación de la estructura es el sistema encargado de transmitir las cargas que actúan sobre ésta al terreno.

La cimentación se ha ejecutado mediante zapatas aisladas de geometría cuadrada y rectangular unidas con vigas de atado, quedando compuestos estos elementos por hormigón HA-25 y armaduras de acero B500S.

Las zapatas han sido diseñadas con las dimensiones mínimas necesarias cumpliendo con las limitaciones de vuelco, deslizamiento y tensión admisible del terreno.

Se diferencian dos tipos de zapatas:

El primer grupo de zapatas (Tipo 1), reúne las zapatas de los pilares de los pórticos interiores de la estructura.

El segundo grupo de zapatas (Tipo 2), reúne las zapatas de los pilares de los pórticos de fachada.

La disposición de todos los elementos que forman la cimentación se muestra en la figura 18.

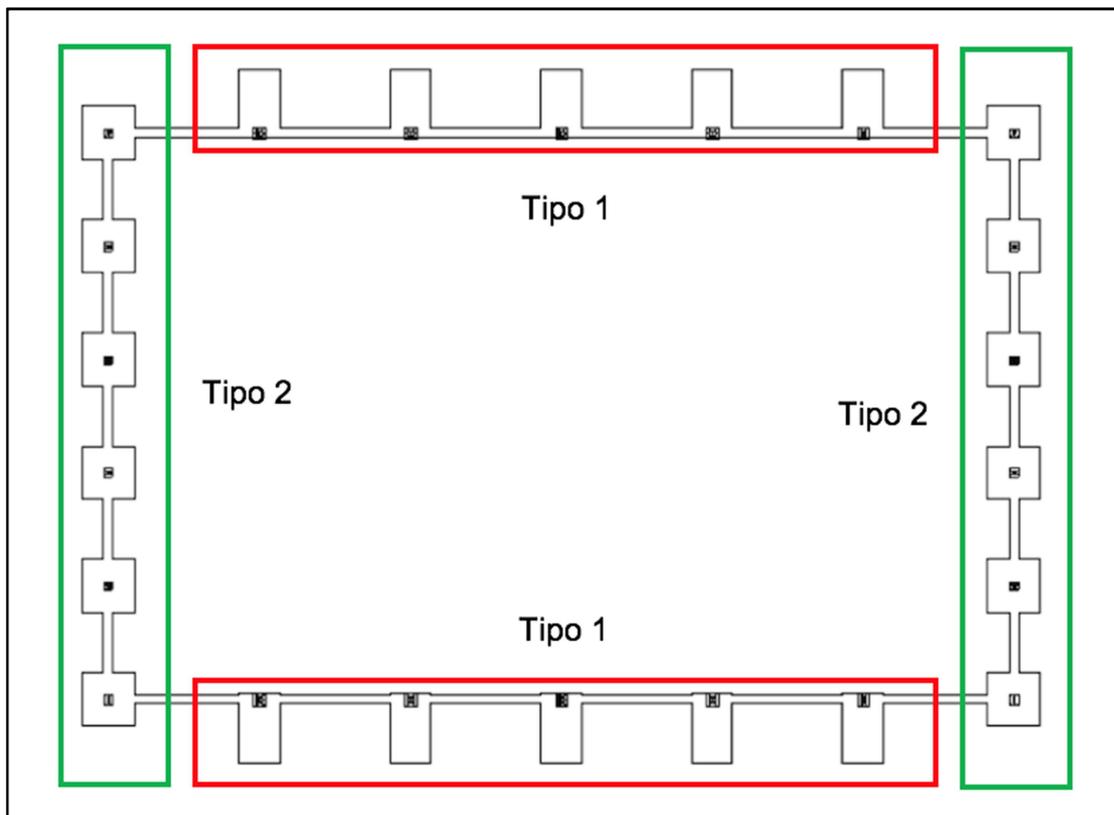
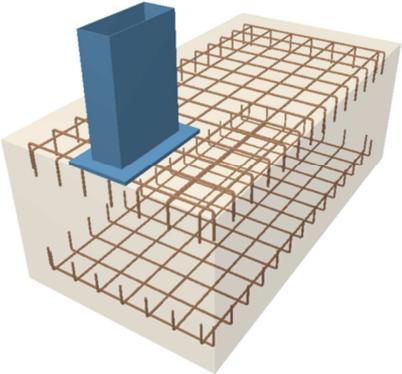
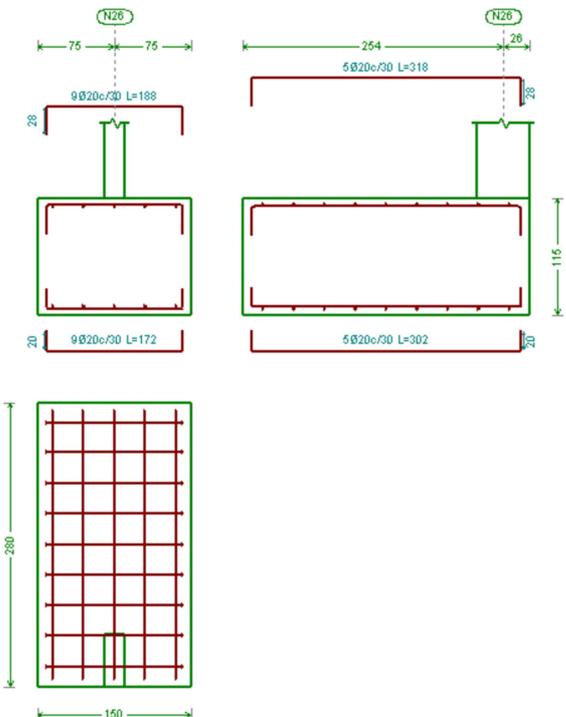


Figura 18: Disposición de los elementos de la cimentación. Fuente: CYPE 3D.

### 1.7.6.1. Zapata tipo 1

En la tabla 16 se muestran las características principales de la zapatas tipo 1.

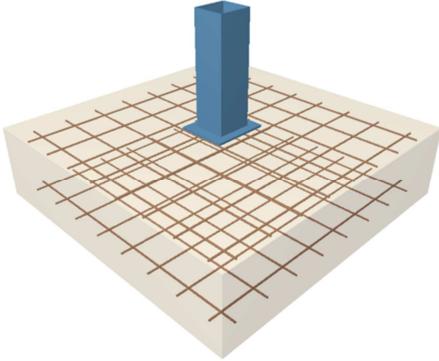
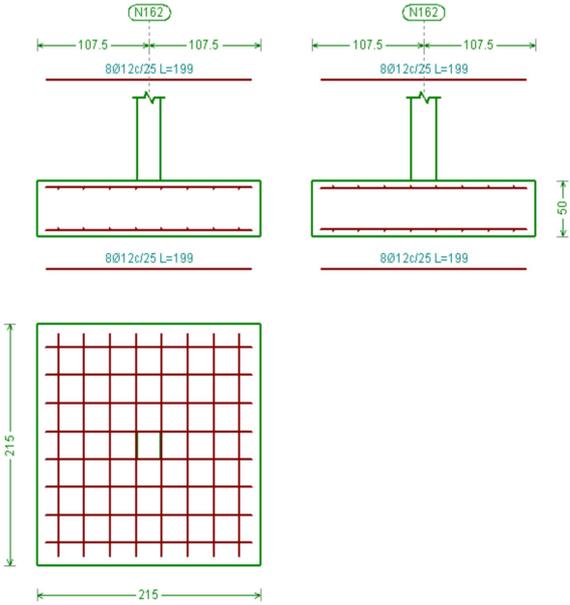
Tabla 16: Características zapata tipo 1.

Zapata tipo 1				
Geometría				Material
Tipología	Ancho X (mm)	Ancho Y (mm)	Canto (mm)	HA-25
Zapata rectangular excéntrica	150	285	110	
Armaduras				Material
Superior X	Inferior X (mm)	Superior Y (mm)	Inferior Y (mm)	B500S
9Ø20c/30	9Ø20c/30	5Ø20c/30	5Ø20c/30	
Vista 3D		Detalle		
				

### 1.7.6.2. Zapata tipo 2

En la tabla 17 se muestran las características principales de la zapatas tipo 2.

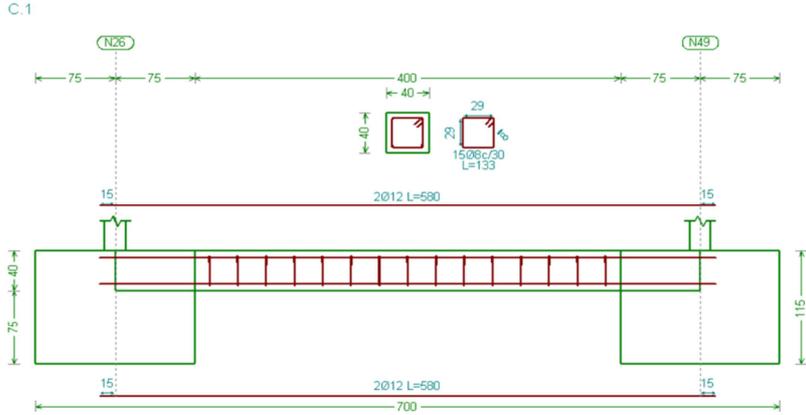
Tabla 17: Características zapata tipo 2.

Zapata tipo 2				
Geometría				Material
Tipología	Ancho X (mm)	Ancho Y (mm)	Canto (mm)	HA-25
Zapata rectangular excéntrica	210	210	50	
Armaduras				Material
Superior X	Inferior X (mm)	Superior Y (mm)	Inferior Y (mm)	B500S
8Ø12c/25	8Ø12c/25	8Ø12c/25	8Ø12c/25	
Vista 3D		Detalle		
				

### 1.8.6.3. Viga de atado tipo 1

Las vigas de atado unen las zapatas de los pilares. En la tabla 18 se muestran las características principales las vigas de atado de las zapatas de las fachadas laterales.

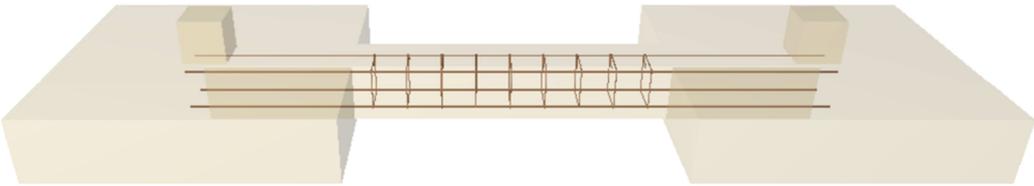
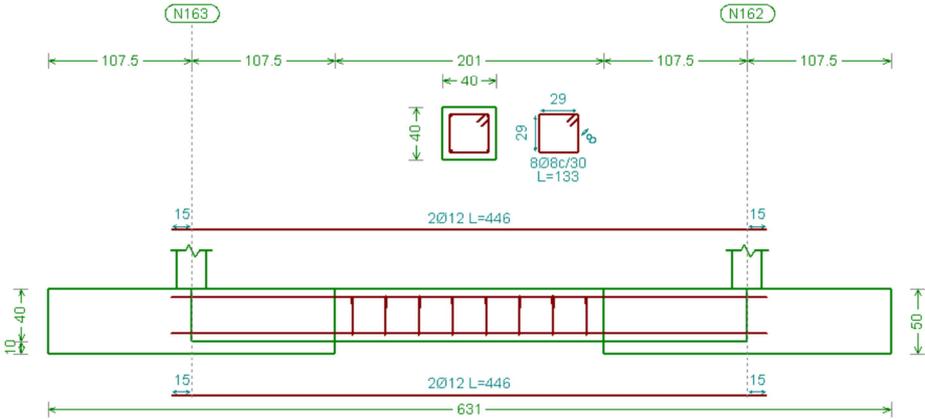
Tabla 18: Características viga de atado tipo 1.

Viga de atado tipo 1			
<b>Geometría</b>			<b>Material</b>
<i>Ancho X (mm)</i>		<i>Ancho Y (mm)</i>	
40		40	
<b>Armaduras</b>			<b>Material</b>
<i>Superior</i>	<i>Inferior</i>	<i>Estribos</i>	B500S
2Ø12	2Ø12	15Ø8c/30	
<b>Vista 3D</b>			
			
<b>Detalle</b>			
			

#### 1.8.6.4. Viga de atado tipo 2

En la tabla 19 se muestran las características principales de las vigas de atado, las cuales unen las zapatas de los pilares de los pórticos de fachada.

Tabla 19: Características viga de atado tipo 2.

Viga de atado tipo 2			
Geometría			Material
Ancho X (mm)		Ancho Y (mm)	
40		40	
Armaduras			Material
Superior	Inferior	Estribos	
2Ø12	2Ø12	8Ø8c/30	
Vista 3D			
			
Detalle			
			

## 1.8. Materiales

En el dimensionado, cálculo y futura consecución de este proyecto se han utilizado diversos materiales: la madera para los perfiles estructurales y las correas, el acero para ciertos elementos del sistema de arriostramiento así como las placas de anclaje y los armados de la cimentación, el hormigón para las cimentaciones, las placas de policarbonato para los cerramientos laterales y de cubierta y una imprimación sintética y un esmalte sintético como protección anticorrosiva de los elementos de acero del sistema de arriostramiento y placas de anclaje. Siendo la normativa utilizada para el acero, el DB-SE-A del Código Técnico de la Edificación, para la madera el DB-SE-M del código Técnico de la Edificación y para el hormigón la Instrucción Española del Hormigón Estructural EHE 08.

Los diferentes materiales empleados se citan en la tabla 20, así como la utilización de los mismos.

*Tabla 20: Materiales y usos en la estructura.*

<b>Material</b>	<b>Usos</b>
<i>Madera laminada encolada GL-24h</i>	Vigas, pilares, montantes VCV, vigas perimetrales, correas de cubierta y laterales
<i>Acero laminado en caliente S275-JR</i>	Cruces de San Andrés, diagonales VCV y placas de anclaje
<i>Acero B500-S</i>	Pernos de las placas de anclaje, armado cimentación.
<i>HA-25</i>	Vigas de atado y zapatas
<i>Placas policarbonato celular</i>	Cerramientos de cubierta
<i>Placas policarbonato compacto</i>	Cerramientos laterales
<i>Imprimación sintética + Esmalte sintético</i>	Protección anticorrosión del acero de los elementos del sistema de arriostramiento y las placas de anclaje

Las principales características de estos materiales son las siguientes:

### Acero

Se trata de un material compuesto por hierro y una cantidad variable de carbono entre 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición.

Es un material estructural por excelencia, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar con dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.

- Acero laminado en caliente S275-JR

Tabla 21: Características mecánicas acero laminado en caliente S275-JR. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	210	Mpa
<b>Módulo de rigidez (G)</b>	81	Mpa
<b>Coefficiente de Poisson (<math>\mu</math>)</b>	0,3	-
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	275	Mpa
<b>Tensión de rotura (<math>f_u</math>)</b>	410	Mpa
<b>Coefficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>	1,05	-
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	78,5	kN/m <sup>3</sup>

- Acero B500-S

Tabla 22: Características mecánicas acero B500-S. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	210	Mpa
<b>Coefficiente de Poisson (<math>\mu</math>)</b>	0,3	-
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	500	Mpa
<b>Tensión de rotura (<math>f_s</math>)</b>	550	Mpa
<b>Coefficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>	1,15	-
<b>Relación <math>f_s/f_y</math></b>	1,05	°C <sup>-1</sup>
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	78,5	kN/m <sup>3</sup>
Es una acero soldable		

## **Protección anticorrosión**

Consiste en la imprimación sintética de 60 µm de secado rápido y rica en zinc de los perfiles que forman las cruces de San Andrés y las diagonales de VCV y las placas de anclaje. Con un posterior pintado con una capa de 60 µm con esmalte sintético de secado rápido y del color que elija el cliente, basado en resina alquídica modificada, proporcionando un recubrimiento flexible y resistente a las deformaciones mecánicas.

Las principales características son:

Tabla 23: Características Imprimación sintética. Fuente: Elaboración propia

Características Imprimación sintética	Valor	Unidades
<b>Secado al tacto</b>	15-30 a 20 °C	Minutos
<b>Rendimiento</b>	5-8	m <sup>2</sup> /L
<b>Peso específico</b>	1,34 ± 0,05	Kg/L
<b>Acabado</b>	Mate	
<b>Recomendaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-El soporte debe estar exento de productos extraños, óxidos y/o residuos.</li> <li>-Aplicar sobre soportes bien desengrasados, sin polvo y secos.</li> <li>-Antes de aplicar un acabado es necesario un pretratamiento para eliminar los posibles puntos de óxido, siendo el ideal un Chorreado Abrasivo, el cual permite la máxima rentabilidad del producto a largo plazo.</li> <li>-Es tan importante la calidad del pretratamiento como la calidad de la imprimación y pintura.</li> <li>-Si por exigencias de los costos iniciales, el Chorreado Abrasivo no es viable, debemos eliminar el óxido, al menos mediante cepillado, lijado u otro medio mecánico.</li> </ul>		

Tabla 24: Características Esmalte sintético. Fuente: Elaboración propia

Características Esmalte sintético	Valor	Unidades
<b>Secado al tacto</b>	15-20 a 20 °C	Minutos
<b>Rendimiento</b>	10-12	m <sup>2</sup> /L
<b>Peso específico</b>	1,1-1,2	Kg/L
<b>Acabado</b>	Satinado	
<b>Color</b>	Blanco o colores según carta RAL	
<b>Recomendaciones</b>		
<p>Antes de aplicar este esmalte asegúrese que la superficie a pintar este libre de grasas, polvo, oxido o cualquier otro contaminante.</p>		

### **Madera laminada encolada GL-24h**

Se trata de un material derivado de la madera que consiste de al menos tres láminas o listones de madera que se cortan a lo largo, con la fibra orientada en paralelo, y se encolan entre sí, permitiendo ser mucho más estable dimensionalmente que la madera aserrada.

Además, puede fabricarse con casi cualquier tamaño y con las curvaturas que se desee y tiene una gran resistencia ante ataques químicos y ante ambientes agresivos y contaminados.

Tabla 25: Características mecánicas madera laminada en colada GL-24h. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Módulo de elasticidad medio (<math>E</math>)</b>	11,6	Mpa
<b>Resistencia flexión (<math>f_{m,g,k}</math>)</b>	24	Mpa
<b>Resistencia a cortante (<math>f_s</math>)</b>	2,7	Mpa
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	380	kg/m <sup>3</sup>
Es un acero soldable		

### **Hormigón**

Es un material pétreo obtenido a partir de un mezcla proporcional de cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones.

El hormigón a emplear en las cimentaciones es hormigón armado, el cual está formado por hormigón y por armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas, resistiendo el hormigón los esfuerzos de compresión y las armaduras de acero los esfuerzos de tracción.

- Hormigón armado HA-25

Tabla 26: Características mecánicas HA-25. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Resistencia característica (<math>f_{ck}</math>)</b>	25	Mpa
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	2200-2400	kg/m <sup>3</sup>

## **Policarbonato**

El Policarbonato es un termoplástico con propiedades muy interesantes en cuanto a resistencia al impacto, resistencia al calor, transparencia óptica que permite el aprovechamiento de la luz natural y su reciclabilidad.

- Placas policarbonato celular

*Tabla 27: Características mecánicas placas de policarbonato celular. Fuente: Elaboración propia*

<b>Característica mecánica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b><i>Límite elástico (<math>f_y</math>)</i></b>	65	Mpa
<b><i>Temperatura de servicio máxima</i></b>	Hasta 120	°C
<b><i>Coefficiente dilatación térmica lineal</i></b>	0,065	mm/m·°C
<b><i>Resistencia al impacto</i></b>	> 60	Mpa
<b><i>Densidad (<math>\gamma</math>)</i></b>	0,15	g/m <sup>3</sup>

- Placas policarbonato compacto

*Tabla 28: Características mecánicas placas de policarbonato compacto. Fuente: Elaboración propia*

<b>Característica mecánica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b><i>Límite elástico (<math>f_y</math>)</i></b>	65	Mpa
<b><i>Temperatura de servicio máxima</i></b>	Hasta 120	°C
<b><i>Coefficiente dilatación térmica lineal</i></b>	0,065	mm/m·°C
<b><i>Resistencia al impacto</i></b>	> 60	Mpa
<b><i>Densidad (<math>\gamma</math>)</i></b>	1,2	g/m <sup>3</sup>

## 1.9. Resultado final

A partir del estudio paramétrico realizado para la obtención de la curvatura óptima de la cubierta de la piscina, se ha obtenido como configuración óptima la de 2 pórticos de fachada y 5 pórticos interiores con una altura de cumbrera de 8,5m, y se ha diseñado la estructura de cubrición completa, partiendo de los perfiles de madera laminada encolada empleados en el estudio mencionado.

Los pórticos de fachada de la estructura están compuestos por seis pilares (dos de esquina y cuatro hastiales), con perfiles GL-24h 240x180 y GL-24h 240x220 respectivamente y embebidos en perfiles cuadrados tubulares de acero de 25 cm en el ala base de cada uno de ellos. Y la jácena por un perfil curvo GL-24h 240x60, correspondiéndose dichos perfiles con los empleados para los pilares y la jácena en el estudio paramétrico.

Los pórticos interiores están constituidos por dos pilares GL-24h 520x200 embebidos en perfiles cuadrados tubulares de acero de 25 cm en el ala base de cada uno de ellos y la jácena por un perfil curvo GL-24h 600x180, viéndose únicamente modificados con respecto al estudio realizado el perfil empleado para la jácena, debido a que las cargas generadas por peso propio del sistema de arriostramiento no quedaban contempladas en el mismo.

Además, la estructura dispone de un sistema de arriostramiento constituido por vigas contraviento con perfiles angulares simétricos L 75x75x6 para las diagonales y perfiles de madera laminada encolada cuadrados GL-24h 140x140 para los montantes, cruces de San Andrés laterales y de fachada con perfil angular simétrico L80x80x5 y L90x90x5 respectivamente, y vigas perimetrales con perfiles de madera laminada encolada cuadrados GL-24h 70x70.

La cantidad de madera y acero empleado para la estructura de la cubierta es de 17111,70 kg, tal y como se observa en las siguientes tablas de medición correspondientes a los elementos estructurales, siendo superior a los 12827,18 kg obtenidos en el estudio paramétrico al no considerarse en éste parte del sistema de arriostramiento, las placas de anclaje y la cimentación.

Se trata de un proyecto rentable de acuerdo con el estudio económico realizado, aunque con una menor rentabilidad que la solución realizada en un trabajo previo en acero laminado, debido a que los perfiles de madera son macizos y suponen un volumen cercano a 20 veces el empleado en la estructura de acero, además de que el precio de la madera laminada es 1,7 veces el del acero.

A pesar de ello, el material empleado para esta estructura, que es la madera laminada, tiene una densidad 20 veces menor que la del acero y ofrece un acabado más estético a la construcción.

Así el presupuesto total de la obra es de ciento cuarenta y cuatro mil trescientos noventa y cuatro euros con cincuenta y cinco céntimos.

Tabla 34: Presupuesto. Fuente: Elaboración propia

<b>Total Demoliciones y movimientos de tierras</b>	5.038,05 €
<b>Total Cimentación superficial</b>	13.859,55 €
<b>Total Cimentación superficial</b>	42.755,01 €
<b>Total Cubierta</b>	50.709,50 €
<b>Total Proyecto y permisos</b>	6.972,24 €
<b>IVA</b>	21%
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>144.394,55 €</b>

Perfilería:

Tabla 29: Resumen medición perfilería. Fuente: Cype 3D

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	L  cuadrado	L 90 x 90 x 5	63.757	287.858	293.358	0.057	0.247	444.44	1935.93	2186.74	
			L 80 x 80 x 5	64.846			0.051		400.10			
			L 75 x 75 x 6	159.256			0.139		1091.39			
			250x230	2.000	0.009		73.79					
			250x190	1.000	0.004		33.76					
			530x210	2.500	0.018		143.26					
Madera	GL24h	Laminada b60	GL-240x60	43.182	43.182	414.796	0.622	0.622	286.04	286.04		
			GL-600x180	107.954			11.659		5363.18			
			GL-240x180	23.000			0.994		457.06			
		Laminada b180	70	44.000	130.954	0.216	12.653	99.18	5820.23			
			140	77.000		1.509		694.23				
		cuadrado	GL-240x220	62.160	121.000	3.282	1.725	1509.74	793.41			
			Laminada b220	62.160		3.282		1509.74				
		Laminada b200	GL-520x200	57.500	57.500	5.980	5.980	2750.80	2750.80			
			Laminada b200	57.500		5.980		2750.80				

Correas:

Tabla 30: Resumen medición correas. Fuente: Cype Generador de precios

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Material (kg)
Correas de cubierta	22	5.32	3862,32
Correas laterales	12	6.384	2528,07

Placas:

Tabla 31: Resumen medición placas de anclaje. Fuente: Cype 3D

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	300x400x14	26.38
		1	350x400x14	15.39
		7	350x400x15	115.40
		2	300x400x15	28.26
		10	400x700x25	549.50
	Rigidizadores pasantes	10	400/250x100/30x5	13.64
Total				748.56
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	12	Ø 16 - L = 351 + 183	10.11
		16	Ø 16 - L = 451 + 183	16.01
		4	Ø 16 - L = 400 + 183	3.68
		8	Ø 16 - L = 401 + 183	7.37
		8	Ø 16 - L = 350 + 183	6.73
		8	Ø 25 - L = 470 + 286	23.29
		28	Ø 25 - L = 420 + 286	76.13
		4	Ø 25 - L = 370 + 286	10.11
Total				153.42

Cimentación:

Tabla 32: Resumen medición zapatas. Fuente: Cype 3D

Resumen medición zapatas					
Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
TIPO 1: N26, N49, N72, N95 y N118		5x154.58	772.90	5x4.70	5x0.43
TIPO 1: N116, N93, N70, N47 y N24		5x154.58	772.90	5x4.70	5x0.43
TIPO 2: N3, N1, N139, N141, N162, N163, N164, N165, N166, N167, N168 y N169	12x60.63		727.56	12x2.21	12x0.44
Totales	727.56	1545.80	2273.36	73.52	9.57

*Tabla 33: Resumen medición vigas de atado. Fuente: Cype 3D*

<b>Resumen medición vigas de atado</b>					
Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [N3-N26], C [N26-N49], C [N49-N72], C [N72-N95], C [N95-N118], C [N118-N141], C [N139-N116], C [N116-N93], C [N93-N70], C [N70-N47], C [N47-N24] y C [N24-N1]	12x8.09	12x22.66	369.00	12x0.59	12x0.15
Referencias: C [N141-N169], C [N169-N168], C [N168-N167], C [N167-N166], C [N166-N139], C [N1-N165], C [N165-N164], C [N164-N163], C [N163-N162] y C [N162-N3]	10x4.62	10x17.42	220.40	10x0.33	10x0.08
<b>Totales</b>	<b>143.28</b>	<b>446.12</b>	<b>589.40</b>	<b>10.40</b>	<b>2.60</b>

## 2. ANEXO DE CÁLCULOS

## 2.1. Anexo de cálculos del estudio paramétrico

### 2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de los pórticos

Para realizar el pórtico tipo a estudiar, se utiliza el módulo generador de pórticos de CYPE. En el cual se genera un nuevo pórtico a dos aguas con una celosía americana como tipo de cubierta, definiéndose la altura de los pilares, de la cumbrera, la luz de la cubierta y los tramos en los que se divide la jácena, siendo 20 tramos.

