

---

**"TREETOP WALK-WAY" EN CALA ONDARTXO**  
**MASTER LAN AMAIERA - TRABAJO FIN DE MASTER**

**IKASLEA /ALUMNO:**

Estanislao Fernández Narbaiza, Arq. Col. C.O.A.V.N. nº 422657

**SEPTIEMBRE 2.019 IRAILA**



## INDICE

---

1	TÍTULO Y AUTOR.....	2
1.1	TÍTULO Y MODALIDAD.....	2
1.2	AUTOR DEL TRABAJO FIN DE MASTER - TFM.....	2
2	ABSTRACT / RESUMEN.....	3
2.1	KEYWORDS / PALABRAS CLAVE:.....	3
3	INTRODUCCIÓN AL T.F.M. ....	4
4	OBJETIVO Y ANTECEDENTES.....	4
5	CONCEPTOS GENERALES, DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA GLOBAL.....	6
6	CONCEPTO DE LA ESTRUCTURA.....	7
6.1	PREDISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	7
6.2	ELECCIÓN MATERIAL Y PRESCRIPCIÓN.....	10
	<i>FICHA TÉCNICA: ALERCE</i> .....	10
	<i>FICHA TÉCNICA: IROKO</i> .....	12
6.3	CLASE DE USO Y CLASE DE SERVICIO: ESPECIE, DURABILIDAD Y TRATAMIENTO.....	14
6.4	CÁLCULO Y JUSTIFICACIONES.....	18
7	SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS.....	76
7.1	PROTECCIÓN POR DISEÑO.....	76
8	CONCLUSIONES FINALES.....	80
9	BIBLIOGRAFÍA.....	80
10	ANEXOS: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.....	81



## 1 TÍTULO Y AUTOR

---

### 1.1 TÍTULO Y MODALIDAD

El presente TRABAJO FIN DE MASTER en adelante TFM se adapta al formato de una de las modalidades previstas, concretamente a:

*Tipo A: Ejercicios de diseño y proyecto.*

Y lleva por título:

***TREETOP WALK-WAY EN "CALA ONDARTXO"***

(Pasarela de paseo entre los árboles en Cala Ondartxo)

### 1.2 AUTOR DEL TRABAJO FIN DE MASTER - TFM

El presente TFM ha sido redactado por el Arquitecto Estanislao Fernández Narbaiza, colegiado en la Delegación de Gipuzkoa del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro (C.O.A.V.N), con nº 422657/3355.

El diseño y redacción del mismo se ha realizado bajo la tutorización de:

**JOSE MIGUEL RICO MARTINEZ** (Doctor arquitecto. Miembro de la comisión académica del Master)

**JOSU BENITO AYUCAR** (Arquitecto. Investigador en Tecnalia Research & Innovation)

**IÑAKI SANCHEZ PEMAN** (Ingeniero de proyectos en ONDDI, especialista en madera laminada)

**RAFAEL ZUZA ELOSEGUI** (Arquitecto. Miembro del profesorado del Master y talleres prácticos)

A todos ellos expresarles mi profundo agradecimiento por sus directrices, sus propuestas y el tiempo dedicado durante el desarrollo de este TFM a lo largo del curso 2018-2019.



## 2 ABSTRACT / RESUMEN

---

Este T.F.M. tiene su origen en una localización concreta (Cala Ondartxo, Pasaia – Gipuzkoa) que combina una serie de factores:

- i) Área degradada
- ii) Carencias importantes en accesibilidad
- iii) Presencia de zonas verdes y biodiversidad local

Se propone como solución a los dos primeros factores, el aprovechamiento de la presencia del tercero. Resolver el desnivel existente entre el paseo Ondartxo y la cima del monte colindante mediante la colocación de elementos de comunicación vertical y horizontal.

Estos elementos de comunicación se resolverán mediante la utilización de la madera como elemento primordial; dando lugar a escaleras y ascensores en sus elementos verticales y a pasarelas, pistas y un "Treetop Walway"/pasarela para paseo entre los arboles como elementos horizontales. Será este último el elemento el que se desarrolla en el trabajo.

El "Treetop Walkway" aprovecha la existencia de una vaguada en una amplia zona verde lo que permite generar un anillo construido fundamentalmente de madera siguiendo las curvas de nivel de la misma.

Como conclusión, este tipo de solución resulta posible técnicamente, adecuada debida a su poco impacto y su carácter sostenible, a la vez que aporta una repercusión social importante al poner en valor el patrimonio local permitiendo la observación de la biodiversidad y una experiencia en relación con el entorno.

### 2.1 KEYWORDS / PALABRAS CLAVE:

"