Una vez definida la geometría de la cubierta se introducen los diferentes parámetros necesarios para el cálculo, introduciendo el número de vanos, la separación entre vanos, el peso de los cerramientos y la normativa para el cálculo de sobrecarga de viento y nieve.

Tras esto, se definen las características de las correas a emplear (límite de flecha, el tipo de fijación, el tipo de perfil, el material utilizado, etc), se comprueban y se exporta al módulo CYPE 3D, generando un pórtico aislado para cada caso de estudio.

Hecha la exportación, se define en primer lugar la normativa de aplicación para el cálculo y las características de los perfiles y el hormigón armado a emplear.

En segundo lugar, se ajusta la geometría de la jácena, borrando aquellos nudos y barras que no son necesarias y ajustando las otras barras a las diferentes configuraciones curvas que se plantean (altura de cumbrera: 7m, 7,5m, 8m, 8,5m y 9m).

En tercer lugar, se ajustan y se introducen las cargas a las diferentes barras de cada pórtico, ya que al modificar la geometría del pórtico, algunas de las cargas generadas son modificadas.

En cuarto lugar, se describen los perfiles a utilizar, las condiciones de pandeo, de flecha máxima, así como las placas de anclaje y la cimentación.

Y por último, se realiza el cálculo y se editan los perfiles en caso de no cumplir todas las comprobaciones.

### 2.1.2. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

## 2.1.3. Comprobaciones

### 2.1.3.1. Pórtico interior central

Los elementos considerados en las comprobaciones son todas las barras utilizadas en cada una de las configuraciones del pórtico interior central.

#### 2.1.3.1.1. Altura de cumbrera 7 m

##### 2.1.3.1.1.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado					
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{t,0,d}$	$M_{v,d}$		$M_{z,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$M_{x,d}$
N1/N2	x: 6 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 6 m $\eta = 87.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 52.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 43.3$	x: 6 m $\eta = 91.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 91.4$					
N3/N4	x: 6 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 6 m $\eta = 87.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 52.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6 m $\eta = 82.5$	x: 6 m $\eta = 91.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 91.4$					
N4/N15	x: 1.057 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 80.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 76.0$	x: 0 m $\eta = 90.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.4$					
N15/N16	x: 1.054 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 54.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.0$	x: 0 m $\eta = 64.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.0$					
N16/N17	x: 1.051 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 30.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 43.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 32.5$	x: 0 m $\eta = 40.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 43.3$					
N17/N18	x: 1.048 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 0 m $\eta = 19.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 38.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.5$	x: 0 m $\eta = 27.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 38.0$					
N18/N19	x: 1.046 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 1.046 m $\eta = 26.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 32.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.174 m $\eta = 13.3$	x: 1.046 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.2$					
N19/N20	x: 1.044 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 8.8$	x: 1.044 m $\eta = 34.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 1.044 m $\eta = 43.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 43.6$					
N20/N21	x: 1.042 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 1.042 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 22.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 1.042 m $\eta = 53.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.0$					
N21/N22	x: 1.041 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 1.041 m $\eta = 51.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 1.041 m $\eta = 59.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.7$					
N22/N23	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 8.4$	x: 1.04 m $\eta = 55.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.173 m $\eta = 8.3$	x: 1.04 m $\eta = 63.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 63.7$					
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 8.3$	x: 1.04 m $\eta = 56.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 12.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 1.04 m $\eta = 65.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.0$					
N2/N6	x: 1.057 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 80.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 76.0$	x: 0 m $\eta = 90.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.4$					
N6/N7	x: 1.054 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 0 m $\eta = 54.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.0$	x: 0 m $\eta = 64.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.0$					
N7/N8	x: 1.051 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta = 30.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 43.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 32.5$	x: 0 m $\eta = 40.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 43.3$					
N8/N9	x: 1.048 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 0 m $\eta = 19.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 38.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.5$	x: 0 m $\eta = 27.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 38.0$					
N9/N10	x: 1.046 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 1.046 m $\eta = 26.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 32.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.174 m $\eta = 13.3$	x: 1.046 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.2$					
N10/N11	x: 1.044 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 8.8$	x: 1.044 m $\eta = 34.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 1.044 m $\eta = 43.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 43.6$					
N11/N12	x: 1.042 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 1.042 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 22.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 1.042 m $\eta = 53.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.0$					
N12/N13	x: 1.041 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 1.041 m $\eta = 51.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 1.041 m $\eta = 59.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.7$					
N13/N14	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 8.4$	x: 1.04 m $\eta = 55.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.173 m $\eta = 8.3$	x: 1.04 m $\eta = 63.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 63.7$					
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 8.3$	x: 1.04 m $\eta = 56.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 12.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 1.04 m $\eta = 65.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.0$					

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
<p>Notación:</p> <p><math>N_{t,0,d}</math>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  <math>N_{c,0,d}</math>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  <math>M_{y,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje y  <math>M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje z  <math>V_{y,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje y  <math>V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje z  <math>M_{x,d}</math>: Resistencia a torsión  <math>M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión esviada  <math>N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  <math>N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  <math>M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante y torsor combinados  x: Distancia al origen de la barra  <math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)  N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>												

### 2.1.3.1.2. Altura de cumbrera 7,5 m

#### 2.1.3.1.2.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 6 m $\eta = 83.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 51.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.3$	x: 6 m $\eta = 87.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 87.0$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 6 m $\eta = 83.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 51.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6 m $\eta = 76.1$	x: 6 m $\eta = 87.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 87.0$
N4/N15	x: 1.08 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 0 m $\eta = 81.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 75.0$	x: 0 m $\eta = 93.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 93.8$
N15/N16	x: 1.072 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0 m $\eta = 55.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 45.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.9$	x: 0 m $\eta = 67.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 67.6$
N16/N17	x: 1.063 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.3$	x: 0 m $\eta = 32.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.4$	x: 0 m $\eta = 44.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.1$
N17/N18	x: 1.059 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 0 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.1$	x: 0 m $\eta = 30.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.8$
N18/N19	x: 1.052 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.4$	x: 1.052 m $\eta = 25.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.175 m $\eta = 14.7$	x: 1.052 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.2$
N19/N20	x: 1.048 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 1.048 m $\eta = 31.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.4$	x: 1.048 m $\eta = 41.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 41.7$
N20/N21	x: 1.046 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 1.046 m $\eta = 41.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 20.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 1.046 m $\eta = 50.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.7$
N21/N22	x: 1.042 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.5$	x: 1.042 m $\eta = 47.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.9$	x: 1.042 m $\eta = 57.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.3$
N22/N23	x: 1.041 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.4$	x: 1.041 m $\eta = 51.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.174 m $\eta = 8.4$	x: 1.041 m $\eta = 61.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 61.1$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 1.04 m $\eta = 53.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 12.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 1.04 m $\eta = 62.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 62.5$
N2/N6	x: 1.08 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 0 m $\eta = 81.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 75.0$	x: 0 m $\eta = 93.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 93.8$
N6/N7	x: 1.072 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0 m $\eta = 55.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 45.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.9$	x: 0 m $\eta = 67.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 67.6$
N7/N8	x: 1.063 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.3$	x: 0 m $\eta = 32.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.4$	x: 0 m $\eta = 44.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.1$
N8/N9	x: 1.059 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 0 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.1$	x: 0 m $\eta = 30.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.8$
N9/N10	x: 1.052 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.4$	x: 1.052 m $\eta = 25.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.175 m $\eta = 14.7$	x: 1.052 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.2$
N10/N11	x: 1.048 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 1.048 m $\eta = 31.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.4$	x: 1.048 m $\eta = 41.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 41.7$
N11/N12	x: 1.046 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 1.046 m $\eta = 41.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 20.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 1.046 m $\eta = 50.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.7$
N12/N13	x: 1.042 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.5$	x: 1.042 m $\eta = 47.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.9$	x: 1.042 m $\eta = 57.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N13/N14	x: 1.041 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.4$	x: 1.041 m $\eta = 51.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.174 m $\eta = 8.4$	x: 1.041 m $\eta = 61.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 61.1$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 1.04 m $\eta = 53.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 12.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 1.04 m $\eta = 62.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 62.5$
<p>Notación:</p> <p><math>N_{t,0,d}</math>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  <math>N_{c,0,d}</math>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  <math>M_{y,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje y  <math>M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje z  <math>V_{y,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje y  <math>V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje z  <math>M_{x,d}</math>: Resistencia a torsión  <math>M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión esviada  <math>N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  <math>N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  <math>M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante y torsor combinados  x: Distancia al origen de la barra  <math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)  N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):  <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>												

### 2.1.3.1.3. Altura de cumbrera 8 m

#### 2.1.3.1.3.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 6 m $\eta = 83.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 49.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.2$	x: 6 m $\eta = 87.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 87.5$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 6 m $\eta = 86.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 53.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6 m $\eta = 76.0$	x: 6 m $\eta = 90.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.9$
N4/N15	x: 1.111 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 76.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 67.5$	x: 0 m $\eta = 89.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 89.5$
N15/N16	x: 1.097 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 0 m $\eta = 52.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 47.7$	x: 0 m $\eta = 64.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.7$
N16/N17	x: 1.082 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.8$	x: 0 m $\eta = 31.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 37.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.3$	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 42.7$
N17/N18	x: 1.072 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 22.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.8$	x: 0 m $\eta = 31.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 33.4$
N18/N19	x: 1.061 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.5$	x: 1.061 m $\eta = 25.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.177 m $\eta = 15.7$	x: 1.061 m $\eta = 33.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 33.9$
N19/N20	x: 1.055 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.1$	x: 1.055 m $\eta = 30.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 24.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.4$	x: 1.055 m $\eta = 39.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.3$
N20/N21	x: 1.049 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 1.049 m $\eta = 38.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 19.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.0$	x: 1.049 m $\eta = 47.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.7$
N21/N22	x: 1.044 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.4$	x: 1.044 m $\eta = 44.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 11.8$	x: 1.044 m $\eta = 53.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.8$
N22/N23	x: 1.042 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 1.042 m $\eta = 48.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.9$	x: 1.042 m $\eta = 57.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.4$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0.867 m $\eta = 49.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 12.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 0.867 m $\eta = 58.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.6$
N2/N6	x: 1.111 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 76.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 67.5$	x: 0 m $\eta = 89.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 89.5$
N6/N7	x: 1.097 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 0 m $\eta = 52.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 47.6$	x: 0 m $\eta = 64.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.7$
N7/N8	x: 1.082 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.8$	x: 0 m $\eta = 31.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 37.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.3$	x: 0 m $\eta = 42.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 42.6$
N8/N9	x: 1.072 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 22.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.9$	x: 0 m $\eta = 31.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 33.4$
N9/N10	x: 1.061 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.5$	x: 1.061 m $\eta = 25.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.177 m $\eta = 15.7$	x: 1.061 m $\eta = 33.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 33.9$
N10/N11	x: 1.055 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 10.1$	x: 1.055 m $\eta = 30.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 24.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.4$	x: 1.055 m $\eta = 39.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N11/N12	x: 1.049 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.8$	x: 1.049 m $\eta = 38.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 19.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.0$	x: 1.049 m $\eta = 47.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.7$
N12/N13	x: 1.044 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.4$	x: 1.044 m $\eta = 44.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 11.8$	x: 1.044 m $\eta = 53.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.9$
N13/N14	x: 1.042 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 1.042 m $\eta = 48.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 1.042 m $\eta = 57.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.4$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0.867 m $\eta = 49.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 12.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 0.867 m $\eta = 58.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.6$
<p>Notación:</p> <p><math>N_{t,0,d}</math>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  <math>N_{c,0,d}</math>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  <math>M_{y,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje y  <math>M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje z  <math>V_{y,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje y  <math>V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje z  <math>M_{x,d}</math>: Resistencia a torsión  <math>M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión esviada  <math>N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  <math>N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  <math>M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante y torsor combinados  x: Distancia al origen de la barra  <math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)  N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):  <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>												

### 2.1.3.1.4. Altura de cumbrera 8,5 m

#### 2.1.3.1.4.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 6 m $\eta = 84.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 48.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.8$	x: 6 m $\eta = 88.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 88.6$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 6 m $\eta = 84.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 48.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6 m $\eta = 70.6$	x: 6 m $\eta = 88.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 88.6$
N4/N15	x: 1.154 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 15.8$	x: 0 m $\eta = 76.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 64.8$	x: 0 m $\eta = 92.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 92.0$
N15/N16	x: 1.125 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 14.6$	x: 0 m $\eta = 52.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 45.9$	x: 0 m $\eta = 67.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 67.3$
N16/N17	x: 1.107 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 13.6$	x: 0 m $\eta = 32.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.2$	x: 0 m $\eta = 45.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 45.0$
N17/N18	x: 1.088 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.7$	x: 0 m $\eta = 24.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 32.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.7$	x: 0 m $\eta = 34.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.6$
N18/N19	x: 1.074 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.0$	x: 1.074 m $\eta = 26.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.179 m $\eta = 17.6$	x: 1.074 m $\eta = 35.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.5$
N19/N20	x: 1.063 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.3$	x: 1.063 m $\eta = 30.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 23.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.2$	x: 1.063 m $\eta = 39.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.9$
N20/N21	x: 1.054 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 1.054 m $\eta = 36.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 19.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.7$	x: 1.054 m $\eta = 47.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.3$
N21/N22	x: 1.047 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.4$	x: 1.047 m $\eta = 42.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 1.047 m $\eta = 53.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.2$
N22/N23	x: 1.042 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.2$	x: 1.042 m $\eta = 46.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 1.042 m $\eta = 56.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.8$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0.867 m $\eta = 48.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0.867 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.0$
N2/N6	x: 1.154 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 15.8$	x: 0 m $\eta = 76.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 64.8$	x: 0 m $\eta = 92.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 92.0$
N6/N7	x: 1.125 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 14.6$	x: 0 m $\eta = 52.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 45.9$	x: 0 m $\eta = 67.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 67.3$
N7/N8	x: 1.107 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 13.6$	x: 0 m $\eta = 32.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.2$	x: 0 m $\eta = 45.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 45.0$
N8/N9	x: 1.088 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.7$	x: 0 m $\eta = 24.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 32.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.7$	x: 0 m $\eta = 34.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.6$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N9/N10	x: 1.074 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.0$	x: 1.074 m $\eta = 26.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.179 m $\eta = 17.6$	x: 1.074 m $\eta = 35.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.5$
N10/N11	x: 1.063 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.3$	x: 1.063 m $\eta = 30.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 23.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.2$	x: 1.063 m $\eta = 39.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.9$
N11/N12	x: 1.054 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 1.054 m $\eta = 36.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 19.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.7$	x: 1.054 m $\eta = 47.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.3$
N12/N13	x: 1.047 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.4$	x: 1.047 m $\eta = 42.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 1.047 m $\eta = 53.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.2$
N13/N14	x: 1.042 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.2$	x: 1.042 m $\eta = 46.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 1.042 m $\eta = 56.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.8$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0.867 m $\eta = 48.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0.867 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.0$

**Notación:**  
 $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y  
 $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z  
 $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y  
 $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z  
 $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión  
 $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada  
 $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  
<sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

### 2.1.3.1.5. Altura de cumbrera 9 m

#### 2.1.3.1.5.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 6 m $\eta = 79.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 45.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 47.4$	x: 6 m $\eta = 83.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.9$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 6 m $\eta = 79.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 6 m $\eta = 45.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6 m $\eta = 62.9$	x: 6 m $\eta = 83.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.9$
N4/N15	x: 1.206 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 16.9$	x: 0 m $\eta = 72.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 38.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 57.9$	x: 0 m $\eta = 88.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 88.9$
N15/N16	x: 1.167 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 15.5$	x: 0 m $\eta = 50.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 40.9$	x: 0 m $\eta = 65.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.6$
N16/N17	x: 1.133 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 14.2$	x: 0 m $\eta = 31.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.4$	x: 0 m $\eta = 44.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.6$
N17/N18	x: 1.111 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 24.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 18.5$	x: 0 m $\eta = 35.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.3$
N18/N19	x: 1.085 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.3$	x: 1.085 m $\eta = 25.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.181 m $\eta = 18.5$	x: 1.085 m $\eta = 35.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.0$
N19/N20	x: 1.072 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.6$	x: 1.072 m $\eta = 29.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 22.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.893 m $\eta = 18.6$	x: 1.072 m $\eta = 38.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 38.5$
N20/N21	x: 1.059 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.0$	x: 1.059 m $\eta = 33.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 18.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.177 m $\eta = 18.2$	x: 1.059 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.4$
N21/N22	x: 1.049 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.5$	x: 1.049 m $\eta = 39.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.5$	x: 1.049 m $\eta = 49.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.8$
N22/N23	x: 1.043 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.2$	x: 1.043 m $\eta = 43.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 1.043 m $\eta = 53.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.2$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0.867 m $\eta = 44.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 13.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 11.6$	x: 0.867 m $\eta = 54.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.3$
N2/N6	x: 1.206 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 16.9$	x: 0 m $\eta = 72.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 38.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 57.9$	x: 0 m $\eta = 88.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 88.9$
N6/N7	x: 1.167 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 15.5$	x: 0 m $\eta = 50.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 40.9$	x: 0 m $\eta = 65.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.6$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N7/N8	x: 1.133 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 14.2$	x: 0 m $\eta = 31.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.4$	x: 0 m $\eta = 44.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.6$
N8/N9	x: 1.111 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 24.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 18.5$	x: 0 m $\eta = 35.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.3$
N9/N10	x: 1.085 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 12.3$	x: 1.085 m $\eta = 25.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.181 m $\eta = 18.5$	x: 1.085 m $\eta = 35.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.0$
N10/N11	x: 1.072 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 11.6$	x: 1.072 m $\eta = 29.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 22.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.893 m $\eta = 18.6$	x: 1.072 m $\eta = 38.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 38.5$
N11/N12	x: 1.059 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 11.0$	x: 1.059 m $\eta = 33.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 18.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.177 m $\eta = 18.2$	x: 1.059 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.4$
N12/N13	x: 1.049 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.5$	x: 1.049 m $\eta = 39.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 14.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 16.5$	x: 1.049 m $\eta = 49.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.8$
N13/N14	x: 1.043 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.2$	x: 1.043 m $\eta = 43.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 1.043 m $\eta = 53.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.2$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 10.0$	x: 0.867 m $\eta = 44.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 13.2$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 11.6$	x: 0.867 m $\eta = 54.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.3$
<p><b>Notación:</b>  <math>N_{t,0,d}</math>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  <math>N_{c,0,d}</math>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  <math>M_{y,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje y  <math>M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje z  <math>V_{y,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje y  <math>V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje z  <math>M_{x,d}</math>: Resistencia a torsión  <math>M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión esviada  <math>N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  <math>N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  <math>M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante y torsor combinados  x: Distancia al origen de la barra  <math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)  N.P.: No procede</p>												
<p><b>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</b>  <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>												

### 2.1.3.2. Pórtico de fachada

Los elementos considerados en las comprobaciones son todas las barras utilizadas en cada una de las configuraciones del pórtico de fachada.

#### 2.1.3.2.1. Altura de cumbrera 7 m

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.3$	x: 0 m $\eta = 49.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.0$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.3$	x: 0 m $\eta = 49.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.3$
N4/N15	x: 1.057 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 78.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 74.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 84.0$	x: 0 m $\eta = 57.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.0$
N15/N16	x: 1.054 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 30.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.5$	x: 0 m $\eta = 32.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 41.0$
N16/N17	x: 1.051 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 23.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.051 m $\eta = 27.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 23.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.8$
N17/N18	x: 1.048 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 1.048 m $\eta = 45.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 59.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 50.9$	x: 1.048 m $\eta = 37.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.5$
N18/N19	x: 1.046 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 45.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 60.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.0$	x: 0 m $\eta = 38.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 60.6$
N19/N20	x: 1.044 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.044 m $\eta = 25.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 7.1$	x: 1.044 m $\eta = 21.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.4$
N20/N21	x: 1.042 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 25.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 32.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 21.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 32.0$
N21/N22	x: 1.041 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.041 m $\eta = 48.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 62.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 55.6$	x: 1.041 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 62.1$
N22/N23	x: 1.04 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 48.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 61.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 55.9$	x: 0 m $\eta = 34.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 61.0$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.04 m $\eta = 22.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.693 m $\eta = 8.9$	x: 1.04 m $\eta = 18.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.0$
N2/N6	x: 1.057 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 78.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 74.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 84.0$	x: 0 m $\eta = 57.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.0$
N6/N7	x: 1.054 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 30.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.5$	x: 0 m $\eta = 32.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 41.0$
N7/N8	x: 1.051 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 23.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.051 m $\eta = 27.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 23.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.8$
N8/N9	x: 1.048 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 1.048 m $\eta = 45.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 59.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 50.9$	x: 1.048 m $\eta = 37.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.5$
N9/N10	x: 1.046 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 45.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 60.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.0$	x: 0 m $\eta = 38.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 60.6$
N10/N11	x: 1.044 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.044 m $\eta = 25.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 7.1$	x: 1.044 m $\eta = 21.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.4$
N11/N12	x: 1.042 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 25.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 32.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 21.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 32.0$
N12/N13	x: 1.041 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.041 m $\eta = 48.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 62.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 55.6$	x: 1.041 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 62.1$
N13/N14	x: 1.04 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 48.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 61.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 55.9$	x: 0 m $\eta = 34.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 61.0$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 1.04 m $\eta = 22.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.693 m $\eta = 8.9$	x: 1.04 m $\eta = 18.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.0$
N24/N18	x: 6.64 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.81 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 3.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.3$
N25/N22	x: 6.96 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.655 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.2$
N26/N13	x: 6.96 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.655 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.2$
N27/N9	x: 6.64 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.81 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 3.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
<p>Notación:</p> <p><math>N_{t,0,d}</math>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  <math>N_{c,0,d}</math>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  <math>M_{y,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje y  <math>M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión en el eje z  <math>V_{y,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje y  <math>V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante en el eje z  <math>M_{x,d}</math>: Resistencia a torsión  <math>M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión esviada  <math>N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  <math>N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}</math>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  <math>M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}</math>: Resistencia a cortante y torsor combinados  <math>x</math>: Distancia al origen de la barra  <math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)            N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>												

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)											Estado			
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$		$M_t$	$M_yV_z$	$M_zV_y$
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 7.809$ $\eta = 1.9$	$x: 0$ $\eta = 2.4$	$x: 3.905$ $\eta = 20.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$x: 0$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 0.488$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 3.905$ $\eta = 21.9$	$x: 0.488$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 21.9$
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 7.273$ $\eta = 3.0$	$x: 0$ $\eta = 4.8$	$x: 3.636$ $\eta = 18.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$x: 0$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 0.455$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 3.636$ $\eta = 23.3$	$x: 0.455$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.3$
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 7.809$ $\eta = 1.9$	$x: 0$ $\eta = 2.4$	$x: 3.905$ $\eta = 20.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$x: 0$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 0.488$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 3.905$ $\eta = 21.9$	$x: 0.488$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 21.9$
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 7.273$ $\eta = 3.0$	$x: 0$ $\eta = 4.8$	$x: 3.636$ $\eta = 18.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$x: 0$ $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 0.455$ $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 3.636$ $\eta = 23.3$	$x: 0.455$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.3$
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez  <math>N_t</math>: Resistencia a tracción  <math>N_c</math>: Resistencia a compresión  <math>M_y</math>: Resistencia a flexión eje Y  <math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z  <math>V_z</math>: Resistencia a corte Z  <math>V_y</math>: Resistencia a corte Y  <math>M_yV_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  <math>M_zV_y</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  <math>NM_yM_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados  <math>NM_yM_zV_yV_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  <math>M_t</math>: Resistencia a torsión  <math>M_yV_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  <math>M_zV_y</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  <math>x</math>: Distancia al origen de la barra  <math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)            N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

### 2.1.3.2.2. Altura de cumbrera 7,5 m

#### 2.1.3.2.2.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 58.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.4$	x: 0 m $\eta = 49.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.1$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 58.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.6$	x: 0 m $\eta = 49.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.6$
N4/N15	x: 1.08 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 77.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 73.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 84.3$	x: 0 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.3$
N15/N16	x: 1.072 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 29.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 40.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.9$	x: 0 m $\eta = 32.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 40.5$
N16/N17	x: 1.063 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 23.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 27.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 22.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.0$
N17/N18	x: 1.059 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 1.059 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 58.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 50.8$	x: 1.059 m $\eta = 37.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.8$
N18/N19	x: 1.052 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 59.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.4$	x: 0 m $\eta = 39.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.3$
N19/N20	x: 1.048 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 1.048 m $\eta = 24.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 8.2$	x: 1.048 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.3$
N20/N21	x: 1.046 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 24.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 31.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.9$
N21/N22	x: 1.042 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 1.042 m $\eta = 46.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 59.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 54.2$	x: 1.042 m $\eta = 34.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.4$
N22/N23	x: 1.041 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 46.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.7$	x: 0 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.0$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 1.04 m $\eta = 21.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 9.5$	x: 1.04 m $\eta = 18.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.8$
N2/N6	x: 1.08 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 77.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 73.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 84.3$	x: 0 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.3$
N6/N7	x: 1.072 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 29.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 40.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 17.9$	x: 0 m $\eta = 32.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 40.5$
N7/N8	x: 1.063 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 23.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 27.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 22.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.0$
N8/N9	x: 1.059 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 1.059 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 58.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 50.8$	x: 1.059 m $\eta = 37.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.8$
N9/N10	x: 1.052 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 44.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 59.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.4$	x: 0 m $\eta = 39.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.3$
N10/N11	x: 1.048 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 1.048 m $\eta = 24.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 8.2$	x: 1.048 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.3$
N11/N12	x: 1.046 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 24.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 31.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.9$
N12/N13	x: 1.042 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 1.042 m $\eta = 46.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 59.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 54.2$	x: 1.042 m $\eta = 34.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.4$
N13/N14	x: 1.041 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 46.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.7$	x: 0 m $\eta = 34.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.0$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 1.04 m $\eta = 21.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 9.5$	x: 1.04 m $\eta = 18.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.8$
N24/N18	x: 6.97 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.099 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$
N25/N22	x: 7.44 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.58 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.6$
N26/N13	x: 7.44 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.58 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 3.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.6$
N27/N9	x: 6.97 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.099 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)												Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$		
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_v$	$M_z$	$V_z$	$V_v$	$M_vV_z$	$M_zV_v$	$NM_vM_z$	$NM_vM_zV_vV_z$	$M_t$	$M_vV_z$	$M_vV_v$	
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.092 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 4.046 m $\eta = 20.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.506 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.54 m $\eta = 22.9$	x: 0.506 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 22.9$
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 3.636 m $\eta = 18.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 23.6$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.6$
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.092 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 4.046 m $\eta = 20.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.506 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.54 m $\eta = 22.9$	x: 0.506 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 22.9$
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 3.636 m $\eta = 18.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 23.6$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.6$
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</p> <p><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</p> <p><math>M_v</math>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</p> <p><math>V_v</math>: Resistencia a corte Y</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p><math>M_zV_v</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p><math>NM_vM_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p><math>NM_vM_zV_vV_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p><math>M_t</math>: Resistencia a torsión</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p><math>M_vV_v</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

### 2.1.3.2.3. Altura de cumbrera 8 m

#### 2.1.3.2.3.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 49.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 47.0$	x: 0 m $\eta = 42.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.7$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 49.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.2$	x: 0 m $\eta = 42.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.2$
N4/N15	x: 1.111 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 74.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 72.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 81.4$	x: 0 m $\eta = 54.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.4$
N15/N16	x: 1.097 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0.366 m $\eta = 25.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.2$	x: 0 m $\eta = 27.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.4$
N16/N17	x: 1.082 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0.18 m $\eta = 21.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.082 m $\eta = 27.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 22.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.9$
N17/N18	x: 1.074 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 1.074 m $\eta = 44.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 58.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 51.9$	x: 1.074 m $\eta = 36.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.9$
N18/N19	x: 1.059 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 44.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.0$	x: 0 m $\eta = 39.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.9$
N19/N20	x: 1.055 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0.88 m $\eta = 22.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.055 m $\eta = 8.2$	x: 1.055 m $\eta = 21.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.0$
N20/N21	x: 1.049 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 22.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 30.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 21.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.7$
N21/N22	x: 1.044 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 1.044 m $\eta = 43.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 56.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 52.6$	x: 1.044 m $\eta = 33.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.3$
N22/N23	x: 1.042 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 43.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 55.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.1$	x: 0 m $\eta = 34.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.8$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0.867 m $\eta = 19.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 10.2$	x: 1.04 m $\eta = 18.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.3$
N2/N6	x: 1.111 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 74.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 72.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 81.4$	x: 0 m $\eta = 54.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.4$
N6/N7	x: 1.097 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0.366 m $\eta = 25.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.2$	x: 0 m $\eta = 27.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.4$
N7/N8	x: 1.082 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0.18 m $\eta = 21.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.082 m $\eta = 27.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 22.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.9$
N8/N9	x: 1.074 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 1.074 m $\eta = 44.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 58.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 51.9$	x: 1.074 m $\eta = 36.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.9$
N9/N10	x: 1.059 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 44.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.0$	x: 0 m $\eta = 39.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.9$
N10/N11	x: 1.055 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0.88 m $\eta = 22.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.055 m $\eta = 8.2$	x: 1.055 m $\eta = 21.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.0$
N11/N12	x: 1.049 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 22.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 30.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 21.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.7$
N12/N13	x: 1.044 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 1.044 m $\eta = 43.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 56.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 52.6$	x: 1.044 m $\eta = 33.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.3$
N13/N14	x: 1.042 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 43.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 55.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.1$	x: 0 m $\eta = 34.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.8$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 0.867 m $\eta = 19.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 10.2$	x: 1.04 m $\eta = 18.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.3$
N24/N18	x: 7.31 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.396 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 3.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.8$
N25/N22	x: 7.92 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 4.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.445 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 4.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.1$
N26/N13	x: 7.92 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 4.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 5.445 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 4.1$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.1$
N27/N9	x: 7.31 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 3.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.396 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 3.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.8$

Notación:

$N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 $M_{v,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y  
 $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z  
 $V_{v,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y  
 $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z  
 $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión  
 $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada  
 $N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 $N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 $M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)												Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$		
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_v$	$M_z$	$V_z$	$V_v$	$M_vV_z$	$M_zV_v$	$NM_vM_z$	$NM_vM_zV_vV_z$	$M_t$	$M_vV_z$	$M_vV_v$	
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 3.636 m $\eta = 18.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 23.5$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.5$
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.386 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 4.193 m $\eta = 21.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.524 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.193 m $\eta = 24.0$	x: 0.524 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.0$
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.386 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 4.193 m $\eta = 21.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.524 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.193 m $\eta = 24.0$	x: 0.524 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.0$
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 3.636 m $\eta = 18.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 23.5$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.5$
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</p> <p><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</p> <p><math>M_v</math>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</p> <p><math>V_v</math>: Resistencia a corte Y</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p><math>M_zV_v</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p><math>NM_vM_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p><math>NM_vM_zV_vV_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p><math>M_t</math>: Resistencia a torsión</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p><math>M_vV_v</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

### 2.1.3.2.4. Altura de cumbrera 8,5 m

#### 2.1.3.2.4.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 49.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 47.2$	x: 0 m $\eta = 42.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.7$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 49.7$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.5$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.5$	x: 0 m $\eta = 42.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.5$
N4/N15	x: 1.154 m $\eta = 7.8$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0 m $\eta = 74.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 70.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 81.7$	x: 0 m $\eta = 55.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.7$
N15/N16	x: 1.125 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0.375 m $\eta = 24.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.8$	x: 0 m $\eta = 26.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.8$
N16/N17	x: 1.107 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0.185 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.107 m $\eta = 28.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 22.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.3$
N17/N18	x: 1.088 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 1.088 m $\eta = 42.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 56.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 50.4$	x: 1.088 m $\eta = 36.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.4$
N18/N19	x: 1.074 m $\eta = 10.2$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0 m $\eta = 42.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.7$	x: 0 m $\eta = 39.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.9$
N19/N20	x: 1.063 m $\eta = 10.1$	x: 0 m $\eta = 4.0$	x: 0.886 m $\eta = 20.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 8.6$	x: 1.063 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.0$
N20/N21	x: 1.054 m $\eta = 10.2$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0.176 m $\eta = 20.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.054 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.0$
N21/N22	x: 1.047 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 1.047 m $\eta = 40.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.047 m $\eta = 54.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.047 m $\eta = 51.1$	x: 1.047 m $\eta = 33.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.0$
N22/N23	x: 1.042 m $\eta = 10.9$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 40.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 51.7$	x: 0 m $\eta = 33.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.3$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 10.8$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0.867 m $\eta = 19.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 28.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 10.9$	x: 1.04 m $\eta = 18.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.9$
N2/N6	x: 1.154 m $\eta = 7.8$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0 m $\eta = 74.0$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 70.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 81.7$	x: 0 m $\eta = 55.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.7$
N6/N7	x: 1.125 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0.375 m $\eta = 24.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 15.8$	x: 0 m $\eta = 26.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.8$
N7/N8	x: 1.107 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0.185 m $\eta = 21.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.107 m $\eta = 28.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 22.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.3$
N8/N9	x: 1.088 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 1.088 m $\eta = 42.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 56.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 50.4$	x: 1.088 m $\eta = 36.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.4$
N9/N10	x: 1.074 m $\eta = 10.2$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0 m $\eta = 42.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.7$	x: 0 m $\eta = 39.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.9$
N10/N11	x: 1.063 m $\eta = 10.1$	x: 0 m $\eta = 4.0$	x: 0.886 m $\eta = 20.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 8.6$	x: 1.063 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.0$
N11/N12	x: 1.054 m $\eta = 10.2$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0.176 m $\eta = 20.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.054 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 29.0$
N12/N13	x: 1.047 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 1.047 m $\eta = 40.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.047 m $\eta = 54.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.047 m $\eta = 51.1$	x: 1.047 m $\eta = 33.2$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.0$
N13/N14	x: 1.042 m $\eta = 10.9$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 40.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.3$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 51.7$	x: 0 m $\eta = 33.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.3$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 10.8$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0.867 m $\eta = 19.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 28.9$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 10.9$	x: 1.04 m $\eta = 18.9$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.9$
N24/N18	x: 7.63 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.676 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.3$
N25/N22	x: 8.41 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.833 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$
N26/N13	x: 8.41 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.833 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$
N27/N9	x: 7.63 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.676 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.3$

Notación:

$N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y  
 $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z  
 $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y  
 $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z  
 $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión  
 $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada  
 $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)												Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$		
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_v$	$M_z$	$V_z$	$V_v$	$M_vV_z$	$M_zV_v$	$NM_vM_z$	$NM_vM_zV_vV_z$	$M_t$	$M_vV_z$	$M_vV_v$	
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 3.636 m $\eta = 18.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 23.8$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.8$
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.667 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 4.333 m $\eta = 21.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.542 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.333 m $\eta = 24.9$	x: 0.542 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.9$
N30/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.667 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 4.333 m $\eta = 21.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.542 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.333 m $\eta = 24.9$	x: 0.542 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.9$
N31/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 3.636 m $\eta = 18.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 23.8$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.8$
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</p> <p><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</p> <p><math>M_v</math>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</p> <p><math>V_v</math>: Resistencia a corte Y</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p><math>M_zV_v</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p><math>NM_vM_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p><math>NM_vM_zV_vV_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p><math>M_t</math>: Resistencia a torsión</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p><math>M_vV_v</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

### 2.1.3.2.5. Altura de cumbrera 9 m

#### 2.1.3.2.5.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 6 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 58.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 54.9$	x: 0 m $\eta = 49.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.2$
N3/N4	x: 6 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 58.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 42.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 59.1$	x: 0 m $\eta = 49.3$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.1$
N4/N15	x: 1.206 m $\eta = 8.4$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 77.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 70.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 85.9$	x: 0 m $\eta = 59.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 85.9$
N15/N16	x: 1.167 m $\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 27.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 18.1$	x: 0 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.8$
N16/N17	x: 1.133 m $\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 21.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.133 m $\eta = 26.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 23.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.7$
N17/N18	x: 1.111 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 1.111 m $\eta = 41.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 55.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 49.8$	x: 1.111 m $\eta = 37.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.0$
N18/N19	x: 1.085 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 41.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.3$	x: 0 m $\eta = 39.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.7$
N19/N20	x: 1.072 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 0.893 m $\eta = 19.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 28.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.072 m $\eta = 9.2$	x: 0.893 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.0$
N20/N21	x: 1.059 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0.177 m $\eta = 19.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 28.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.4$
N21/N22	x: 1.049 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 1.049 m $\eta = 38.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 51.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 49.3$	x: 1.049 m $\eta = 32.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.4$
N22/N23	x: 1.043 m $\eta = 11.7$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 38.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.0$	x: 0 m $\eta = 33.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.7$
N23/N5	x: 1.04 m $\eta = 11.7$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0.867 m $\eta = 16.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 11.7$	x: 1.04 m $\eta = 18.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.0$
N2/N6	x: 1.206 m $\eta = 8.4$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 77.6$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 70.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 85.9$	x: 0 m $\eta = 59.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 85.9$
N6/N7	x: 1.167 m $\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 27.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 18.1$	x: 0 m $\eta = 29.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.8$
N7/N8	x: 1.133 m $\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 21.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.133 m $\eta = 26.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 23.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.7$
N8/N9	x: 1.111 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 1.111 m $\eta = 41.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 55.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 49.8$	x: 1.111 m $\eta = 37.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.0$
N9/N10	x: 1.085 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 41.3$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 53.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.3$	x: 0 m $\eta = 39.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.7$
N10/N11	x: 1.072 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 4.3$	x: 0.893 m $\eta = 19.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 28.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.072 m $\eta = 9.2$	x: 0.893 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.0$
N11/N12	x: 1.059 m $\eta = 11.0$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0.177 m $\eta = 19.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 28.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 20.7$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.4$
N12/N13	x: 1.049 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 1.049 m $\eta = 38.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 51.4$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 49.3$	x: 1.049 m $\eta = 32.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.4$
N13/N14	x: 1.043 m $\eta = 11.7$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 38.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 50.0$	x: 0 m $\eta = 33.0$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.7$
N14/N5	x: 1.04 m $\eta = 11.7$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0.867 m $\eta = 16.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.347 m $\eta = 11.7$	x: 1.04 m $\eta = 18.5$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.0$
N24/N18	x: 7.98 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.983 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.6$
N25/N22	x: 8.89 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.668 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.8$
N26/N13	x: 8.89 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.668 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.8$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.8$
N27/N9	x: 7.98 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.983 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.6$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.6$

Notación:

$N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y  
 $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z  
 $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y  
 $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z  
 $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión  
 $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada  
 $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)												Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$		
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.</p>													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_v$	$M_z$	$V_z$	$V_v$	$M_vV_z$	$M_zV_v$	$NM_vM_z$	$NM_vM_zV_vV_z$	$M_t$	$M_vV_z$	$M_vV_v$	
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.976 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 4.488 m $\eta = 22.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.561 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.488 m $\eta = 25.8$	x: 0.561 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.8$
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 3.636 m $\eta = 18.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 24.4$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.4$
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.976 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 4.488 m $\eta = 22.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.561 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.488 m $\eta = 25.8$	x: 0.561 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.8$
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.273 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 3.636 m $\eta = 18.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.636 m $\eta = 24.4$	x: 0.455 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.4$
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</p> <p><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</p> <p><math>M_v</math>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</p> <p><math>V_v</math>: Resistencia a corte Y</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p><math>M_zV_v</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p><math>NM_vM_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p><math>NM_vM_zV_vV_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p><math>M_t</math>: Resistencia a torsión</p> <p><math>M_vV_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p><math>M_vV_v</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

### 2.1.3.3. Cubierta completa

Para las 5 configuraciones de cubierta se plantea que la estructura completa está formada por 2 pórticos de fachada y 5 pórticos interiores, siendo las comprobaciones para cada uno de los tipos de pórticos citados, las mismas que las realizadas para el pórtico interior central y para el pórtico de fachada de cada configuración.

Se realiza únicamente el dimensionado y comprobación del sistema de arriostramiento de cada configuración, mostrándose a continuación el procesamiento de dimensionado de la VCV, las cruces de San Andrés y las vigas perimetrales.

#### 2.1.3.3.1. Sistema contraviento y sistema de arriostramiento

##### 2.1.3.3.1.1. Altura de cumbrera 7m

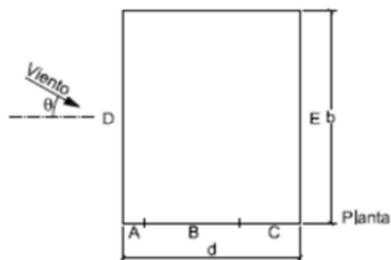
#### Dimensionamiento VCV

Carga lineal de viento frontal sobre el pórtico de fachada.

$$V_{\text{frontal fachada}} = q_b \cdot C_e \cdot C_{p,D}$$

$$C_{p,D} \left( \frac{h}{d}, \text{zona} \right)$$

De la tabla D.3 Paramentos verticales, se obtiene el



**Tabla D.3 Paramentos verticales**

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

$$\frac{h}{d} = \frac{7}{33} = 0,212 \quad \text{y zona D}$$

$$C_{p,D} = 0,7$$

•  $q_b$



La zona donde queda situada la construcción es: Zona A  
 $q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$

•  $C_e(g, z)$

Grado de aspereza: IV y  $z = 7\text{m}$

$$C_e(g, z) = k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z(g))}{L(g)}\right) \cdot \left[ k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z(g))}{L(g)}\right) + 7 \cdot k(g) \right]$$

De la tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno se obtienen los diferentes parámetros

$$k(g) = 0,22 \quad Z(g) = 5\text{m} \quad L(g) = 0,3\text{m}$$

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

$$C_e(g, z) = 1,5475$$

$$V_{\text{frontal fachada}} = q_b \cdot C_e \cdot C_{p,D} = 0,455 \text{ kN/m}^2$$

Se calcula la carga lineal que existe sobre cada uno de los pilares

$$Q_{vf\_pil\_extremos} = V_{\text{frontal fachada}} \cdot \frac{s}{2} = 0,455 \cdot \frac{4,16}{2} = 0,9464 \text{ kN/m}$$

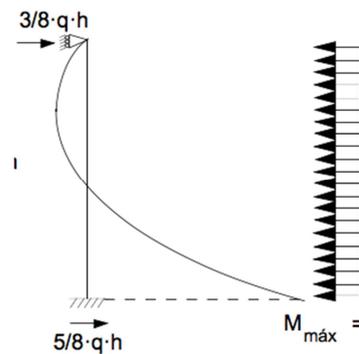
$$Q_{vf\_pil\_centrales} = V_{\text{frontal fachada}} \cdot s = 0,455 \cdot 4,16 = 1,8928 \text{ kN/m}$$

Se obtienen las cargas puntuales de cada cabeza de pilar

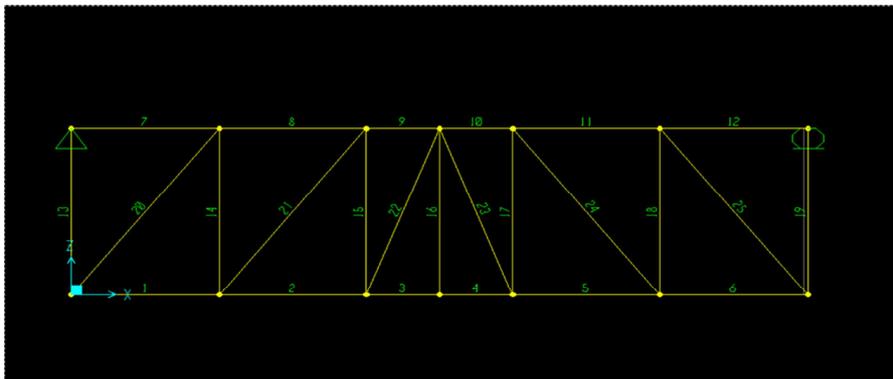
$$P_{1,6} = \frac{3}{8} \cdot 0,9464 \cdot 6 = 2,1294 \text{ kN}$$

$$P_{2,5} = \frac{3}{8} \cdot 1,8928 \cdot 6,64 = 4,7130 \text{ kN}$$

$$P_{3,4} = \frac{3}{8} \cdot 1,8928 \cdot 6,96 = 4,9402 \text{ kN}$$



Se hallan los esfuerzos de la viga contraviento con la ayuda del software SAP2000, obteniendo:



Axil de los montantes (Compresión)

$$N_{13} = N_{19} = 11,783 \text{ kN} \quad N_{14} = N_{18} = 9,653 \text{ kN} \quad N_{15} = N_{17} = 4,94 \text{ kN} \quad N_{13} = 0 \text{ kN}$$

Axil de las diagonales (Tracción)

$$N_{20} = N_{25} = 12,157 \text{ kN} \quad N_{21} = N_{24} = 6,2 \text{ kN} \quad N_{22} = N_{23} = 0 \text{ kN}$$

- *Diagonales*

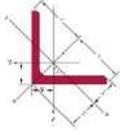
- Condición de esbeltez reducida máxima

La diagonal de la VCV es un elemento principal trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 3$

Las diagonales son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ) y se colocan por duplicado.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\alpha) &= \frac{h_p}{r} = \frac{5,5}{4,21}; \quad \alpha = 52,57^\circ \\ l_d &= \frac{h_p}{\cos(\alpha)} = \frac{4210}{\cos(52,57)} = 6930 \text{ mm} \quad l_k = \beta \cdot \frac{l_d}{2} = 3465 \text{ mm} \\ \frac{l_k}{i} &= \bar{\lambda} \leq 3 \rightarrow i \geq \frac{3465}{3 \cdot 86,815} = 13,304 \text{ mm} \end{aligned}$$

El perfil en L con menor peso que cumple es:

L 75x6		
 <p>G=6,85 kg/m</p>	A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
	I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=28,9 mm
	W <sub>el,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm

- ELS Deformación

Al ser la longitud de la barra mayor a 6 metros, se realiza la comprobación ELS deformación bajo el criterio de apariencia siendo la única carga a considerar el peso propio.

Para un elemento biapoyado la flecha máxima es:

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,0672 \cdot 6930^4}{210000 \cdot 45,83 \cdot 10^4} = 20,97 \text{ mm} \\ f_r &= \frac{f - f_0}{2 \cdot \frac{l_d}{2}} = \frac{20,97 - 0}{6930} = 3,02 \cdot 10^{-3} \leq \frac{1}{300} \end{aligned}$$

---

- ELU Resistencia

Comprobación de resistencia:

$$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Para el cálculo de  $N_{E,d}$  se toma el axil de la diagonal más solicitada, ya que todas las diagonales tendrán el mismo perfil.

Axil de cálculo:

$$N_{E,d} = 1,5 \cdot N_{20} = 1,5 \cdot 12,157 = 18,24 \text{ kN}$$

Al tener las diagonales una longitud considerable, se combina el axil con el momento debido al peso propio.

$$M_{E,d} = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot g \cdot l_d^2 = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot 0,0672 \cdot 6,930^2 = 0,545 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La comprobación queda:

$$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow \frac{18,24 \cdot 10^3}{873 \cdot 261,9} + \frac{0,545 \cdot 10^6}{8,41 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,327 \leq 1$$

El perfil L 75x6 cumple a ELU Resistencia. Siendo este perfil el escogido para las diagonales de la VCV, tras verificar todas las comprobaciones.

- Montantes de madera

- Condición de esbeltez reducida máxima

Los montantes de la VCV son elementos principales trabajando a compresión:  $\bar{\lambda} \leq 2$

Las montantes son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ).

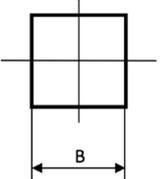
$$l_k = \beta \cdot l_d = 1 \cdot 5500 = 5500 \text{ mm}$$

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_{m,k}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 11,6 \cdot 10^3}{24}} = 69,067$$

$$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2 \rightarrow i \geq \frac{5500}{2 \cdot 69,067} = 39,82 \text{ mm}$$

$$i_g = \frac{l}{\sqrt{12}} \rightarrow l = 39,82 \cdot \sqrt{12} = 137,94 \text{ mm}$$

El perfil tubular cuadrado con menor peso que cumple es:

<b>140 x 140</b>		
 G=7,448 kg/m	A=19600 mm <sup>2</sup>	W <sub>el,y</sub> = W <sub>el,z</sub> = 457,34·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
	I=3201,33·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=40,415 mm

$$\bar{\lambda} = \frac{5500}{40,415 \cdot 69,067} = 1,97$$

- ELS Deformación

Al ser la longitud de los montantes inferior a 6 metros, no procede realizar la comprobación de ELS Deformación.

- ELU Flexión y compresión axial combinadas

Comprobación:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Para el cálculo de  $N_{E,d}$  se toma el axil del montante más solicitado, ya que todos los montantes tendrán el mismo perfil.

Axil de cálculo:

$$N_{E,d} = N_{13} = 11,783 \text{ kN}$$

Al tener los montantes una longitud considerable, se combina el axil con el momento debido al peso propio.

$$M_{E,d,y} = \frac{1}{8} \cdot g \cdot l_d^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,073 \cdot 5,5^2 = 0,373 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La comprobación queda:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{E,d}}{A} = 0,6012 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{E,d,y}}{W_{e,l,y}} = 0,816 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_{E,d,z}}{W_{e,l,z}} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 17,28 \text{ N/mm}^2 \quad f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 17,28 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (madera laminada encolada)} \quad \gamma_m = 1,25 \text{ (madera laminada encolada)}$$

$$f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2 \quad f_{c,0,k} = 24 \text{ N/mm}^2 \quad k_m = 0,7 \text{ (sección rectangular)}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \rightarrow 0,00121 + 0,0472 + 0 = 0,04841 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \rightarrow 0,00121 + 0,030 + 0 = 0,03121 \leq 1$$

El perfil de madera 140 x 140 cumple a ELU Flexión y compresión axial combinadas. Siendo este perfil el escogido para los montantes de la VCV, tras verificar todas las comprobaciones.

## Dimensionamiento CSA

- *CSA Lateral*

- Condición de esbeltez reducida máxima.

La diagonal de la CSA es un elemento principal trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 3$

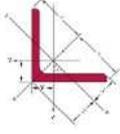
Las diagonales son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ) y se colocan por duplicado.

$$tg(\alpha) = \frac{h_p}{r} = \frac{6}{5,5}; \quad \alpha = 47,48^\circ$$

$$l_d = \frac{h_p}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{6000}{\text{sen}(47,48)} = 8140,65 \text{ mm} \quad l_k = \beta \cdot \frac{l_d}{2} = 4070,325 \text{ mm}$$

$$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3 \rightarrow i \geq \frac{4070,325}{3 \cdot 86,815} = 15,62 \text{ mm}$$

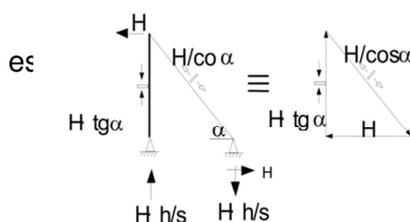
El perfil en L con menor peso que cumple es:

<b>L 80x5</b>		
 <p>G=6,17 kg/m</p>	A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm
	I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	I <sub>u</sub> =30,9 mm
	W <sub>el,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm

- ELS Deformación

La diagonal del arriostramiento al no colocarse en horizontal se puede considerar que el peso propio del perfil no genera flechas significativas. Por lo tanto, no es necesario realizar la comprobación del ELS de deformación, criterio apariencia.

- ELU Resistencia



El axil del montante de la CSA (montante VCV)

$$N = 11,783 \text{ kN (COMPRESIÓN)}$$

Por tanto axil de la diagonal de la CSA es:

$$N_{diag} = \frac{N}{\text{cos}(47,48)} = 17,4344 \text{ kN}$$

Comprobación de resistencia:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow \frac{1,5 \cdot N_{diag}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow 0,127 \leq 1$$

El perfil L 80x5 cumple a ELU Resistencia. Siendo este perfil el escogido para la diagonal de la CSA lateral, tras verificar todas las comprobaciones.

- *CSA Pórtico de fachada*

- Condición de esbeltez reducida máxima.

La diagonal de la CSA es un elemento principal trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 3$

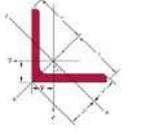
Las diagonales son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ) y se colocan por duplicado.

$$tg(\alpha) = \frac{h_{p\_max}}{r} = \frac{6,64}{4,16}; \quad \alpha = 57,93^\circ$$

$$l_d = \frac{h_{p\_max}}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{6640}{\text{sen}(57,93)} = 7835,73 \text{ mm} \quad l_k = \beta \cdot \frac{l_d}{2} = 3917,86 \text{ mm}$$

$$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3 \rightarrow i \geq \frac{3917,86}{3 \cdot 86,815} = 15,04 \text{ mm}$$

El perfil en L con menor peso que cumple es:

L 80x5		
 <p>G=6,17 kg/m</p>	A=786 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =15,7 mm
	i <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =30,9 mm
	W <sub>el,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =24,5 mm

El perfil L 80x5 cumple la condición de esbeltez reducida máxima, que es la única comprobación a realizar. Siendo este perfil, el escogido para la diagonal de la CSA del pórtico de fachada.

### Dimensionamiento Viga perimetral

- ELS Deformación

Flecha límite:

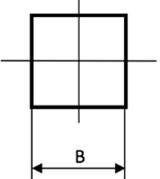
$$f = \frac{L}{300} = \frac{5500\text{mm}}{300} = 18,33 \text{ mm}$$

Flecha inicial:

$$f_i = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\rho_{g,k} = 3,724 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3 \quad E_m = 11,6 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$$

Tomando una sección cuadrada de madera laminada encolada de 70 x 70.

70 x 70		
 <p>G=0,01825 N/mm</p>	A=4900 mm <sup>2</sup>	i=20,21 mm
	I=200,0834 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	

$$f_i = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l^4}{E \cdot I_y} = 9,37 \text{ mm}$$

Flecha final:

$$f_f = f_i \cdot (1 + k_{def}) = 9,37 \cdot (1 + 0,8) = 16,866 \text{ mm}$$

$$k_{def} = 0,8 \text{ (Madera laminada y clase de servicio 2)}$$

Cumple la sección cuadrada 70 x 70 de madera laminada:

$$16,866 \text{ mm} = f_f \leq f = 18,33 \text{ mm}$$

- ELU Flexión simple

---

El elemento, cuya función es proporcionar apoyo lateral a un elemento comprimido, se dimensiona para resistir 1,5% del esfuerzo de compresión máximo que solicite el elemento a estabilizar.

$$N_{E,d\_pilar} = 56,628 \text{ kN}$$

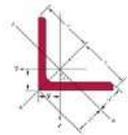
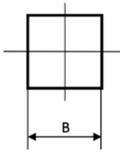
$$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow 1 \geq \frac{0,015 \cdot N_{E,d\_pilar}}{A \cdot f_{m,d}} = \frac{0,015 \cdot 56628}{A \cdot 17,28} \rightarrow A = \frac{0,015 \cdot 56628}{17,28} = 49,16 \text{ mm}^2$$

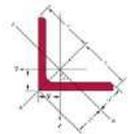
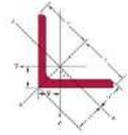
- Condición de esbeltez reducida máxima.

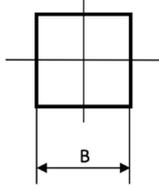
La viga perimetral es un elemento de arriostamiento trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 4$

$$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \rightarrow i_{min} \geq \frac{s}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{5500}{4 \cdot 69,067} = 19,91 \text{ mm}$$

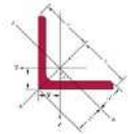
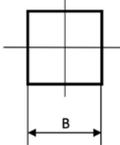
El perfil de sección 70 x 70 de madera laminada encolada, cumple todas las comprobaciones realizadas.

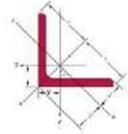
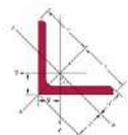
Altura de cumbrera 7 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 75x6		
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos		
			A=873 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =14,7 mm	
	I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		i <sub>u</sub> =28,9 mm		
		W <sub>el,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =22,9 mm		
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Flexión y compresión axial combinados</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$L \leq 6m$ No se requiere comprobación	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	140x140		
		 G=7,448 kg/m	Datos Geométricos		
			A=19600 mm <sup>2</sup>	W <sub>el,y</sub> = W <sub>el,z</sub> = 457,34·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	
I=3201,33·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=40,415 mm				

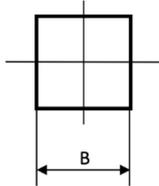
Altura de cumbreira 7 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	Condición de esbeltez reducida máxima	ELS Deformación	ELU Resistencia	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =15,7 mm	
			i <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =30,9 mm	
		We <sub>l,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =24,5 mm		
	CSA Fachada	Condición de esbeltez reducida máxima			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =15,7 mm	
i <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			i <sub>u</sub> =30,9 mm		
	We <sub>l,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =24,5 mm			

Altura de cumbrera 7 m			
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado		
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Flexión simple</i>
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Perfil	70x70	
	 <p>G=0,01825 N/mm</p>	Datos Geométricos	
		A=4900 mm <sup>2</sup>	i=20,21 mm
I=200,0834 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			

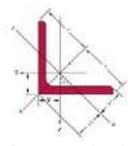
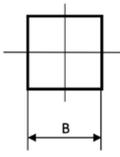
2.1.3.3.1.2 Altura de cumbrera 7,5 m

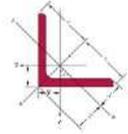
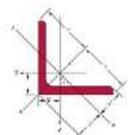
Altura de cumbrera 7,5 m				
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado		
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 75x6	
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos	
			A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
			I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	I <sub>u</sub> =28,9 mm
		W <sub>el,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =22,9 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Flexión y compresión axial combinados</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$L \leq 6m$ No se requiere comprobación	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	140x140	
		 G=7,448 kg/m	Datos Geométricos	
			A=19600 mm <sup>2</sup>	W <sub>el,y</sub> = W <sub>el,z</sub> = 457,34·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
I=3201,33·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=40,415 mm			

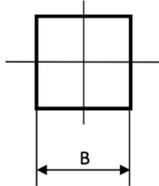
Altura de cumbrera 7,5 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Resistencia</i>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
			Iy=47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	Iu=30,9 mm	
	Wel,y=8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		Iy=24,5 mm		
	CSA Fachada	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
Iy=47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			Iu=30,9 mm		
Wel,y=8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	Iy=24,5 mm				

Altura de cumbrera 7,5 m			
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado		
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Flexión simple</i>
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Perfil	70x70	
	 <p>G=0,01825 N/mm</p>	Datos Geométricos	
		A=4900 mm <sup>2</sup>	i=20,21 mm
I=200,0834 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			

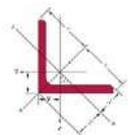
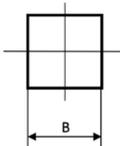
2.1.3.3.1.3. Altura de cumbrera 8 m

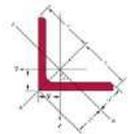
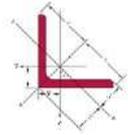
Altura de cumbrera 8 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 75x6		
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos		
			A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm	
	I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		iu=28,9 mm		
		W <sub>el,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm		
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Flexión y compresión axial combinados</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$L \leq 6m$ No se requiere comprobación	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	140x140		
		 G=7,448 kg/m	Datos Geométricos		
			A=19600 mm <sup>2</sup>	W <sub>el,y</sub> = W <sub>el,z</sub> = 457,34·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	
I=3201,33·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=40,415 mm				

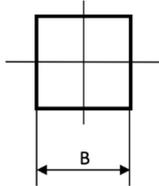
Altura de cumbrera 8 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Resistencia</i>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
	Iy=47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		Iu=30,9 mm		
	Wel,y=8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		Iy=24,5 mm		
	CSA Fachada	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 90x5		
		 G=6,97 kg/m	Datos Geométricos		
			A=888 mm <sup>2</sup>	iv=17,8 mm	
	Iy=67,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		Iu=34,8 mm		
Wel,y=10,18·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	Iy=27,6 mm				

Altura de cumbrera 8 m			
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado		
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Flexión simple</i>
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Perfil	70x70	
	 <p>G=0,01825 N/mm</p>	Datos Geométricos	
		A=4900 mm <sup>2</sup>	i=20,21 mm
I=200,0834 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			

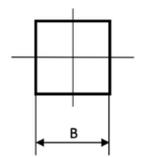
2.1.3.3.1.4. Altura de cumbrera 8,5 m

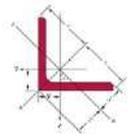
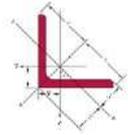
Altura de cumbrera 8,5 m				
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado		
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 75x6	
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos	
			A=873 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =14,7 mm
	i <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		i <sub>u</sub> =28,9 mm	
		W <sub>el,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =22,9 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Flexión y compresión axial combinados</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$L \leq 6m$ No se requiere comprobación	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	140x140	
 G=7,448 kg/m		Datos Geométricos		
		A=19600 mm <sup>2</sup>	W <sub>el,y</sub> = W <sub>el,z</sub> = 457,34·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	
	I=3201,33·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=40,415 mm		

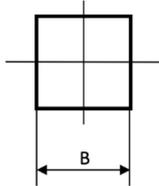
Altura de cumbrera 8,5 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	Condición de esbeltez reducida máxima	ELS Deformación	ELU Resistencia	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =15,7 mm	
			i <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =30,9 mm	
		W <sub>el,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =24,5 mm		
	CSA Fachada	Condición de esbeltez reducida máxima			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 90x5		
		 G=6,97 kg/m	Datos Geométricos		
			A=888 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =17,8 mm	
i <sub>y</sub> =67,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =34,8 mm				
	W <sub>el,y</sub> =10,18·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =27,6 mm			

Altura de cumbrera 8,5 m			
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado		
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Flexión simple</i>
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Perfil	70x70	
	 <p>G=0,01825 N/mm</p>	Datos Geométricos	
		A=4900 mm <sup>2</sup>	i=20,21 mm
I=200,0834 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			

2.1.3.3.1.5. Altura de cumbrera 9 m

Altura de cumbrera 9 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 80x6	
		 G=7,34 kg/m	Datos Geométricos	
			A=935 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm
			I <sub>y</sub> =55,82·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,8 mm
	W <sub>el,y</sub> =9,57·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		iy=24,4 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Flexión y compresión axial combinados</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$L \leq 6m$ No se requiere comprobación	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	140x140	
		 G=7,448 kg/m	Datos Geométricos	
			A=19600 mm <sup>2</sup>	W <sub>el,y</sub> = W <sub>el,z</sub> = 457,34·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
I=3201,33·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			i=40,415 mm	

Altura de cumbrera 9 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	Condición de esbeltez reducida máxima	ELS Deformación	ELU Resistencia	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =15,7 mm	
			i <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =30,9 mm	
		W <sub>e1,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =24,5 mm		
	CSA Fachada	Condición de esbeltez reducida máxima			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 90x5		
		 G=6,97 kg/m	Datos Geométricos		
			A=888 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =17,8 mm	
i <sub>y</sub> =67,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =34,8 mm				
	W <sub>e1,y</sub> =10,18·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =27,6 mm			

Altura de cumbrera 9 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Flexión simple</i>	
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$	
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
	Perfil	70x70		
	 <p>G=0,01825 N/mm</p>	Datos Geométricos		
		A=4900 mm <sup>2</sup>	i=20,21 mm	
I=200,0834 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>				

## 2.1.4. Mediciones

### 2.1.4.1. Pórtico interior central

#### 2.1.4.1.1. Altura de cumbrera 7 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Madera	GL24h	Laminada b200	GL-560x200	12.000			1.344			618.24		
					12.000		1.344		618.24			
		Laminada b180	GL-620x180	20.927			2.335			1074.32		
					20.927			2.335		1074.32		
					32.927			3.679			1692.56	

#### 2.1.4.1.2. Altura de cumbrera 7,5 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Madera	GL24h	Laminada b200	GL-560x200	12.000			1.344			618.24		
					12.000		1.344		618.24			
		Laminada b180	GL-600x180	21.087			2.277			1047.60		
					21.087			2.277		1047.60		
					33.087			3.621			1665.84	

### 2.1.4.1.3. Altura de cumbrera 8 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Madera	GL24h	Laminada b200	GL-540x200	6.000	6.000	33.308	0.648	0.648	3.554	298.08	298.08	1634.88
			GL-560x180	6.000			0.605			278.21		
		Laminada b180	GL-600x180	21.308	2.301		1058.59					
				27.308	2.906		1336.80					

### 2.1.4.1.4. Altura de cumbrera 8,5 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Madera	GL24h	Laminada b200	GL-520x200	12.000	12.000	33.591	1.248	1.248	3.502	574.08	574.08	1610.96
			GL-580x180	21.591			2.254			1036.88		
		Laminada b180		21.591	2.254		1036.88					

### 2.1.4.1.5. Altura de cumbrera 9 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Madera	GL24h	Laminada b200	GL-520x200	12.000			1.248			574.08		
					12.000			1.248		574.08		
		Laminada b180	GL-580x180	21.932			2.290			1053.26		
				21.932			2.290			1053.26		
					33.932			3.538			1627.34	

### 2.1.4.2. Pórtico de fachada

#### 2.1.4.2.1. Altura de cumbrera 7 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	L	L 80 x 80 x 5	30.164			0.024			186.11		
					30.164			0.024		186.11		
						30.164			0.024		186.11	
Madera	GL24h	Laminada b180	GL-220x180	12.000			0.475			218.59		
				12.000			0.475		218.59			
		Laminada b60	GL-240x60	20.927			0.301			138.62		
				20.927			0.301			138.62		
	Laminada b200	GL-240x200	27.200			1.306			600.58			
			27.200			1.306			600.58			
						60.127			2.082			957.79

### 2.1.4.2.2. Altura de cumbrera 7,5 m

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275	L	L 80 x 80 x 5	30.728	30.728	30.728	0.024	0.024	0.024	189.60	189.60	189.60	
Madera	GL24h	Laminada b180	GL-220x180	12.000	12.000	21.087	0.475	0.304	0.304	218.59	139.68	139.68	
			GL-240x60	21.087			0.475			218.59			
			Laminada b60	21.087			0.304			139.68			
			GL-240x200	28.820			1.383			636.35			
		Laminada b200		28.820		1.383		636.35					
					61.907		2.162				994.62		

### 2.1.4.2.3. Altura de cumbrera 8 m

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275	L	L 90 x 90 x 5	31.318	31.318	31.318	0.028	0.028	0.028	218.31	218.31	218.31	
Madera	GL24h	Laminada b180	GL-240x180	12.000	12.000	21.309	0.518	0.307	0.307	238.46	141.15	141.15	
			GL-240x60	21.309			0.518			238.46			
			Laminada b60	21.309			0.307			141.15			
			GL-240x200	30.460			1.462			672.56			
		Laminada b200		30.460		1.462		672.56					
					63.769		2.287				1052.17		

#### 2.1.4.2.4. Altura de cumbrera 8,5 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	L	L 90 x 90 x 5	31.878			0.028			222.22		
					31.878		0.028		222.22			
						31.878		0.028			222.22	
Madera	GL24h	Laminada b180	GL-240x180	12.000			0.518			225.53		
					12.000		0.518		225.53			
			GL-240x60	21.591			0.311			120.52		
					21.591		0.311		120.52			
			Laminada b60	GL-240x220	32.080			1.694			743.76	
		Laminada b220			32.080		1.694		743.76			
						65.671		2.523			1089.81	

#### 2.1.4.2.5. Altura de cumbrera 9 m

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	L	L 90 x 90 x 5	32.498			0.029			226.54		
					32.498		0.029		226.54			
						32.498		0.029			226.54	
Madera	GL24h	Laminada b180	GL-220x180	12.000			0.475			218.59		
					12.000		0.475		218.59			
			GL-240x60	21.932			0.316			145.28		
					21.932		0.316		145.28			
			Laminada b60	GL-240x220	33.740			1.781			819.48	
		Laminada b220			33.740		1.781		819.48			
						67.672		2.572			1183.35	

---

## 2.2. Anexo de cálculos de la cubierta

### 2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de la cubierta

Una vez realizado el análisis paramétrico y obtenida la solución óptima de la cubierta, se procede al diseño y cálculo de la estructura completa.

Se toma el modelo creado en el módulo generador de pórticos de CYPE y se exporta al módulo CYPE 3D, generando la estructura 3D.

Hecha la exportación, se define en primer lugar la normativa de aplicación para el cálculo y las características de los perfiles y hormigón armado a emplear.

Después, se ajusta la geometría de la jácena, borrando aquellos nudos y barras que no son necesarias y ajustando las otras barras a configuración de cubierta curva óptima obtenida.

A continuación, se crean nuevos paños definiendo en cada uno de éstos las cargas actuantes para cada una de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, viento y nieve.

Seguidamente, se describen los perfiles a utilizar tomando como punto de partida los empleados en el análisis paramétrico, además de las condiciones de pandeo y de flecha máxima y se calcula la estructura.

Finalmente, realizado el cálculo, se procede al diseño y cálculo de las placas de anclaje de cada grupo de pilares y posteriormente el de la cimentación.

### 2.2.2. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables.

### 2.2.3. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones E.L.U. de rotura. Acero laminado E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

## 2.2.4. Acciones consideradas y situaciones de proyecto

Las acciones consideradas en el proyecto son:

### **Acciones permanentes (G)**

Son aquellas que actúan sobre el edificio en todo momento y en posición constante.

En el cálculo de las acciones de la cubierta, son relevantes las acciones permanentes debidas al peso propio de los elementos estructurales y al peso del cerramiento, que en este caso son paneles de policarbonato celular, con un valor de  $0,02 \text{ kN/m}^2$ .

### **Acciones variables (Q)**

Son aquellas que pueden actuar ocasionalmente o no sobre el edificio.

La mayoría de las acciones variables tienen su origen en aspectos climáticos (viento, nieve...), en los que la variabilidad de su carga es bastante elevada.

Las acciones variables se clasifican en tres tipos:

#### **- Sobrecarga de uso**

La acción variable de sobrecarga de uso hace referencia al peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso, incluyendo tanto los efectos derivados del uso normal (personas, mobiliario, maquinaria...) así como las derivadas de la utilización poco habitual (por ejemplo la acumulación de personas).

La cubierta de la estructura sólo será accesible para su conservación, siendo la categoría de uso G y la subcategoría de uso es G1: cubierta ligera sobre correas sin forjado, que implica una sobrecarga de uso relativa o carga superficial de  $0,40 \text{ kN/m}^2$  no pudiendo actuar simultáneamente con otras acciones variables.

#### **- Sobrecarga de nieve**

Estas cargas son debidas al peso de la nieve que pueda acumularse sobre la estructura como consecuencia de nevadas en la zona.

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio dependen del clima del lugar, la altura topográfica, del tipo de precipitación, del relieve del entorno y de la forma del edificio o de la cubierta, ya que dependiendo de su geometría puede favorecer la acumulación de nieve.

La normativa aplicada para este tipo de acción variable es el CTE DB-SE-AE. Encontrándose la estructura en una zona climática invernal 5.

---

### - Sobrecarga de viento

La acción provocada por la carga del viento sobre el edificio viene determinada como fuerza por unidad de superficie, depende de la forma y dimensiones de dicha construcción, las características de su superficie y la intensidad, de la situación topográfica y de la dirección y racheo del viento.

Para el cálculo, se considera que el sentido del viento es horizontal en cualquier dirección, que incide perpendicularmente a la nave, generando una fuerza llamada presión estática.

La normativa aplicada para este tipo de acción variable es el CTE DB-SE-AE. Encontrándose la estructura en una zona eólica tipo A y grado de aspereza IV.

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

#### - Con coeficientes de combinación

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

#### - Sin coeficientes de combinación

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

-Donde:

- $G_k$  Acción permanente
- $P_k$  Acción de pretensado
- $Q_k$  Acción variable
- $g_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $g_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $g_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $g_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $y_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $y_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

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

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

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

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

### Tensiones sobre el terreno

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (y <sub>p</sub> )	Acompañamiento (y <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### Desplazamientos

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

## 2.2.5. Comprobaciones

### 2.2.5.1. Pórticos de fachada

#### 2.2.5.1.1. Pilares de esquina.

Perfil: GL-240x180 Material: Madera (GL24h)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N139	N140	6.000	432.00	20736.00	11664.00	25100.93
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 <sub>K</sub>		4.200	4.200	0.000	0.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)												Estado
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>		
N139/N140	x: 6 m η = 3.7	x: 0 m η = 9.5	x: 0 m η = 49.3	x: 0 m η = 43.1	x: 0 m η = 23.5	x: 0 m η = 39.3	η = 11.8	x: 0 m η = 62.7	x: 0 m η = 59.6	x: 0 m η = 65.0	x: 0 m η = 40.2	<b>CUMPLE</b> η = 65.0	
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)													

### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.037** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : 0.48$  MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : 20.58$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : 432.00$  cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : 13.02$  MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : 0.90$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:  $k_h : 1.10$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción  $h : 240.00$  mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  $f_{t,0,k} : 16.50$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : 1.25$

### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : 0.050 \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : 0.063 \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : 0.095 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : 0.86$  MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d} : 37.28$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : 432.00$  cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d} : 17.28$  MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : 0.90$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : 24.00$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : 1.25$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y} : 0.79$

$\chi_{c,z} : 0.53$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y : 1.01$

$k_z : 1.40$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c : 0.10$

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y} : 0.98$

$\lambda_{rel,z} : 1.30$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k} : 9400.00$  MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : 24.00$  MPa

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y : 60.62$

$\lambda_z : 80.83$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y} : 4200.00$  mm

$L_{k,z} : 4200.00$  mm

$i$ : Radio de giro

$i_y : 69.28$  mm

$i_z : 51.96$  mm

**Resistencia a flexión en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.493 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 7.98 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 9.33 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{v,d}^+$  : 13.79 kN·m  
 $M_{v,d}^-$  : 16.13 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 1728.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,v,d}$  : 18.94 MPa

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.431 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 8.19 MPa

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 4.98 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 10.62 kN·m

$M_{z,d}^-$  : 6.46 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$  : 1296.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}$  : 19.01 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 180.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

### Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.235} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.46} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{8.83} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{432.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.393} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.76} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{14.74} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{432.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k<sub>mod</sub>** : 0.90  
**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante **f<sub>v,k</sub>** : 2.70 MPa  
**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 1.25

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

**η** : 0.118 ✓

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

Donde:

**τ<sub>tor,d</sub>**: Tensión de cálculo a torsión, dada por: **τ<sub>tor,d</sub>** : 0.27 MPa

$$\tau_{\text{tor,d}} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

**M<sub>x,d</sub>**: Momento torsor de cálculo **M<sub>x,d</sub>** : 0.49 kN·m

**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión **W<sub>tor</sub>** : 1772.93 cm<sup>3</sup>

**k<sub>forma</sub>**: Factor cuyo valor depende del tipo de sección **k<sub>forma</sub>** : 1.20

$$k_{\text{forma}} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{\text{max}}}{b_{\text{min}}} \right\}$$

Donde:

**b<sub>max</sub>**: Ancho mayor de la sección transversal **b<sub>max</sub>** : 240.00 mm

**b<sub>min</sub>**: Ancho menor de la sección transversal **b<sub>min</sub>** : 180.00 mm

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **f<sub>v,d</sub>** : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k<sub>mod</sub>** : 0.90

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante **f<sub>v,k</sub>** : 2.70 MPa

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 1.25

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.582} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.627} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{5.32} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{8.19} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{v,d} : \underline{9.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{10.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{1728.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1296.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,v,d} : \underline{18.94} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,v} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.539} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.596} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.03} \text{ MPa}$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : \underline{1.25} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal  $A : \underline{432.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d} : \underline{4.49} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{8.14} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{v,d} : \underline{7.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{10.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,v} : \underline{1728.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{1296.00} \text{ cm}^3$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : \underline{13.02} \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.10}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{240.00} \text{ mm}$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  $f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,v,d} : \underline{18.94} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,v} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.575} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.622} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.593} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.650} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.25} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d} : \underline{10.73} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal

$A : \underline{432.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{5.17} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{8.19} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{v,d} : \underline{8.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{10.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,v} : \underline{1728.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{1296.00} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,v,d} : \underline{18.94} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,v} : \underline{1.10}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_{c,z}$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,z} : \underline{0.79}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.53}$$

### Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.402} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N139, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} : \underline{0.76} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo	$V_{v,d} : \frac{1.19}{\quad}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$V_{z,d} : \frac{14.74}{\quad}$ kN
$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$A : \frac{432.00}{\quad}$ cm <sup>2</sup>
$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:	$k_{cr} : \frac{0.67}{\quad}$
	$\tau_{tor,v,d} : \frac{0.02}{\quad}$ MPa
	$\tau_{tor,z,d} : \frac{0.02}{\quad}$ MPa

$$\tau_{tor,d} = \frac{|M_{x,d}|}{W_{tor}}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo	$M_{x,d} : \frac{0.04}{\quad}$ kN·m
$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión	$W_{tor,v} : \frac{2363.90}{\quad}$ cm <sup>3</sup>
$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección	$W_{tor,z} : \frac{1772.93}{\quad}$ cm <sup>3</sup>
$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$k_{forma} : \frac{1.20}{\quad}$
	$f_{v,d} : \frac{1.94}{\quad}$ MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \frac{0.90}{\quad}$
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k} : \frac{2.70}{\quad}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \frac{1.25}{\quad}$

### 2.2.5.1.2. Pilares hastiales

Perfil: GL-240x220 Material: Madera (GL24h)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N163	N22	8.410	528.00	25344.00	21296.00	38658.05
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
Pandeo	Plano XY		Plano XZ		Pandeo lateral	
	Ala sup.	Ala inf.	Ala sup.	Ala inf.	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
L <sub>K</sub>	5.887	5.887	0.000	0.000	0.000	0.000
C <sub>1</sub>	-		-		1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N163/N22	x: 8.41 m η = 1.7	x: 0 m η = 5.3	x: 0 m η = 89.1	x: 0 m η = 0.7	η = 0.1	x: 0 m η = 44.2	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 89.1	x: 0 m η = 84.6	x: 0 m η = 89.3	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 89.3
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.017** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.22 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{t,0,d} : \underline{11.43}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{528.00}$ cm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:	$f_{t,0,d} : \underline{13.02}$ MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_h : \underline{1.10}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{240.00}$ mm
$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k} : \underline{16.50}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$

### **Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.053} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.29}$ MPa
---	---

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d} : \underline{15.51}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{528.00}$ cm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d} : \underline{13.44}$ MPa
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$$
 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{0.48}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.41}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k_y : \underline{1.49}$$

$$k_z : \underline{1.67}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{1.37}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.49}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{9400.00}$$
 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$$
 MPa

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{84.97}$$

$$\lambda_z : \underline{92.70}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{5887.00}$$
 mm

$$L_{k,z} : \underline{5887.00}$$
 mm

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{69.28}$$
 mm

$$i_z : \underline{63.51}$$
 mm

**Resistencia a flexión en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.891 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 15.81 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 16.87 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{v,d}^+$  : 33.39 kN·m  
 $M_{v,d}^-$  : 35.62 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2112.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,v,d}$  : 18.94 MPa

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.14 MPa

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.26 kN·m

$M_{z,d}^-$  : 0.25 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$  : 1936.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$f_{m,z,d}$  : 19.01 MPa

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 220.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

### Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{528.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.442} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.86} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{20.27} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{528.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.90}$   
 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante  $f_{v,k} : \underline{2.70}$  MPa  
 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

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

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.891} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.625} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d} : \underline{16.87}$  MPa  
 $\sigma_{m,z,d} : \underline{0.02}$  MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{v,d} : \underline{35.62}$  kN·m

$M_{z,d} : \underline{0.05}$  kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,v} : \underline{2112.00}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z} : \underline{1936.00}$  cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,v,d} : \underline{18.94}$  MPa

$f_{m,z,d} : \underline{19.01}$  MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  $f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:  $k_{h,v} : \underline{1.10}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal  $k_m : \underline{0.70}$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.846} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.595} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.13}$  MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : \underline{6.89}$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : \underline{528.00}$  cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d} : \underline{15.81}$  MPa

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.02}$  MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{v,d} : \underline{33.39}$  kN·m

$M_{z,d} : \underline{0.04}$  kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,v} : \underline{2112.00}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z} : \underline{1936.00}$  cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : \underline{13.02}$  MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.10}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{240.00}$  mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  $f_{t,0,k} : \underline{16.50}$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,v,d} : \underline{18.94} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,v} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.891} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.625} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.893} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.626} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d} : \underline{0.58} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal

$A : \underline{528.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{16.87} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{v,d} : \underline{-35.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : \underline{2112.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{1936.00} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{18.94} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.10}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_{c,z}$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.48}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.41}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

### 2.2.5.1.3. Jácena.

Barra N140/N144

Perfil: GL-240x60 Material: Madera (GL24h)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N140	N144	1.154	144.00	6912.00	432.00	1456.70
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
β	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	0.00	3.65	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	0.000	4.210	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N140/N144	x: 1.154 m η = 6.6	x: 0 m η = 4.5	x: 0 m η = 76.5	x: 0 m η = 20.5	x: 0 m η = 11.2	x: 0 m η = 73.2	η = 5.6	x: 0 m η = 77.2	x: 0 m η = 83.8	x: 0 m η = 60.0	x: 0 m η = 73.7	<b>CUMPLE</b> η = 83.8
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

#### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.066} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.87} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{12.46} \text{ kN}$$

A: Área de la sección transversal

$$A : \underline{144.00} \text{ cm}^2$$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : 13.02$  MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : 1.10$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : 240.00 \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : 16.50 \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : 1.25$$

### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : 0.036 \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : 0.045 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : 0.61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : 8.85 \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : 144.00 \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : 17.28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : 24.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{0.79}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.98}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$\lambda_y$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{60.77}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,y}$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{4210.00} \text{ mm}$$

$i_y$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{69.28} \text{ mm}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xy, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje z es inferior a 0.3.

$\lambda_{rel,z}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.00}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$\lambda_z$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_z : \underline{0.00}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,z}$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,z} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$i_z$ : Radio de giro

$$i_z : \underline{17.32} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.765 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 14.49 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 10.35 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{v,d}^+$  : 8.35 kN·m  
 $M_{v,d}^-$  : 5.96 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 576.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,v,d}$  : 18.94 MPa

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.205 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 2.33 MPa

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 3.90 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.34 kN·m

$M_{z,d}^-$  : 0.56 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$  : 144.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}$  : 19.01 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 60.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.112 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.22 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 1.40 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 144.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 2.70 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.732 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 1.42 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 9.16 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 144.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k<sub>mod</sub>** : 0.90  
**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante **f<sub>v,k</sub>** : 2.70 MPa  
**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 1.25

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.056} \checkmark$$

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

Donde:

**τ<sub>tor,d</sub>**: Tensión de cálculo a torsión, dada por: **τ<sub>tor,d</sub>** : 0.17 MPa

$$\tau_{\text{tor,d}} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

**M<sub>x,d</sub>**: Momento torsor de cálculo **M<sub>x,d</sub>** : 0.04 kN·m

**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión **W<sub>tor</sub>** : 250.56 cm<sup>3</sup>

**k<sub>forma</sub>**: Factor cuyo valor depende del tipo de sección **k<sub>forma</sub>** : 1.60

$$k_{\text{forma}} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{\text{max}}}{b_{\text{min}}} \right\}$$

Donde:

**b<sub>max</sub>**: Ancho mayor de la sección transversal **b<sub>max</sub>** : 240.00 mm

**b<sub>min</sub>**: Ancho menor de la sección transversal **b<sub>min</sub>** : 60.00 mm

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **f<sub>v,d</sub>** : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k<sub>mod</sub>** : 0.90

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante **f<sub>v,k</sub>** : 2.70 MPa

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 1.25

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.772} \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.546} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{14.49} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.19} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{v,d} : \underline{8.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,v} : \underline{576.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{144.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,v,d} : \underline{18.94} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,v} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.838} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.612} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.86} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{t,0,d} : \underline{12.32}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{144.00}$ cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,v,d} : \underline{14.49}$ MPa
	$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.19}$ MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{v,d} : \underline{8.35}$ kN·m
	$M_{z,d} : \underline{0.03}$ kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,v} : \underline{576.00}$ cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z} : \underline{144.00}$ cm <sup>3</sup>
$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:	$f_{t,0,d} : \underline{13.02}$ MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_h : \underline{1.10}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{240.00}$ mm
$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k} : \underline{16.50}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,v,d} : \underline{18.94}$ MPa
	$f_{m,z,d} : \underline{19.01}$ MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,v} : \underline{1.10}$
	$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{240.00}$ mm
--	-----------------------------

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 60.00 mm

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub>** : 0.70

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η** : 0.593 ✓

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η** : 0.449 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η** : 0.600 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η** : 0.454 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

**σ<sub>c,0,d</sub>**: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **σ<sub>c,0,d</sub>** : 0.10 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{|N_{c,0,d}|}{A}$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d} : \underline{1.40}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{144.00}$ cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,v,d} : \underline{10.35}$ MPa
	$\sigma_{m,z,d} : \underline{1.26}$ MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{v,d} : \underline{-5.96}$ kN·m
	$M_{z,d} : \underline{0.18}$ kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,v} : \underline{576.00}$ cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z} : \underline{144.00}$ cm <sup>3</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d} : \underline{17.28}$ MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,v,d} : \underline{18.94}$ MPa
	$f_{m,z,d} : \underline{19.01}$ MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,v} : \underline{1.10}$
	$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{240.00}$ mm
--	-----------------------------

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{60.00}$ mm
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,v} : \underline{0.79}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

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

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.737} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} : \underline{1.42} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.18} \text{ kN}$$

$$V_{z,d} : \underline{9.16} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{144.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$\tau_{\text{tor},d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},d} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{1002.24} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{250.56} \text{ cm}^3$$

$k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.60}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

## 2.2.5.2. Pórticos interiores

### 2.2.5.2.1. Pilares

Perfil: GL-520x200 Material: Madera (GL24h)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N93	N94	6.000	1040.00	234346.67	34666.67	103750.40
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.70	1.40	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		4.200	8.400	0.000	0.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)										Estado	
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>		M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N93/N94	x: 6 m η = 4.5	x: 0 m η = 6.6	x: 6 m η = 84.4	x: 0 m η = 0.5	η = 0.1	x: 6 m η = 50.4	η < 0.1	x: 0 m η = 65.8	x: 0 m η = 51.0	x: 6 m η = 88.5	x: 6 m η = 40.6	<b>CUMPLE</b> η = 88.5
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta = 0.045 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} = 0.54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{t,0,d} : \underline{56.35} \text{ kN}$
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{1040.00} \text{ cm}^2$
$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:	$f_{t,0,d} : \underline{12.05} \text{ MPa}$
$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$	

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.01}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{520.00} \text{ mm}$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.041} \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.049} \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.066} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.55} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{57.20} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1040.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{13.44} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,v} : \underline{0.84}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.62}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k_y : \underline{0.94}$$

$$k_z : \underline{1.23}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.90}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.17}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{55.96}$$

$$\lambda_z : \underline{72.75}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{8400.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{4200.00} \text{ mm}$$

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{150.11} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{57.74} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.844 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 11.50 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 11.28 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^+$  : 103.66 kN·m  
 $M_{y,d}^-$  : 101.67 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,v}$  : 9013.33 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,v,d}^+$  : 13.63 MPa  
 $f_{m,v,d}^-$  : 17.53 MPa

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}^+$  : 0.70  
 $k_{mod}^-$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

$Clase^+$  : Larga duración

Clase de servicio

$Clase^-$  : Corta duración

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$Clase$  : 2  
 $f_{m,k}$  : 24.00 MPa  
 $k_h$  : 1.01

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 520.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N93, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 0.08 MPa

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 0.10 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.27 kN·m

$M_{z,d}^-$  : 0.34 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$  : 3466.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}$  : 19.01 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.00 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 0.05 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 1040.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 2.70 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.504 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.98 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 45.52 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 1040.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

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

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

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

$$M_{x,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{tor} : \underline{5632.64} \text{ cm}^3$$

$$k_{forma} : \underline{1.39}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

$$b_{max} : \underline{520.00} \text{ mm}$$

$$b_{min} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.658} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.460} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{8.96} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{v,d} : \underline{80.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,v} : \underline{9013.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{3466.67} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,v,d} : \underline{13.63} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{14.78} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,v} : \underline{1.01}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.510} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.366} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.28} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{29.46} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1040.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{8.49} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.06} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{76.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{9013.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{3466.67} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{12.05} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.01}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.53} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.01}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub>** : 0.70

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.845 ✓

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.592 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.885 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.646 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

**$\sigma_{c,0,d}$** : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  **$\sigma_{c,0,d}$**  : 0.47 MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d} : \underline{48.75}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{1040.00}$ cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,v,d} : \underline{11.50}$ MPa
	$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00}$ MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{v,d} : \underline{103.66}$ kN·m
	$M_{z,d} : \underline{0.00}$ kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,v} : \underline{9013.33}$ cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z} : \underline{3466.67}$ cm <sup>3</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d} : \underline{13.44}$ MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.70}$
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,v,d} : \underline{13.63}$ MPa
	$f_{m,z,d} : \underline{14.78}$ MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.70}$
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,v} : \underline{1.01}$
	$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{520.00}$ mm
--	-----------------------------

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h : \underline{200.00}$ mm
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.84}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.62}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

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

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.406} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} : \underline{0.79} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$$V_{z,d} : \underline{36.64} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1040.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$\tau_{\text{tor},d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{|M_{x,d}|}{W_{\text{tor}}}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{14644.86} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{5632.64} \text{ cm}^3$$

$k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.39}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### 2.2.5.2.2. Jácena interior

Perfil: GL-600x180 Material: Madera (GL24h)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N94	N98	1.154	1080.00	324000.00	29160.00	94128.48
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	18.03	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		0.000	20.800	0.000	0.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)										Estado	
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>v,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>v,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>v,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>v,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>v,d</sub> M <sub>z,d</sub>		M <sub>x,d</sub> V <sub>v,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N94/N98	x: 1.154 m η = 5.1	x: 0 m η = 13.3	x: 0 m η = 71.4	x: 0 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 41.8	η < 0.1	x: 0 m η = 50.0	x: 0 m η = 59.6	x: 0 m η = 84.7	x: 0 m η = 32.7	<b>CUMPLE</b> η = <b>84.7</b>
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>v,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>v,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>v,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>v,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>v,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>v,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.												

### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N98, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: σ<sub>t,0,d</sub> : 0.61 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra N<sub>t,0,d</sub> : 65.84 kN

A: Área de la sección transversal A : 1080.00 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : \underline{11.88}$  MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{600.00}$$
 mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50}$$
 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.034}$$
 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.133}$$
 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.45}$$
 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{48.76}$$
 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1080.00}$$
 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{13.44}$$
 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$
<b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-M: 6.3.2)	
$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:	$\chi_{c,v} : \underline{0.25}$
$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	
Donde:	
$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$	$k_v : \underline{2.45}$
Donde:	
$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas	$\beta_c : \underline{0.10}$
$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:	$\lambda_{rel,y} : \underline{1.93}$
$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$	
Donde:	
$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	$E_{0,k} : \underline{9400.00}$ MPa
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\lambda_v$ : Esbeltez mecánica, dada por:	$\lambda_v : \underline{120.09}$
$\lambda = \frac{L_k}{i}$	
Donde:	
$L_{k,v}$ : Longitud de pandeo de la barra	$L_{k,v} : \underline{20800.00}$ mm
$i_v$ : Radio de giro	$i_v : \underline{173.21}$ mm
<b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-M: 6.3.2)	
No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xy, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje z es inferior a 0.3.	
$\lambda_{rel,z}$ : Esbeltez relativa, dada por:	$\lambda_{rel,z} : \underline{0.00}$
$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$	
Donde:	
$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	$E_{0,k} : \underline{9400.00}$ MPa
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\lambda_z$ : Esbeltez mecánica, dada por:	$\lambda_z : \underline{0.00}$
$\lambda = \frac{L_k}{i}$	
Donde:	
$L_{k,z}$ : Longitud de pandeo de la barra	$L_{k,z} : \underline{0.00}$ mm
$i_z$ : Radio de giro	$i_z : \underline{51.96}$ mm

**Resistencia a flexión en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.714 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 9.41 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 9.60 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^+$  : 101.67 kN·m  
 $M_{y,d}^-$  : 103.66 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,v}$  : 10800.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}^+$  : 17.28 MPa  
 $f_{m,y,d}^-$  : 13.44 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}^+$  : 0.90  
 $k_{mod}^-$  : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

$Clase^+$  : Corta duración

Clase de servicio

$Clase^-$  : Larga duración

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$Clase$  : 2

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$k_h$  : 1.00

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 600.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,z} : \underline{3240.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

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

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.10}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

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

### Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.418} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.63} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{30.46} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1080.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.51} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

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

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

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor} : \underline{5482.08} \text{ cm}^3$$

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma} : \underline{1.50}$$

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal	$b_{max} : \frac{600.00}{mm}$
$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal	$b_{min} : \frac{180.00}{mm}$
$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d} : \frac{1.94}{MPa}$
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \frac{0.90}{MPa}$
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k} : \frac{2.70}{MPa}$
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \frac{1.25}{MPa}$

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.500} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.350} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y,d} : \frac{8.64}{MPa}$
	$\sigma_{m,z,d} : \frac{0.00}{MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{v,d} : \frac{93.34}{kN \cdot m}$
	$M_{z,d} : \frac{0.00}{kN \cdot m}$
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y} : \frac{10800.00}{cm^3}$
	$W_{el,z} : \frac{3240.00}{cm^3}$
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d} : \frac{17.28}{MPa}$
	$f_{m,z,d} : \frac{19.01}{MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \frac{0.90}{MPa}$
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} : \frac{24.00}{MPa}$
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y} : \frac{1.00}{MPa}$
	$k_{h,z} : \frac{1.10}{MPa}$
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \frac{1.25}{MPa}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.596} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.432} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.61} \text{ MPa}$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{65.48} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1080.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{9.41} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{v,d} : \underline{101.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,v} : \underline{10800.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{3240.00} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{11.88} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{600.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k} :$	<u>16.50</u>	MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M :$	<u>1.25</u>	
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,v,d} :$	<u>17.28</u>	MPa
	$f_{m,z,d} :$	<u>19.01</u>	MPa
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$			
Donde:			
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} :$	<u>0.90</u>	
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} :$	<u>24.00</u>	MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,v} :$	<u>1.00</u>	
	$k_{h,z} :$	<u>1.10</u>	
Eje y:			
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:			
$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$			
Donde:			
$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h :$	<u>600.00</u>	mm
Eje z:			
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:			
$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$			
Donde:			
$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h :$	<u>180.00</u>	mm
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M :$	<u>1.25</u>	
$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	$k_m :$	<u>0.70</u>	

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.715} \quad \checkmark$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.501} \quad \checkmark$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.847} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.533} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.45}$  MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d} : \underline{48.76}$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : \underline{1080.00}$  cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,v,d} : \underline{9.60}$  MPa

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00}$  MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{v,d} : \underline{-103.66}$  kN·m

$M_{z,d} : \underline{0.00}$  kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,v} : \underline{10800.00}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z} : \underline{3240.00}$  cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d} : \underline{13.44}$  MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : \underline{24.00}$  MPa

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,v,d} : \underline{13.44}$  MPa

$f_{m,z,d} : \underline{14.78}$  MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  $f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

$k_{h,v} : \underline{1.00}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{600.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_{c}$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.25}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{1.00}$$

### Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

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

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.327} \quad \checkmark$$

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(EI).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} : \underline{0.64} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$V_{z,d} : \underline{30.64} \text{ kN}$$

---

<b>A:</b> Área de la sección transversal	<b>A :</b> <u>1080.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub> :</b> <u>0.67</u>
<b>τ<sub>tor,d</sub>:</b> Tensión de cálculo a torsión, dada por:	<b>τ<sub>tor,v,d</sub> :</b> <u>0.00</u> MPa
	<b>τ<sub>tor,z,d</sub> :</b> <u>0.00</u> MPa
$\tau_{tor,d} =  M_{x,d}  / W_{tor}$	
Donde:	
<b>M<sub>x,d</sub>:</b> Momento torsor de cálculo	<b>M<sub>x,d</sub> :</b> <u>0.00</u> kN·m
<b>W<sub>tor</sub>:</b> Modulo resistente a torsión	<b>W<sub>tor,y</sub> :</b> <u>18273.60</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>tor,z</sub> :</b> <u>5482.08</u> cm <sup>3</sup>
<b>k<sub>forma</sub>:</b> Factor cuyo valor depende del tipo de sección	<b>k<sub>forma</sub> :</b> <u>1.50</u>
<b>f<sub>v,d</sub>:</b> Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	<b>f<sub>v,d</sub> :</b> <u>1.94</u> MPa
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub>:</b> Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	<b>k<sub>mod</sub> :</b> <u>0.90</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub> :</b> <u>2.70</u> MPa
<b>γ<sub>M</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub> :</b> <u>1.25</u>

---

## 2.2.5.3. Cruces de San Andrés

### 2.2.5.3.1. CSA lateral

Perfil: L 80 x 80 x 5 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicia l	Final l		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)
N174	N2	8.106	7.86	47.14	47.14	27.69	0.65	18.80	-18.80	-45.0
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
		Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.		
β		0.00		0.00		0.00		0.00		
L <sub>K</sub>		0.000		0.000		0.000		0.000		
C <sub>m</sub>		1.000		1.000		1.000		1.000		
C <sub>1</sub>		-			1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N174/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.106 m η = 8.2	x: 0 m η = 10.8	x: 4.053 m η = 27.5	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.4	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.507 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.053 m η = 38.2	x: 0.507 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 38.2
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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

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

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

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

<b>Clase:</b> Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	<b>Clase :</b> <u>4</u>
<b>A<sub>ef</sub>:</b> Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	<b>A<sub>ef</sub> :</b> <u>6.73</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub> :</b> <u>275.00</u> MPa
<b>N<sub>cr</sub>:</b> Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.	<b>N<sub>cr</sub> :</b> <u>∞</u>

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.082} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

**N<sub>t,Ed</sub>:** Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>t,Ed</sub> :** 16.85 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{t,Rd} : \underline{205.86} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A :** 7.86 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub> :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.108} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub> :** 19.02 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

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

$$A_{ef} : \underline{6.73} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : 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)

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.275} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.053 m del nudo N174, 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:

$$M_{c,Rd}^+ = W_{el,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- = W_{ef,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$\text{Clase}^- : \underline{4}$$

$$W_{el,y}^+ : \underline{6.26} \text{ cm}^3$$

$W_{ef,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$$W_{ef,y} : \underline{6.26} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{vd} = f_v / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

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

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{60.48} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{4.00} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h_{vert} \cdot t$$

Siendo:

$h_{vert}$ : Longitud del ala vertical.

$$h_{vert} : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$t$ : Espesor de la chapa.

$$t : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{vd} = f_v / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

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

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

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

### 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  $V_{c,Rd}$ .

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

$$0.19 \text{ kN} \leq 30.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.507 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.19} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{60.48} \text{ kN}$$

### 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.382} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.053 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{18.77} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

**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.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$N_{u,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección eficaz.

$$N_{u,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

$M_{0,Rd,y}$ ,  $M_{0,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{0,Rd,y} : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0,Rd,z} : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$e_{Ny}$ ,  $e_{Nz}$ : Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$e_{Ny} : -0.29 \text{ cm}$$

$$e_{Nz} : 0.29 \text{ cm}$$

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.507 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.19 \text{ kN} \leq 30.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : 0.19 \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : 60.48 \text{ kN}$$

#### **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.

### 2.2.5.3.2. CSA fachada

Barra N182/N156

Perfil: L 90 x 90 x 5 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)
N182	N156	8.667	8.88	67.67	67.67	39.69	0.73	21.50	-21.50	-45.0
<p>Notas:</p> <p>(1) Inercia respecto al eje indicado</p> <p>(2) Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p>(3) Coordenadas del centro de gravedad</p> <p>(4) Producto de inercia</p> <p>(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.</p>										
		Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β	0.00		0.00	0.00	0.00					
L <sub>K</sub>	0.000		0.000	0.000	0.000					
C <sub>m</sub>	1.000		1.000	1.000	1.000					
C <sub>1</sub>			-		1.000					
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	
N182/N156	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.667 m η = 6.1	x: 0 m η = 13.3	x: 4.333 m η = 21.9	M <sub>ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.3	V <sub>ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.542 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.333 m η = 35.1	x: 0.542 m η < 0.1	M <sub>ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 35.1
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</p> <p>M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

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

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

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

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

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 :** 4

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A<sub>ef</sub> :** 6.94 cm<sup>2</sup>

**f<sub>v</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>v</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **N<sub>cr</sub> :** ∞

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.061} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N156, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4.

**N<sub>t,Ed</sub>:** Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>t,Ed</sub> :** 14.13 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{232.57} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A :** 8.88 cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>vd</sub> :** 261.90 MPa

**f<sub>vd</sub> = f<sub>v</sub>/γ<sub>M0</sub>**

Siendo:

**f<sub>v</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>v</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub> :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.133} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N182, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub> :** 24.25 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{181.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A<sub>ef</sub> :** 6.94 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub> :** 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.219} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.333 m del nudo N182, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>Ed</sub><sup>+</sup> :** 0.41 kN·m

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>Ed</sub><sup>-</sup> :** 0.00 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{ef,y} \cdot f_{yd} \qquad M_{c,Rd} : \underline{1.88} \text{ kN·m}$$

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 :** 4

**W<sub>ef,y</sub><sup>+</sup>:** Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. **W<sub>ef,y</sub><sup>+</sup> :** 7.16 cm<sup>3</sup>

**W<sub>ef,y</sub><sup>-</sup>:** Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con menor tensión, para las secciones de clase 4. **W<sub>ef,y</sub><sup>-</sup> :** 7.98 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub> :** 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:

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

$\eta : \underline{0.003}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N182, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$V_{Ed} : \underline{0.19}$  kN

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

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

$V_{c,Rd} : \underline{68.04}$  kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v : \underline{4.50}$  cm<sup>2</sup>

$$A_v = h_{vert} \cdot t$$

Siendo:

$h_{vert}$ : Longitud del ala vertical.

$h_{vert} : \underline{90.00}$  mm

$t$ : Espesor de la chapa.

$t : \underline{5.00}$  mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

$f_y : \underline{275.00}$  MPa

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

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

**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  $V_{c,Rd}$ .

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

$$0.17 \text{ kN} \leq 34.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.542 m del nudo N182, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{68.04} \text{ kN}$

**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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.351} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.333 m del nudo N182, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{23.90} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{0.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 4

$N_{u,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección eficaz.  $N_{u,Rd} : \underline{181.76} \text{ kN}$

$M_{0,Rd,y}$ ,  $M_{0,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{0,Rd,y} : \underline{1.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{0,Rd,z} : \underline{1.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$e_{Ny}$ ,  $e_{Nz}$ : Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.  $e_{Ny} : \underline{-0.50} \text{ cm}$   
 $e_{Nz} : \underline{0.50} \text{ cm}$

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.542 m del nudo N182, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.17 \text{ kN} \leq 34.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.17}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{68.04}{\quad} \text{ kN}$$

**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.

## 2.2.5.4. Vigas contraviento

### 2.2.5.4.1. VCV Diagonales

Perfil: L 75 x 75 x 6 Material: Acero (S275)											
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicia I	Final I		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)	
N25	N9	7.086	8.73	45.83	45.83	27.01	1.04	17.00	-17.00	-45.0	
<p>Notas:</p> <p>(1) Inercia respecto al eje indicado</p> <p>(2) Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p>(3) Coordenadas del centro de gravedad</p> <p>(4) Producto de inercia</p> <p>(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.</p>											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.			
β		0.00		0.00		0.00		0.00			
L <sub>K</sub>		0.000		0.000		0.000		0.000			
C <sub>m</sub>		1.000		1.000		1.000		1.000			
C <sub>1</sub>		-			1.000						
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
N25/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.086 m η = 7.1	x: 0 m η = 7.6	x: 3.543 m η = 13.5	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.5	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.443 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.543 m η = 40.1	x: 0.443 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 40.1
<p>Notación:</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</p> <p>M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

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

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

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

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

**Clase :** 4

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

**A<sub>ef</sub> :** 8.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

**N<sub>cr</sub> :** ∞

### 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 :** 0.071 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>:** Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub> :** 16.20 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

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

**N<sub>t,Rd</sub> :** 228.64 kN

Donde:

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

**A :** 8.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 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 :** 0.076 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>c,Ed</sub> :** 17.48 kN

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{228.64} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

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

$$A_{ef} : \underline{8.73} \text{ cm}^2$$

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

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.135} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.543 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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:

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

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{4.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- = W_{el,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{1.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

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

$$W_{pl,y}^+ : \underline{15.63} \text{ cm}^3$$

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.  $W_{el,y}$ : 6.51 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : 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

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

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

$\eta$ : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, 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:

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

$V_{c,Rd}$ : 68.04 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$ : 4.50 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h_{vert} \cdot t$$

Siendo:

$h_{vert}$ : Longitud del ala vertical.  $h_{vert}$ : 75.00 mm

$t$ : Espesor de la chapa.  $t$ : 6.00 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

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

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

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

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

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

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

$$0.27 \text{ kN} \leq 34.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.443 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.27} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{68.04} \text{ kN}$$

### **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:

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

$$\eta : \underline{0.401} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.543 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{17.41} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

**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.

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{228.64} \text{ kN}$$

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

$$M_{el,Rd,y} : \underline{1.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{1.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.443 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.27 \text{ kN} \leq 34.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.27} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{68.04} \text{ kN}$$

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

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

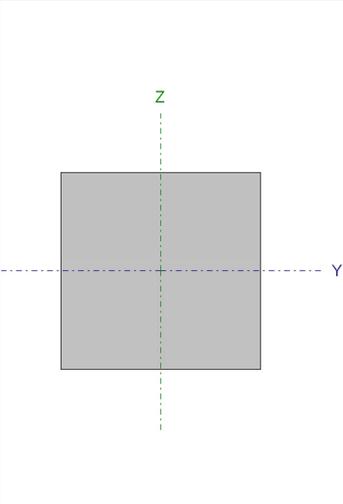
**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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.

### 2.2.5.4.2. VCV Montantes

Perfil: 140								
Material: Madera (GL24h)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
	N119	N142	5.500	196.00	3201.33	3201.33	5378.24	
	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 <sub>K</sub>		5.500	5.500	0.000	0.000			
C <sub>1</sub>		-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N119/N142	η = 2.4	η = 5.1	x: 2.75 m η = 7.8	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 2.9	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 2.75 m η = 8.3	x: 2.75 m η = 9.8	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 9.8
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (4) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. (5) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.024** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.31}$  MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : \underline{6.09}$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : \underline{196.00}$  cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : \underline{13.07}$  MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.90}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:  $k_h : \underline{1.10}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción  $h : \underline{140.00}$  mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  $f_{t,0,k} : \underline{16.50}$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.051} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : 0.18$  MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d} : 3.47$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : 196.00$  cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d} : 17.28$  MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : 0.90$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : 24.00$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : 1.25$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:  $\chi_{c,y} : 0.20$

$\chi_{c,z} : 0.20$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$   $k_y : 2.99$

$k_z : 2.99$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas  $\beta_c : 0.10$

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:  $\lambda_{rel,y} : 2.19$

$\lambda_{rel,z} : 2.19$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  $E_{0,k} : 9400.00$  MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : 24.00$  MPa

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:  $\lambda_y : 136.09$

$\lambda_z : 136.09$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra  $L_{k,y} : 5500.00$  mm

$L_{k,z} : 5500.00$  mm

$i$ : Radio de giro  $i_y : 40.41$  mm

$i_z : 40.41$  mm

### Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

#### Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{0.99} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$M_{v,d}^+ : \underline{0.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{v,d}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,v} : \underline{457.33} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,v,d} : \underline{12.67} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

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

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

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_h : \underline{1.10}$$

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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

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

**Resistencia a cortante en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

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

**Resistencia a cortante en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.33} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{196.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.30} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

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

**Resistencia a flexión esviada** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

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

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

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

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.05} \text{ MPa}$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : \underline{0.91} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal  $A : \underline{196.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d} : \underline{0.99} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{v,d} : \underline{0.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,v} : \underline{457.33} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{457.33} \text{ cm}^3$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : \underline{8.71} \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.60}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.10}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,v,d} : \underline{12.67} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{12.67} \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.60}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,v} : \underline{1.10}$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.052} \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

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

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

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

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.082} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : 0.16$  MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d} : 3.09$  kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A : 196.00$  cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : 0.99$  MPa

$\sigma_{m,z,d} : 0.00$  MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{v,d} : 0.45$  kN·m

$M_{z,d} : 0.00$  kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : 457.33$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z} : 457.33$  cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : 17.28$  MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : 0.90$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : 24.00$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : 1.25$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,v,d} : 19.01$  MPa

$f_{m,z,d} : 19.01$  MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : 0.90$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : 24.00$  MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,v} : 1.10$

$k_{h,z} : 1.10$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : 140.00$  mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.20}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.20}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

### 2.2.5.5. Vigas perimetrales

Perfil: 70 Material: Madera (GL24h)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N96	N119	5.500	49.00	200.08	200.08	336.14
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> 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 <sub>K</sub>		0.000	0.000	0.000	0.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)										Estado	
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>		M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N96/N119	η = 10.8	η = 3.5	x: 2.75 m η = 15.6	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 2.9	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 2.75 m η = 21.1	x: 2.75 m η = 15.6	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 21.1
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>x,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

#### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.108** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : 1.41$  MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : 6.90$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : 49.00$  cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $f_{t,0,d} : 13.07$  MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : 0.90$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:  $k_h : 1.10$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción  $h : 70.00$  mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  $f_{t,0,k} : 16.50$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : 1.25$

### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta : 0.035$  ✓

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

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : 0.60$  MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d} : 2.92$  kN

$A$ : Área de la sección transversal  $A : 49.00$  cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d} : 17.28$  MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : 0.90$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : 24.00$  MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : 1.25$

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión, ya que las longitudes de pandeo son nulas.

### Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.156} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

#### Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{1.97} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{0.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{57.17} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,v,d} : \underline{12.67} \text{ MPa}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

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

Clase de servicio

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

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.10}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a flexión en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

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

**Resistencia a cortante en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

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

**Resistencia a cortante en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.029 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_{d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.04 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.08 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 49.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.30 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.60

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 2.70 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

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

**Resistencia a flexión esviada** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

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

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.211 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.179} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

**$\sigma_{t,0,d}$** : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  **$\sigma_{t,0,d}$**  : 1.40 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

**$N_{t,0,d}$** : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

**$N_{t,0,d}$**  : 6.84 kN

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 49.00 cm<sup>2</sup>

**$\sigma_{m,d}$** : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

**$\sigma_{m,y,d}$**  : 1.97 MPa

**$\sigma_{m,z,d}$**  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

**$M_d$** : Momento flector de cálculo

**$M_{v,d}$**  : 0.11 kN·m

**$M_{z,d}$**  : 0.00 kN·m

**$W_{el}$** : Módulo resistente elástico de la sección transversal

**$W_{el,v}$**  : 57.17 cm<sup>3</sup>

**$W_{el,z}$**  : 57.17 cm<sup>3</sup>

**$f_{t,0,d}$** : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

**$f_{t,0,d}$**  : 13.07 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

**$k_{mod}$** : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

**$k_{mod}$**  : 0.90

**$k_h$** : Factor de altura, dado por:

**$k_h$**  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 70.00 mm

**$f_{t,0,k}$** : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

**$f_{t,0,k}$**  : 16.50 MPa

**$\gamma_M$** : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**$\gamma_M$**  : 1.25

**$f_{m,d}$** : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**$f_{m,v,d}$**  : 19.01 MPa

**$f_{m,z,d}$**  : 19.01 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

**$k_{mod}$** : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

**$k_{mod}$**  : 0.90

**$f_{m,k}$** : Resistencia característica a flexión

**$f_{m,k}$**  : 24.00 MPa

**$k_h$** : Factor de altura, dado por:

**$k_{h,v}$**  : 1.10

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.156} \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.109} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

La comprobación no procede, ya que, para ambos ejes, la longitud de pandeo es nula.

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d} : \underline{0.14}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{49.00}$ cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y,d} : \underline{1.97}$ MPa
	$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00}$ MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{y,d} : \underline{0.11}$ kN·m
	$M_{z,d} : \underline{0.00}$ kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y} : \underline{57.17}$ cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z} : \underline{57.17}$ cm <sup>3</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d} : \underline{11.52}$ MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.60}$
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d} : \underline{12.67}$ MPa
	$f_{m,z,d} : \underline{12.67}$ MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.60}$
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y} : \underline{1.10}$
	$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción  $h : \underline{70.00}$  mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 70.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub>** : 0.70

**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

## 2.2.5.6. Correas

### 2.2.5.6.1. Correas de cubierta

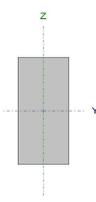
Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: GL-24h 140x100	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.00 m	Número de vanos: Un vano
Tipo de material: Madera laminada encolada GL-24h	Tipo de fijación: Fijación rígida

#### Flecha máxima admisible.

$$f = \frac{L}{300} = \frac{5500\text{mm}}{300} = 18,33 \text{ mm}$$

Cargas	Combinación de hipótesis más desfavorable
G1=0,03552 kN/m	1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*Q + 1.00*N(EI) + 1.00*V(180°) H2
G2=0,02 kN/m	
Q=1kN/m	<b>Carga bajo combinación de hipótesis más desfavorable</b>
N=0,21kN/m	p=0,0024 kN/m
V(180) H2=1,086 kN/m	

$$\rho_{g,k} = 3,724 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3 \quad E_m = 11,6 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$$

140 x 100		
	A=14000 mm <sup>2</sup>	I=2286,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>
G=0,052 N/mm		
G=5,32 kg/m		

$$f_i = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot I_y} = \frac{384 \cdot 0,0024 \cdot 5500^4}{5 \cdot 11,6 \cdot 10^3 \cdot 2286,67 \cdot 10^4} = 0,107 \text{ mm}$$

Flecha final:

$$f_f = f_i \cdot (1 + k_{def}) = 0,107 \cdot (1 + 0,8) = 0,194\text{mm}$$

$$k_{def} = 0,8 \text{ (Madera laminada y clase de servicio 2)}$$

Cumple la sección cuadrada 140 x 100 de madera laminada:

$$0,194 \text{ mm} = f_f \leq f = 18,33 \text{ mm}$$

### Resistencia a flexión. Eje Y. (CTE DB SE-M: 6.1.6 – 6.3.3)

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.88 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo 0.498, 33.000, 6.048, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

### Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,v,d}^+ : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,v,d}^- : \underline{\quad 9.33 \quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{v,d}^+ : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{v,d}^- : \underline{\quad 5.45 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,v} : \underline{\quad 326.67 \quad} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,v,d} : \underline{\quad 18.94 \quad} \text{ MPa}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{\quad 0.90 \quad}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{\quad 24.00 \quad} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{\quad 1.10 \quad}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{\quad 1.25 \quad}$$

### 2.2.5.6.2. Correas laterales

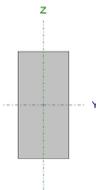
Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: GL-24h 140x120	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.20 m	Número de vanos: Un vano
Tipo de material: Madera laminada encolada GL-24h	Tipo de fijación: Fijación rígida

#### Flecha máxima admisible.

$$f = \frac{L}{300} = \frac{5500\text{mm}}{300} = 18,33\text{ mm}$$

Cargas	Combinación de hipótesis más desfavorable
G1=0,03552 kN/m	1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(270°) H1
G2=0,024 kN/m	<b>Carga bajo combinación de hipótesis más desfavorable</b>  p=0,00082 kN/mm
V(180) H2=0,548 kN/m	

$$\rho_{g,k} = 3,724 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3 \quad E_m = 11,6 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$$

140 x 120		
	A=14000 mm <sup>2</sup>	I=2744·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>
G=0,0625 N/mm G=6,384 kg/m		

$$f_i = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 0,00082 \cdot 5500^4}{384 \cdot 11,6 \cdot 10^3 \cdot 2744 \cdot 10^4} = 0,0307\text{ mm}$$

Flecha final:

$$f_f = f_i \cdot (1 + k_{def}) = 0,107 \cdot (1 + 0,8) = 0,055\text{mm}$$

$$k_{def} = 0,8 \text{ (Madera laminada y clase de servicio 2)}$$

Cumple la sección cuadrada 140 x 120 de madera laminada:

$$0,0307 \text{ mm} = f_f \leq f = 18,33 \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión. Eje Y.** (CTE DB SE-M: 6.1.6 – 6.3.3)

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.93 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo 0.498, 33.000, 6.048, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,v,d}^+$  : 0.00 MPa  
 $\sigma_{m,v,d}^-$  : 17.60 MPa

$M_{v,d}^+$  : 0.00 kN·m  
 $M_{v,d}^-$  : 6.90 kN·m

$W_{el,v}$  : 392.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,v,d}$  : 18.94 MPa

$k_{mod}$  : 0.90

**Clase** : Corta duración

**Clase** : 2

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$  : 1.10

$h$  : 140.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

<b>Medición de correas</b>		
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m
Correas de cubierta	22	5.32
Correas laterales	12	6.384

## 2.2.5.7. Placas de anclaje

### 2.2.5.7.2. Placas de anclaje pilares hastiales de los pórticos de fachada (Tipo 1)

Referencia: -Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=40 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x30x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 43.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 71.12 kN Calculado: 45.38 kN Máximo: 49.78 kN Calculado: 4.67 kN Máximo: 71.12 kN Calculado: 52.05 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 80.4 kN Calculado: 42.81 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 217.075 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 4.38 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 70.9497 MPa Calculado: 71.1127 MPa Calculado: 103.028 MPa Calculado: 106.019 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 8383.27 Calculado: 8333.19 Calculado: 11974.9 Calculado: 10836.3	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: -Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=40 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x30x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.11		

### 2.2.5.7.2. Placas de anclaje pilares de esquina de los pórticos de fachada (Tipo 2)

Referencia: -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 34.3 kN Máximo: 37.34 kN Calculado: 4.06 kN Máximo: 53.34 kN Calculado: 40.11 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 80.4 kN Calculado: 32.4 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 164.683 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 3.8 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 86.4656 MPa Calculado: 86.454 MPa Calculado: 229.467 MPa Calculado: 212.067 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	

Referencia: -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
- Derecha:	Calculado: 2986.43	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2571.9	Cumple
- Arriba:	Calculado: 417.198	Cumple
- Abajo:	Calculado: 521.05	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.127		

### 2.2.5.7.3. Placas de anclaje pilares de los pórticos interiores (Tipo 3)

Referencia: -Placa base: Ancho X: 400 mm Ancho Y: 700 mm Espesor: 25 mm -Pernos: 4Ø25 mm L=40 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 320 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 28 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 111.12 kN Calculado: 68.53 kN Máximo: 77.78 kN Calculado: 9.24 kN Máximo: 111.12 kN Calculado: 81.72 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 196.4 kN Calculado: 64.76 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 135.84 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 327.38 kN Calculado: 8.37 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 40.3783 MPa Calculado: 41.1378 MPa	Cumple Cumple

<b>Referencia:</b> -Placa base: Ancho X: 400 mm Ancho Y: 700 mm Espesor: 25 mm -Pernos: 4Ø25 mm L=40 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
<b>Comprobación</b>	<b>Valores</b>	<b>Estado</b>
- Arriba:	Calculado: 137.828 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 143.385 MPa	Cumple
<b>Flecha global equivalente:</b> <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>		
	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 12226.4	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 11981.9	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1061.12	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1019.05	Cumple
<b>Tensión de Von Mises local:</b> <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>		
	Máximo: 261.905 MPa	
	Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
<b>Información adicional:</b> - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0886		

## 2.2.5.8. Cimentación

### 2.2.5.8.2. Zapatas pilares pórticos interiores (Tipo 1)

Referencia: Zapata tipo 1		
Dimensiones: 150 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0455184 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0670023 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0910368 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: 8832.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 37.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 7.58 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 121.87 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 67.30 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 47.8 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 110 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N49:	Mínimo: 40 cm Calculado: 102 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple

Referencia: Zapata tipo 1		
Dimensiones: 150 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 138 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 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: 19 cm Calculado: 141 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 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

Referencia: Zapata tipo 1		
Dimensiones: 150 x 285 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- 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		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.01		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.23		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 669.92 kN		

### 2.2.5.8.2. Zapatas pilares pórticos de fachada (Tipo 2)

Referencia: Zapata tipo 2		
Dimensiones: 210 x 210 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0177561 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0159903 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0319806 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: 8215.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 42.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 6.34 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 21.17 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 7.26 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 28.15 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 55.6 kN/m <sup>2</sup>	Cumple

Referencia: Zapata tipo 2 Dimensiones: 210 x 210 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N169:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 42 cm Calculado: 42 cm Calculado: 40 cm Calculado: 40 cm Calculado: 42 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: Zapata tipo 2		
Dimensiones: 210 x 210 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.05		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 498.84 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 498.84 kN		

### 2.2.5.8.3. Vigas de atado (Tipo 1)

Referencia: C.1 [N95-N118] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegan estados de carga a la cimentación.		

#### 2.2.5.8.4. Vigas de atado (Tipo 2)

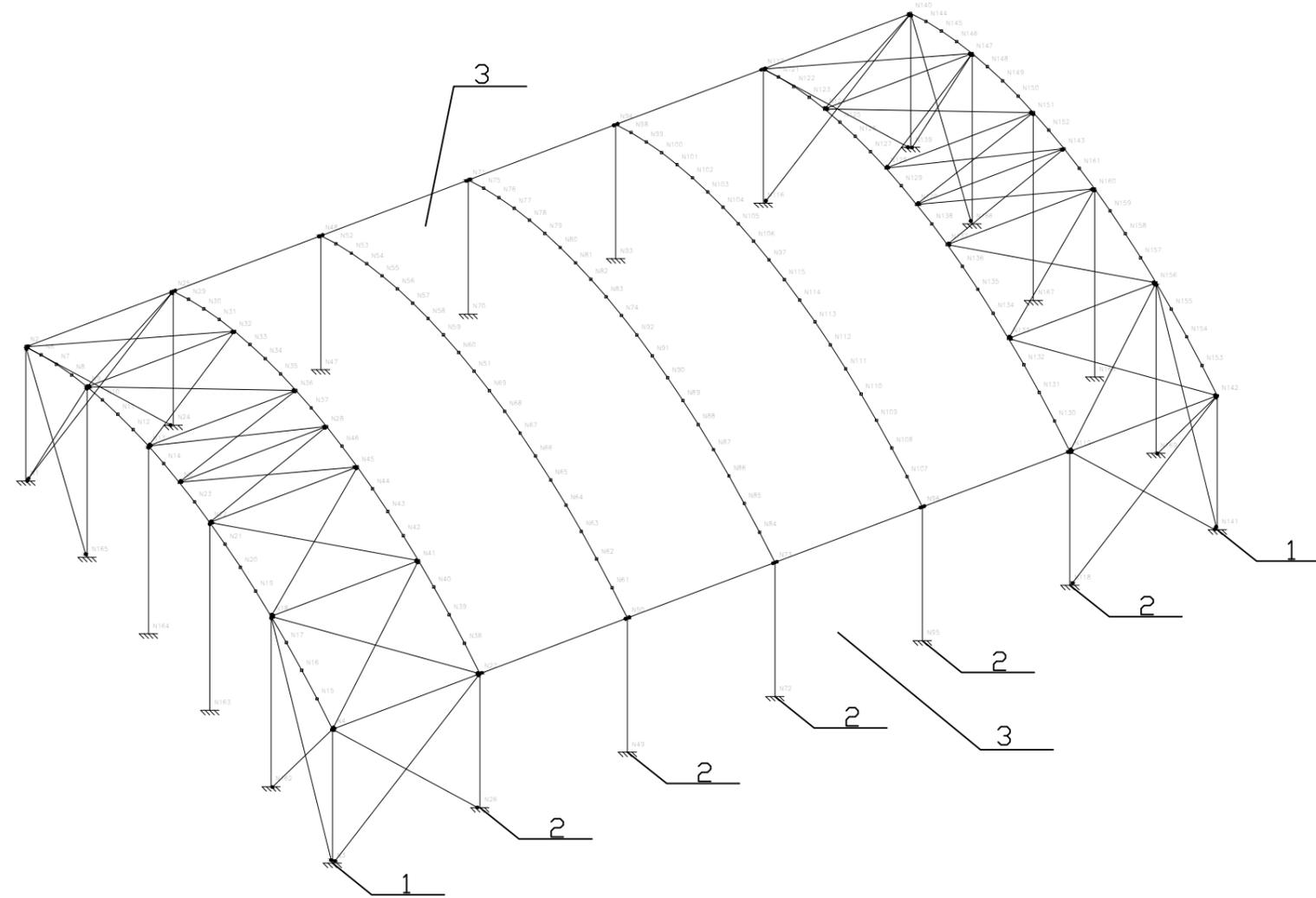
Referencia: C.1 [N164-N163] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

# 3. PLANOS

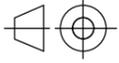
1-Pórtico de fachada

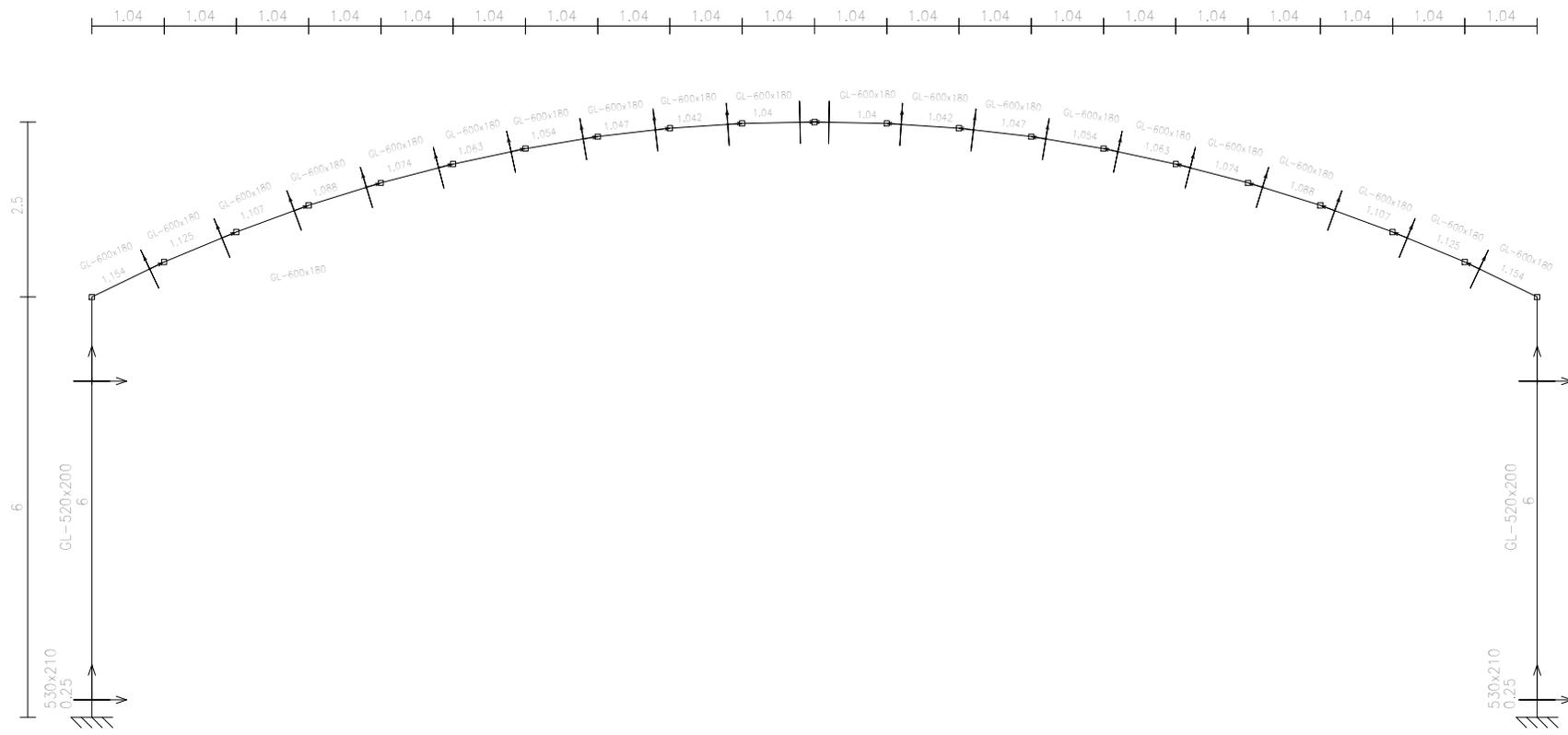
2-Pórtico interior

3-Fachada lateral



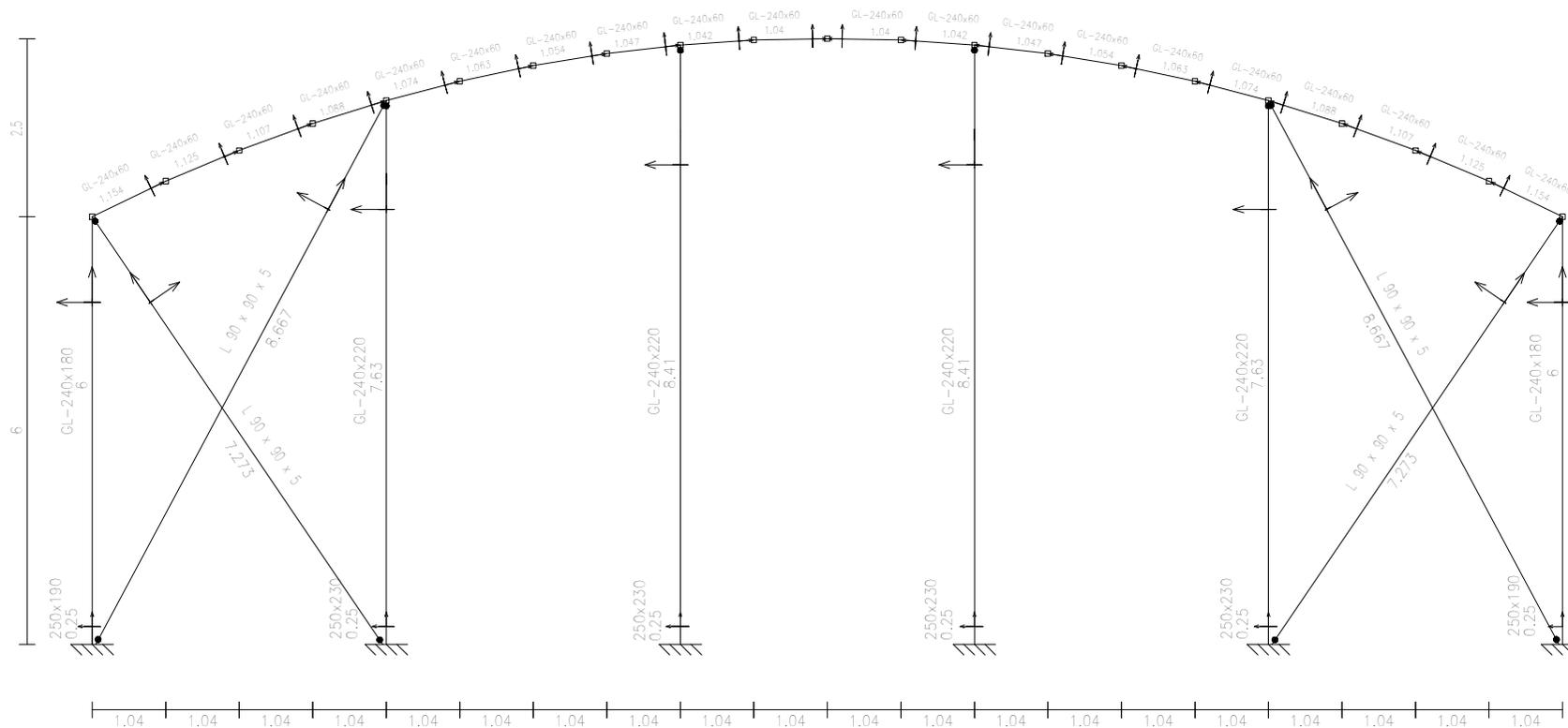
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano nº1	E:1/20	Plano cubierta 3D	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07/09/2017

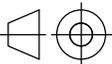


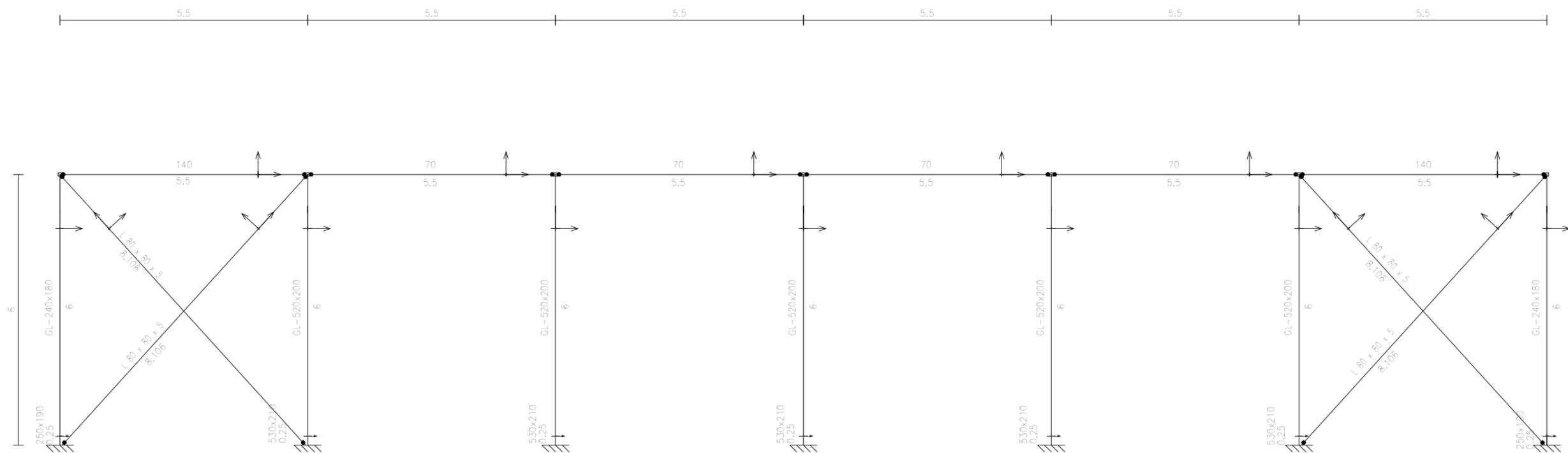
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano nº2	E:1/10	Pórtico interior	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07-09-2017

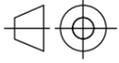


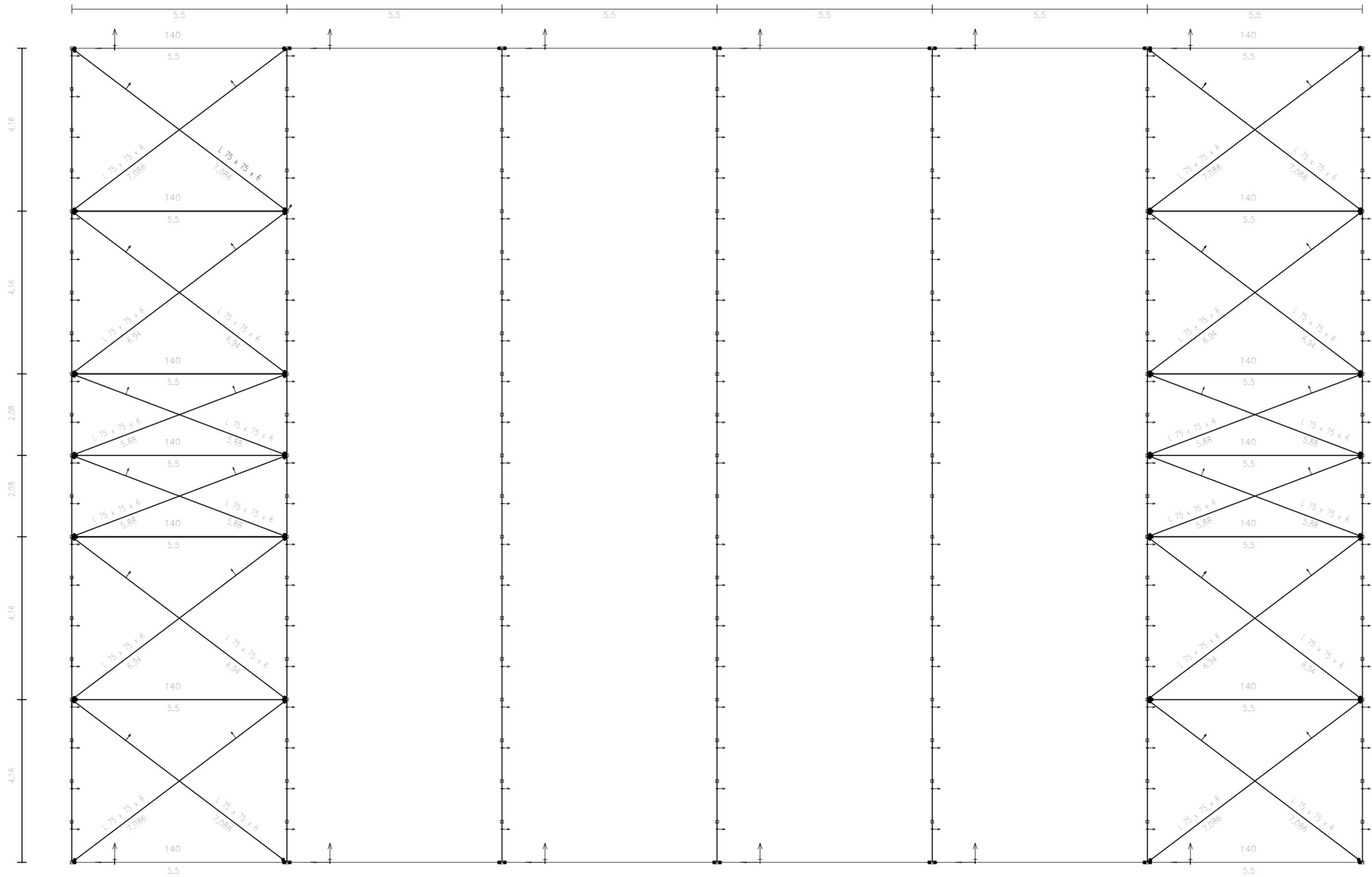
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano nº3	E:1/10	Pórtico de fachada	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07-09-2017

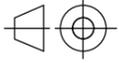


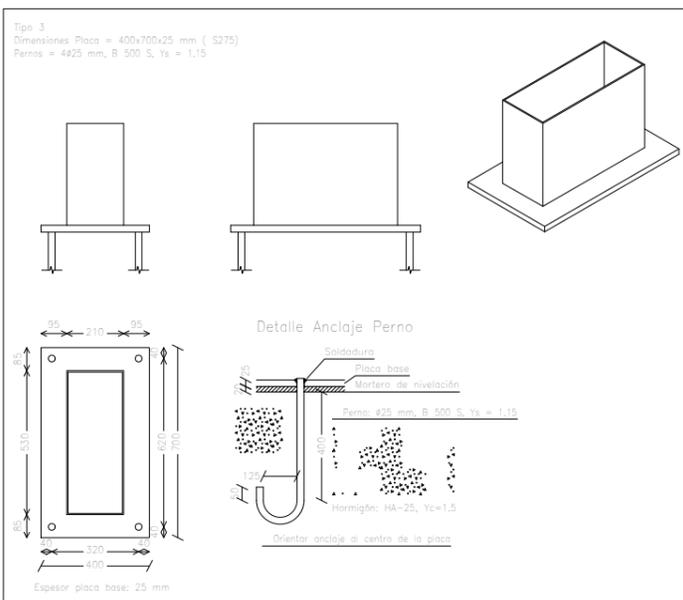
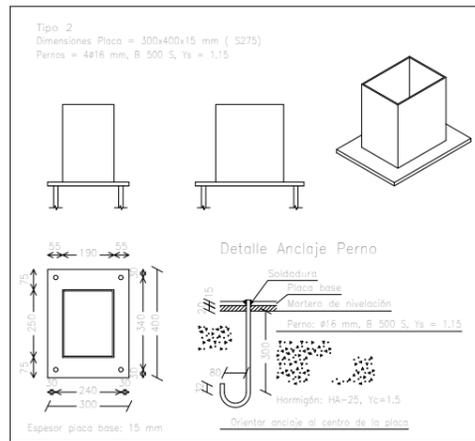
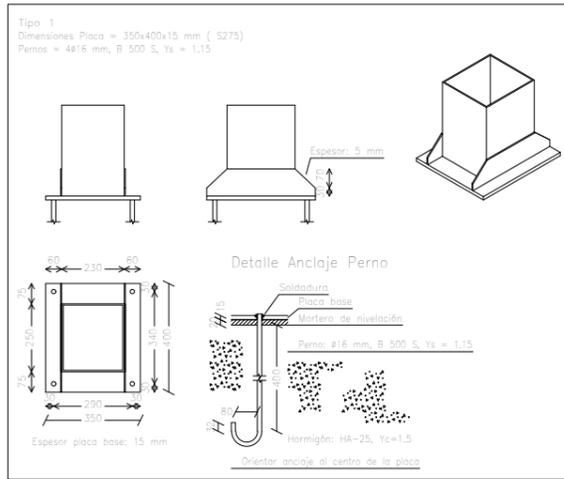
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano nº4	E:1/10	Fachada Lateral	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07/09/2017

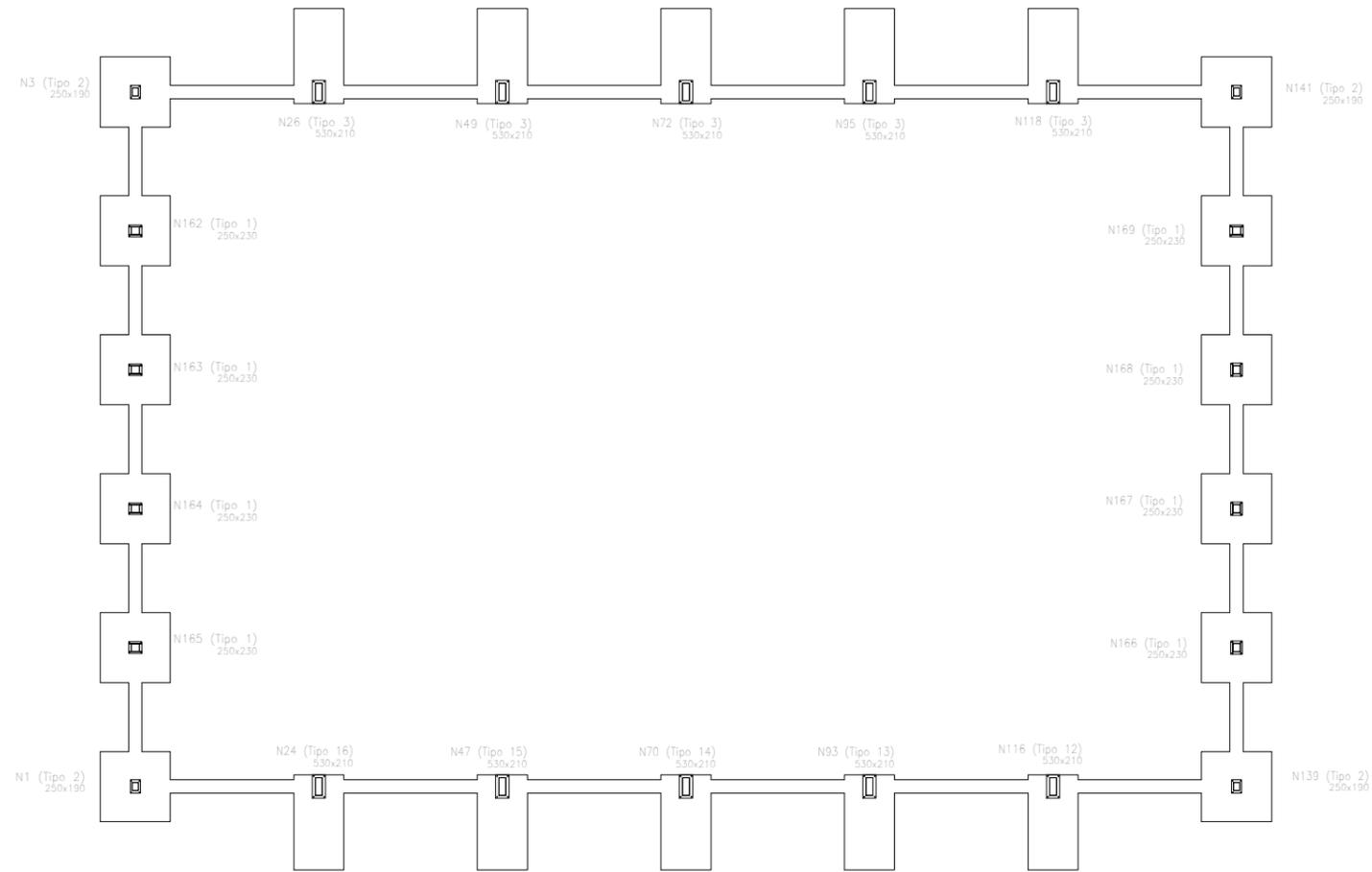


PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano nº5	E:1/10	Plano de cubierta	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07/09/2017



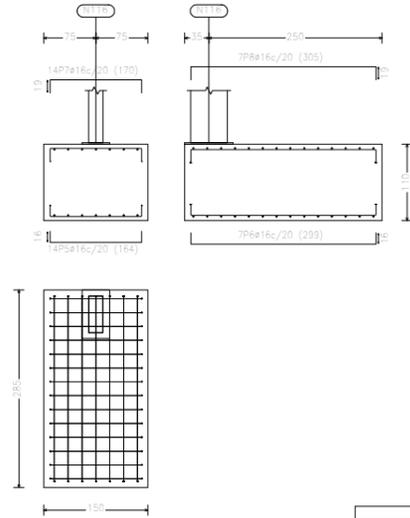
Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N26, N49, N72, N95, N118, N116, N93, N70, N47 y N24	4 Pernos ø 25	Placa base (400x700x25)
N3, N1, N139 y N141	4 Pernos ø 16	Placa base (300x400x15)
N162, N163, N164, N165, N166, N167, N168 y N169	4 Pernos ø 16	Placa base (350x400x15)



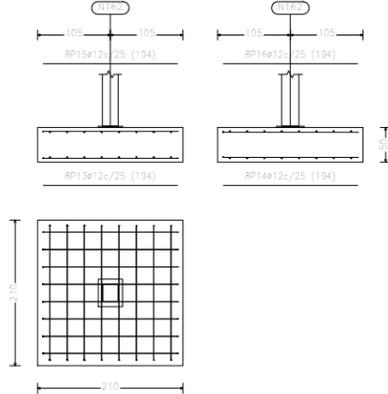
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano nº6	E:1/20	Plano Placas de anclaje	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07/09/2017

(Tipo 1) N26, N49, N72, N95, N118, N116, N93, N70, N47 y N24

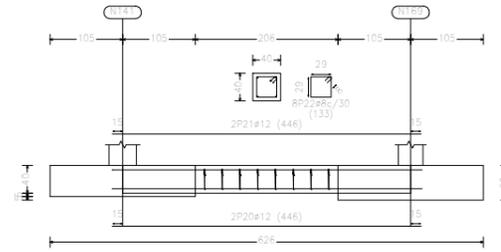


(Tipo 2) N3, N2, N139, N141, N162, N163, N164, N165, N166, N167, N168 y N169

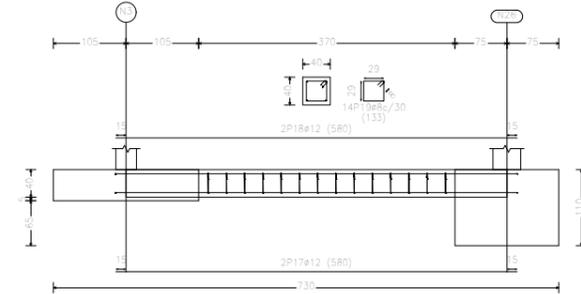


Cuadro de elevaciones de cimentación					
Referencias	Dimensiones (m)	Grutas (m)	Grutas inf. 1	Grutas sup. 1	Grutas sup. 2
N24, N47, N70, N93 y N116	150x285	110	14#16c/20	7#16c/20	7#16c/20
N26, N49, N72, N95 y N118	150x285	110	14#16c/20	7#16c/20	7#16c/20
N3, N2, N139, N141, N162, N163, N164, N165, N166, N167, N168 y N169	210x210	50	8#12c/25	8#12c/25	8#12c/25

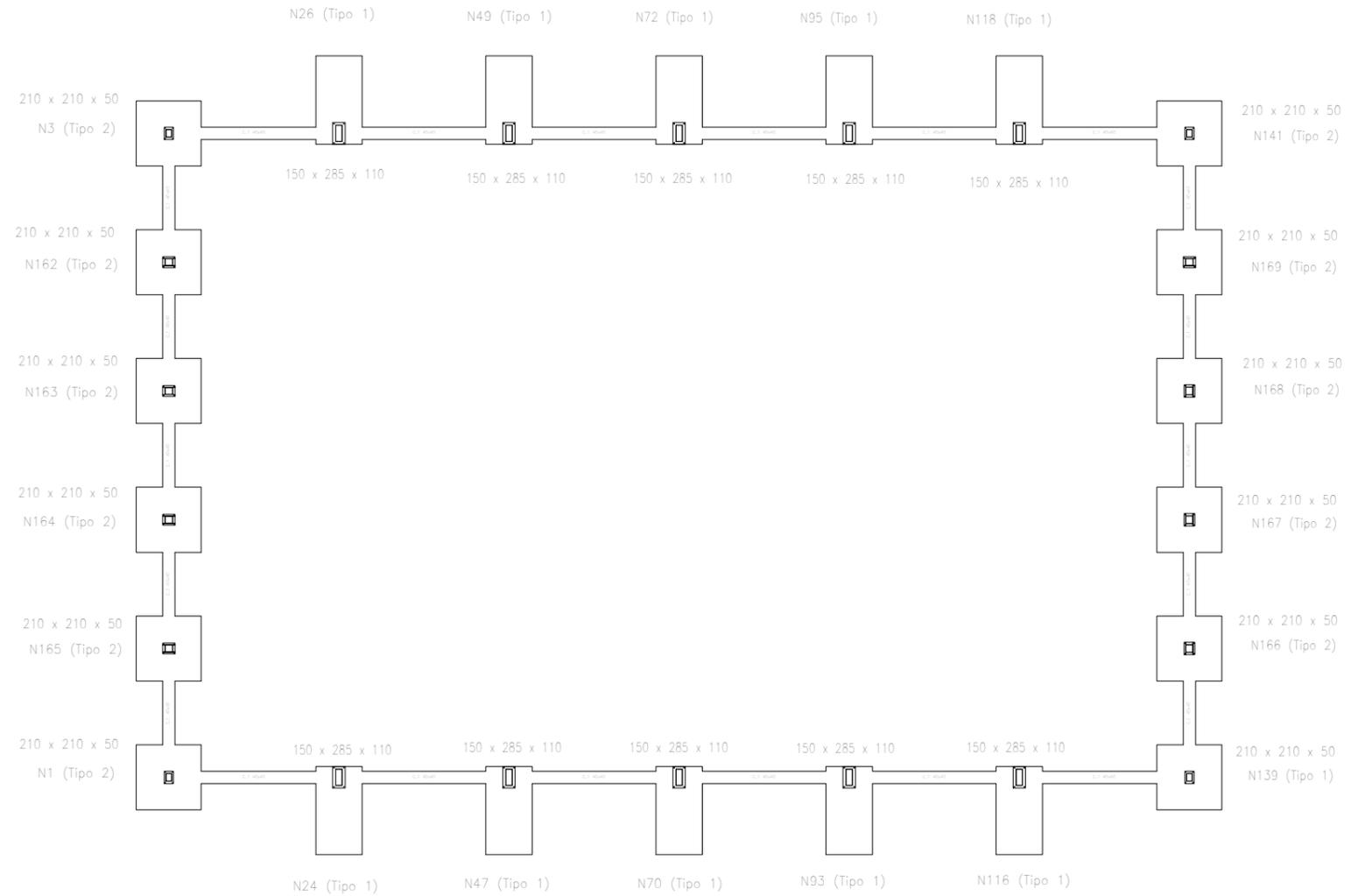
C [N141-N169], C [N169-N168], C [N168-N167], C [N167-N166], C [N166-N139], C [N1-N165], C [N165-N164], C [N164-N163], C [N163-N162] y C [N162-N3]



C [N3-N26], C [N26-N49], C [N49-N72], C [N72-N95], C [N95-N118], C [N118-N141], C [N139-N116], C [N116-N93], C [N93-N70], C [N70-N47], C [N47-N24] y C [N24-N1]



Resumen Acero Elemento y Viga	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ye=1.15 #8	329.8	143	
#12	1201.8	1174	
#16	890.4	1546	2863



PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura de madera de una cubierta curva para una piscina y comparativa económica con la solución realizada en acero laminado

Plano n°7	E:1/20	Plano Cimentación	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	07/09/2017

# 4. PLIEGO DE CONDICIONES

## 4.1. Disposiciones generales

### 4.1.1 Disposiciones de carácter general

#### 4.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en los trabajos definidos en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### 4.1.1.2. 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.

#### 4.1.1.3. Documentación del contrato de obra

El contrato de obra lo integran 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.

#### 4.1.1.4. Reglamentación urbanística y normativa aplicable

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.

#### 4.1.1.5. 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.

#### **4.1.1.6. Accidentes de trabajo**

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y 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, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

#### **4.1.1.7. 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.

## **4.1.2. Disposiciones relativas a los materiales y trabajos realizados**

### **4.1.2.1 Desbroce y limpieza del terreno**

#### **Características técnicas**

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

#### **Normativa de aplicación**

CTE-DB-SE-C. Seguridad estructural: Cimientos. Acondicionamiento del terreno.

#### **Criterio de medición en proyecto**

Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.

#### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

##### **- Del soporte**

Inspección ocular del terreno. Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar.

##### **- Del contratista**

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

## **Proceso de ejecución**

### **- Fases de ejecución**

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

### **- Condiciones de terminación**

La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

#### **4.1.2.2. Zapata de cimentación de hormigón armado**

### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

### **Características técnicas**

Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA- 25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m<sup>3</sup>. Incluso p/p de separadores, y armaduras de espera del pilar.

### **Normativa de aplicación**

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón:

-Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Ejecución:

-CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.

### **Criterio de medición en proyecto**

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

## **Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra**

### **- Del soporte**

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

### **- Ambientales**

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

### **- Del contratista**

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

## **Proceso de ejecución**

### **- Fases de ejecución**

Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

### **- Condiciones de terminación**

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

## **Conservación y mantenimiento**

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

## **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

#### **4.1.2.3. Viga de atado**

##### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

##### **Características técnicas**

Formación de viga de hormigón armado para el atado de la cimentación, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m<sup>3</sup>. Incluso p/p de separadores.

##### **Normativa de aplicación**

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Ejecución CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.

##### **Criterio de medición en proyecto**

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

##### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

###### **- Del soporte**

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

###### **- Ambientales**

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

###### **- Del contratista**

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

## **Proceso de ejecución**

### **- Fases de ejecución**

Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.

### **- Condiciones de terminación**

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno.

## **Conservación y mantenimiento**

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

## **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

### **4.1.2.4. Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes**

#### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

## **Características técnicas**

Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado

alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

## **Normativa de aplicación**

-CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.

-UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

## **Criterio de medición en proyecto**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

## **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

#### **- Ambientales**

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

#### **- Del contratista**

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

#### **Proceso de ejecución**

##### **- Fases de ejecución**

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

##### **- Condiciones de terminación**

La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

#### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

#### **4.1.2.5. Acero en base de pilares**

#### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

#### **Características técnicas**

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 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**

-CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.

-UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos Técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

### **Criterio de medición en proyecto**

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

### **Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra**

#### **- Ambientales**

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

#### **- Del contratista**

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

### **Proceso de ejecución**

#### **- Fases de ejecución**

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

#### **- Condiciones de terminación**

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

#### **4.1.2.6. Madera laminada encolada GL-24h en pilares y vigas**

### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

Se evitará el contacto directo de la madera con el cemento y la cal.

---

### **Características técnicas**

Suministro y colocación de viga y pilar de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, hasta 25 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 (3 mm en las caras laterales de la albura) según UNE-EN 351-1. Incluso cortes, entalladuras para su correcto acoplamiento, nivelación y colocación de los elementos de atado y refuerzo. Trabajada en taller y colocada en obra.

### **Normativa de aplicación**

Ejecución: CTE. DB-SE-M Seguridad estructural: Madera.

### **Criterio de medición en proyecto**

Peso nominal y volumen medido según documentación gráfica de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrías rectangulares o cuadradas, y la longitud incluyendo las entregas.

### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

#### **- Del soporte.**

El contenido de humedad de la madera será el de equilibrio higroscópico antes de su utilización en obra.

### **Proceso de ejecución**

#### **- Fases de ejecución**

Replanteo y marcado de ejes, en los puntos de apoyo de las vigas. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Comprobación final del aplomado y de los niveles.

#### **- Condiciones de terminación**

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

### **Conservación y mantenimiento**

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

---

## **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrías rectangulares o cuadradas, incluyendo en la longitud las entregas. Se consideran incluidos todos los elementos integrantes de la estructura señalados en los planos y detalles del Proyecto.

### **4.1.2.7. Madera laminada encolada GL-24h en correas**

#### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

Se evitará el contacto directo de la madera con el cemento y la cal.

#### **Características técnicas**

Suministro y colocación de viga y pilar de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, hasta 15 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194 y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 (3 mm en las caras laterales de la albura) según UNE-EN 351-1. Incluso cortes, entalladuras para su correcto acoplamiento, nivelación y colocación de los elementos de atado y refuerzo. Trabajada en taller y colocada en obra.

#### **Normativa de aplicación**

Ejecución: CTE. DB-SE-M Seguridad estructural: Madera.

#### **Criterio de medición en proyecto**

Peso nominal y volumen medido según documentación gráfica de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrías rectangulares o cuadradas, y la longitud incluyendo las entregas.

#### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

##### **- Del soporte.**

El contenido de humedad de la madera será el de equilibrio higroscópico antes de su utilización en obra.

## **Proceso de ejecución**

### **- Fases de ejecución**

Replanteo y marcado de ejes, en los puntos de apoyo de las vigas. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Comprobación final del aplomado y de los niveles.

### **- Condiciones de terminación**

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

## **Conservación y mantenimiento**

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

## **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, apoyándose en las mayores dimensiones transversales para aquellas piezas que no tengan escuadrías rectangulares o cuadradas, incluyendo en la longitud las entregas. Se consideran incluidos todos los elementos integrantes de la estructura señalados en los planos y detalles del Proyecto.

### **4.1.2.8. Cubierta de placas de policarbonato**

#### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

#### **Características técnicas**

Suministro y montaje de cobertura de con placas translúcidas planas de policarbonato, PC Celular "ONDULINE", con una transmisión de luminosidad del 90%, 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**

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 de las unidades de obra**

### **- Del soporte**

La naturaleza del soporte permitirá el anclaje mecánico de las placas, y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.

### **- Ambientales**

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 1°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

## **Proceso de ejecución**

### **- Fases de ejecución**

Replanteo de las placas por faldón. Corte, preparación y colocación de las placas. Ejecución de juntas y perímetro. Fijación mecánica de las placas. Resolución de puntos singulares con piezas de remate.- Condiciones de terminación

### **- Condiciones de terminación**

Serán básicas las condiciones de estanqueidad y el mantenimiento de la integridad de la cobertura frente a la acción del viento.

## **Conservación y mantenimiento**

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

## **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

## 4.2. Disposiciones facultativas

### 4.2.1. Definición, 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 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

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 L.O.E. 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:

#### 4.2.1.1. El Promotor

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

##### Obligaciones

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
  - Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.
  - Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.
  - Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.
  - Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder
-

- La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.
- Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

#### **4.2.1.2. El Projectista**

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

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

##### Obligaciones

- Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
  - Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.
  - Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
-

- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Arquitecto y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.
- Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Arquitecto y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.
- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

#### **4.2.1.3. El Constructor o Contratista**

Agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

##### Obligaciones

- Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
  - Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
  - Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
  - Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del RD 1627/97 de 24 de octubre.
-

- Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.
- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.
- Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Arquitecto Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.
- Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.
- Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Director de Ejecución Material de la Obra.

- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.
- Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.
- Poner a disposición del proyecto los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad.
- Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.
- Facilitar a los Directores de Obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

#### **4.2.1.4. El Director de Obra**

Agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que 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.

### Obligaciones

- Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
- Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.
- Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la

redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

- Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.
  - Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.
  - Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.
  - Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.
  - Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas.
-

- Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.
- Además de todas las facultades que corresponden al Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

#### **4.2.1.5. Laboratorios y entidades 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.

##### Obligaciones

- Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.
- Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

#### **4.2.1.6. 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.

##### Obligaciones

- Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.
  - Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.
-

### 4.3. Disposiciones económicas

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

#### 4.3.1. 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 se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

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, 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.

#### 4.3.2. Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), 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.

#### 4.3.3. Fianzas

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

#### **4.3.3.1. 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.

#### **4.3.3.2. 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.

#### **4.3.3.3. 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.

#### **4.3.4. Presupuesto y precios**

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

##### **4.3.4.1. Precio básico**

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

##### **4.3.4.2. 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.

#### **4.3.4.3. Presupuesto de Ejecución Material**

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.

#### **4.3.4.4. 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.

#### **4.3.4.5. Aplicación de 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.

#### **4.3.4.6. 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.

#### **4.3.4.7. 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.

### **4.3.5. Valoración y abonos de los trabajos**

#### **4.3.5.1. 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 la propiedad 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, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

#### **4.3.5.2. 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, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y 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.

#### **4.3.5.3. 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.

#### **4.3.6. Indemnizaciones**

##### **4.3.6.1. 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.

##### **4.3.6.2. Demora de los pagos por parte del Promotor**

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

#### **4.3.7. Varios**

##### **4.3.7.1. Unidades de obra defectuosas**

Las obras defectuosas no se valorarán.

##### **4.3.7.2. 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.

##### **4.3.7.3. 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

##### **4.3.7.4. 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.

#### **4.3.8. 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.

#### **4.3.9. Plazos de ejecución**

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

#### **4.3.10. 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.

#### **4.3.11. 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.

# 5. PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

## 5.1. Presupuesto

### 5.1.1. Demoliciones y movimientos de tierras

<b>1. Demoliciones y movimientos de tierras</b>		
<b>1.1. Demolicion murete</b>		
<b>Descripción</b>		
Demolición del muro de fábrica con medios manuales, asegurando que las zonas a demoler habrán sido identificadas y marcadas y que el elemento objeto de la demolición no estará sometido a la acción de cargas o empujes de tierras. Fragmentación de los escombros en piezas manejables, retirada y acopio de escombros, limpieza de los restos de obra y carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Se medirá la superficie demolida según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/m2)</b>	<b>Importe (€)</b>
22,22	39,49	877,29
<b>1.2. Demolicion estructura metalica</b>		
<b>Descripción</b>		
Demolición de pilares y vigas metálicas, formadas por piezas simples de perfil de acero laminado IPE 100 o similar, de más de 3 m de longitud media, con equipo de oxicorte. Incluso p/p de limpieza, acopio, retirada y carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Las zonas a demoler habrán sido identificadas y marcadas. El elemento objeto de la demolición no estará sometido a la acción de cargas o momentos. Se medirá la longitud realmente desmontada según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
82,00	13,32	1092,24
<b>1.3. Retirada pavimento</b>		
<b>Descripción</b>		
Demolición del pavimento exterior de baldosas de piedra con martillo neumático. 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. Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
364,00	7,60	2766,40

<b>1.4. Desbroce</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. 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. Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga mecánica a camión. No incluye transporte a vertedero autorizado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>		
<b>Medición (m)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
364	0,83	302,12
<b>Total Demoliciones y movimientos de tierras</b>		<b>5.038,05 €</b>

## 5.1.2. Cimentación superficial

<b>2. Cimentación superficial</b>		
<b>2.1. Zapatas</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m<sup>3</sup>, sin incluir el encofrado en este precio. 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.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas, fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>		
<b>Medición (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Precio (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Importe (€)</b>
82,17	144,40	11.865,35 €
<b>2.2. Vigas de atado</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Formación de viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m<sup>3</sup>, sin incluir el encofrado en este precio. 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.</p> <p>Incluye: Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>		
<b>Medición (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Precio (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Importe (€)</b>
13	153,40	1.994,20 €
<b>Total Cimentación superficial</b>		<b>13.859,55 €</b>

### 5.1.3. Estructura

<b>3. Estructura</b>		
<b>3.1. Madera</b>		
<b>3.1.1. Pilares</b>		
<b>Descripción</b>		
Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para pilar de sección constante hasta 15 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24 h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194, y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 según UNE-EN 351-1, trabajada en taller. Oficial 1ª montador de estructura de madera y ayudante montador de estructura de madera. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
4447,13	3,38	15.031,30 €
<b>3.1.2. Vigas</b>		
<b>Descripción</b>		
Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para viga de sección constante y hasta 25 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194, y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 según UNE-EN 351-1, trabajada en taller. Oficial 1ª montador de estructura de madera y ayudante montador de estructura de madera. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
5649,22	3,38	19.094,36 €
<b>3.1.3. Montantes VCV</b>		
<b>Descripción</b>		
Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para elementos de sección constante y hasta 25 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194, y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 según UNE-EN 351-1, trabajada en taller. Oficial 1ª montador de estructura de madera y ayudante montador de estructura de madera. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
694,23	3,38	2.346,50 €

<b>3.1.4. Vigas perimetrales</b>		
<p>Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para elementos de sección constante y hasta 25 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194, y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 según UNE-EN 351-1,, trabajada en taller. Oficial 1ª montador de estructura de madera y ayudante montador de estructura de madera . Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<i>Medición (kg)</i>	<i>Precio (€/kg)</i>	<i>Importe (€)</i>
99,18	3,38	335,23 €
<b>3.2. Acero</b>		
<b>3.2.1. Perfiles tubulares cuadrados ala base pilar</b>		
<i>Descripción</i>		
<p>Acero S275JR en sistemas de arriostramiento, con piezas simples de perfiles laminados en caliente con uniones soldadas.Incluye:Perfilería, imprimación de secado rápido, formulada con base de zinc, esmalte de color a elección del cliente con protección UV y a inclemencias meteorológicas, oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica y equipo de soldadura. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<i>Medición (kg)</i>	<i>Precio (€/kg)</i>	<i>Importe (€)</i>
250,81	1,97	494,10 €
<b>3.2.2. Diagonales VCV</b>		
<i>Descripción</i>		
<p>Acero S275JR en sistemas de arriostramiento, con piezas simples de perfiles laminados en caliente con uniones soldadas.Incluye:Perfilería, imprimación de secado rápido, formulada con base de zinc, esmalte de color a elección del cliente con protección UV y a inclemencias meteorológicas, oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica y equipo de soldadura. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<i>Medición (kg)</i>	<i>Precio (€/kg)</i>	<i>Importe (€)</i>
1091,39	1,97	2.150,04 €

<b>3.2.3. Cruces de San Andrés</b>		
<b>Descripción</b>		
Acero S275JR en sistemas de arriostamiento, con piezas simples de perfiles laminados en caliente con uniones soldadas. Incluye: Perfilería, imprimación de secado rápido, formulada con base de zinc, esmalte de color a elección del cliente con protección UV y a inclemencias meteorológicas, oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica y equipo de soldadura. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
844,54	1,97	1.663,74 €
<b>3.2.4. Placas de anclaje pilares hastiales (GL 24-h 240x220)</b>		
<b>Descripción</b>		
Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR en perfil laminado en caliente, con rigidizadores, de 350x400 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado B 500 S de 16 mm de diámetro y 40 cm de longitud. Trabajado y montado en taller, preparado de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (uds)</b>	<b>Precio (ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
4	41,61	166,44 €
<b>3.2.5. Placas de anclaje pilares de esquina pórticos de fachada (GL 24-h 240x180)</b>		
<b>Descripción</b>		
Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR en perfil laminado en caliente, con rigidizadores, de 300x400 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado B 500 S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud. Trabajado y montado en taller, preparado de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (uds)</b>	<b>Precio (€/ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
8	36,15	289,20 €

### 3.6. Placas de anclaje pilares pórticos interiores (HEB 200)

Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR en perfil laminado en caliente, con rigidizadores, de 400x700 mm y espesor 25 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado B 500 S de 25 mm de diámetro y 40 cm de longitud. Trabajado y montado en taller, preparado de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

<i>Medición (uds)</i>	<i>Precio (€/ud)</i>	<i>Importe (€)</i>
10	118,41	1.184,10 €
<b>Total Estructura</b>		<b>42.755,01 €</b>

## 5.1.4. Cubierta

<b>4. Cubierta</b>		
<b>4.1. Correas cubierta (GL 24-h 140x100)</b>		
<b>Descripción</b>		
Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para viga de sección constante y hasta 15 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194, y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 según UNE-EN 351-1,, trabajada en taller. Oficial 1ª montador de estructura de madera y ayudante montador de estructura de madera. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
3862,32	3,38	13.054,64 €
<b>4.2. Correas laterales (CF200x2)</b>		
<b>Descripción</b>		
Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para viga de sección constante y hasta 15 m de longitud, para aplicaciones estructurales, clase resistente GL-24h según UNE-EN 390 y UNE-EN 1194, y protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP1 y NP2 según UNE-EN 351-1,, trabajada en taller. Oficial 1ª montador de estructura de madera y ayudante montador de estructura de madera. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
2528,064	3,38	8.544,86 €
<b>4.3. Placas policarbonato celular (16mm)</b>		
<b>Descripción</b>		
Placas alveolares de policarbonato celular incolora y 16 mm de espesor. Perfilera universal de aluminio, con gomas de neopreno, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios. Incluye: oficial 1ª montador, ayudante montador. Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/m2)</b>	<b>Importe (€)</b>
711,48	17,46	12.422,44 €

<b>4.4. Placas policarbonato celular (5mm)</b>		
<b>Descripción</b>		
Placas alveolares de policarbonato celular incolora y 16 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios. Incluye: oficial 1ª montador, ayudante montador. Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
708	23,57	16.687,56 €
<b>Total Cubierta</b>		<b>50.709,50 €</b>

### 5.1.5. Proyecto y permisos

<b>5. Proyecto y permisos</b>		
<b>5.1. Coste del proyecto</b>		
<b>Descripción</b>		
Estudio paramétrico, diseño y cálculo de la cubierta. Incluye trabajo de ingeniero industrial		
<b>Medición (h)</b>	<b>Precio (€/h)</b>	<b>Importe (€)</b>
135	35,00	4.725,00 €
<b>5.2 Permisos de obra</b>		
<b>Descripción</b>		
Se estima entorno al 2% del presupuesto de la obra.		
<b>Medición (%)</b>	<b>Precio obra (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
2	112.362,10 €	2.247,24 €
<b>Total Proyecto y permisos</b>		<b>6.972,24 €</b>

### 5.1.6. Presupuesto Total

<b>Total Demoliciones y movimientos de tierras</b>	5.038,05 €
<b>Total Cimentación superficial</b>	13.859,55 €
<b>Total Cimentación superficial</b>	42.755,01 €
<b>Total Cubierta</b>	50.709,50 €
<b>Total Proyecto y permisos</b>	6.972,24 €
<b>IVA</b>	21%
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>144.394,55 €</b>

El presupuesto total es de ciento cuarenta y cuatro mil trescientos noventa y cuatro euros con cincuenta y cinco céntimos.

## 5.2. Estudio económico

Para realizar el balance ingresos-gastos y el estudio de rentabilidad del proyecto se toman datos relativos a precios y plazas ofertadas en las piscinas municipales del municipio de Gandia.

### 5.2.1. Balance Ingresos-Gastos

Los principales datos de los que se dispone son:

TARIFAS CUATRIMESTRE DOS DIAS SEMANALES			
	PRECIO (€)	TURNOS/DÍA	DURACIÓN TURNO (min)
NIÑOS	111,42	5 turnos	45 min
ADULTOS	114,38	11 turnos	45 min

PLAZAS OFERTADAS				
	PERSONAS /TURNO	Nº TURNOS	GRUPOS SEMANALES	TOTAL
NIÑOS	24	5	3	360
ADULTOS	30	11	3	990

OCUPACIÓN PREVISTA			
	OCUPACIÓN	PLAZAS OFERTADAS	TOTAL
NIÑOS	90,00%	360	324
ADULTOS	80,00%	990	792

INGRESOS (Anuales)				
	PLAZAS OCUPADAS	Nº CUATRIMESTRES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
NIÑOS	324	3	111,42	108300,24
ADULTOS	792	3	114,38	271766,88
			<b>TOTAL</b>	380067,12

GASTOS (Anuales)	
CONCEPTO	VALOR (€)
PERSONAL	190033,56
MANTENIMIENTO	30405,37
GASTOS AGUA Y LUZ	76013,42
LIMPIEZA	26604,70
ESTRUCTURA	38006,71
TOTAL	361063,76

BALANCE	
CONCEPTO	VALOR (€)
INGRESOS	380067,12
GASTOS	361063,76
BENEFICIO	19003,36

## 5.2.2. Estudio de rentabilidad del proyecto

- VAN (Valor actual neto)

Se considera que la vida de la estructura proyectada debe ser como mínimo de 25 años con un tipo de interés del 3%, siendo el flujo de caja de cada año constante.

TIPO DE INTERÉS:k	3%	$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$
INVERSIÓN INICIAL (€)	-144394,55	
PERIODOS	FLUJO DE CAJA (€)	VAN
AÑO 1	38006,71	517.421,94 €
AÑO 2	38006,71	
AÑO 3	38006,71	
AÑO 4	38006,71	
AÑO 5	38006,71	
AÑO 6	38006,71	
AÑO 7	38006,71	
AÑO 8	38006,71	
AÑO 9	38006,71	
AÑO 10	38006,71	
AÑO 11	38006,71	
AÑO 12	38006,71	
AÑO 13	38006,71	
AÑO 14	38006,71	
AÑO 15	38006,71	
AÑO 16	38006,71	
AÑO 17	38006,71	
AÑO 18	38006,71	
AÑO 19	38006,71	
AÑO 20	38006,71	
AÑO 21	38006,71	
AÑO 22	38006,71	
AÑO 23	38006,71	
AÑO 24	38006,71	
AÑO 25	38006,71	

-TIR (Tasa interna de retorno)

INVERSIÓN INICIAL (€)	$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+TIR)^j}$
-144394,55	
TIPO DE INTERÉS:k	VAN
0,01	692.633,18 €
0,02	597.627,84 €
0,03	517.421,94 €
0,06	341.458,78 €
0,07	298.519,83 €
0,08	261.318,59 €
0,09	228.929,40 €
0,1	200.593,89 €
0,2	43.646,96 €
0,25	7.057,95 €
0,26	1.332,60 €
0,261	-1.375,11 €
0,262	237,64 €
<b>0,2624</b>	20,56 €
0,2625	-33,60 €

-PR (Periodo de retorno)

PR	$PR = \frac{I_0}{\sum FN / N^{\circ} \text{ Años}}$
3,8 años	

Por tanto, el proyecto es rentable, produciendo la inversión realizada ganancias por encima de la rentabilidad exigida (VAN>0 y TIR>k) y con un periodo de retorno de la inversión de 3,8 años.

### 5.2.3. Estudio comparativo de la rentabilidad del proyecto realizado en madera y en acero

-VAN (Valor actual neto)

TIPO DE INTERÉS:k	3%		
INVERSIÓN INICIAL PROYECTO MADERA (€)	-144394,55	INVERSIÓN INICIAL PROYECTO ACERO (€)	-106513,43
PERIODOS	FLUJO DE CAJA (€)	VAN MADERA	VAN ACERO
AÑO 1	38006,71	517.421,94 €	555.303,06 €
AÑO 2	38006,71		
AÑO 3	38006,71		
AÑO 4	38006,71		
AÑO 5	38006,71		
AÑO 6	38006,71		
AÑO 7	38006,71		
AÑO 8	38006,71		
AÑO 9	38006,71		
AÑO 10	38006,71		
AÑO 11	38006,71		
AÑO 12	38006,71		
AÑO 13	38006,71		
AÑO 14	38006,71		
AÑO 15	38006,71		
AÑO 16	38006,71		
AÑO 17	38006,71		
AÑO 18	38006,71		
AÑO 19	38006,71		
AÑO 20	38006,71		
AÑO 21	38006,71		
AÑO 22	38006,71		
AÑO 23	38006,71		
AÑO 24	38006,71		
AÑO 25	38006,71		

-TIR (Tasa interna de retorno)

<i>INVERSIÓN INICIAL MADERA (€)</i>	-144394,55	<i>INVERSIÓN INICIAL ACERO (€)</i>	-106513,43
<i>TIPO DE INTERÉS:k</i>	<i>VAN MADERA</i>	<i>TIPO DE INTERÉS:k</i>	<i>VAN ACERO</i>
0,01	692.633,18 €	0,01	730.514,31 €
0,02	597.627,84 €	0,02	635.508,96 €
0,03	517.421,94 €	0,03	555.303,06 €
0,06	341.458,78 €	0,04	487.230,46 €
0,07	298.519,83 €	0,05	429.151,06 €
0,08	261.318,59 €	0,08	299.199,71 €
0,09	228.929,40 €	0,09	266.810,52 €
0,1	200.593,89 €	0,1	238.475,02 €
0,2	43.646,96 €	0,2	81.528,08 €
0,25	7.057,95 €	0,3	19.996,07 €
0,26	1.332,60 €	0,35	2.017,27 €
0,261	-1.375,11 €	0,351	1.709,16 €
0,262	237,64 €	0,355	493,89 €
<b>0,2624</b>	20,56 €	<b>0,356</b>	194,28 €
0,2625	-33,60 €	0,357	-103,66 €

-PR (Periodo de retorno)

<i>PR MADERA</i>	<i>PR ACERO</i>
3,8 años	2,8 años

Por tanto, considerando el precio de la madera 1,7 veces el precio del acero, y los flujos de caja en ambos proyectos iguales, el proyecto más rentable es la estructura realizada en acero, ya que  $VAN(\text{Acero}) > VAN(\text{Madera})$  y  $TIR(\text{Acero}) > TIR(\text{Madera})$ , produciendo que la inversión realizada para la estructura de acero dé mayor ganancias que en el caso de la estructura de madera y con un periodo de retorno de la inversión de 2,8 años.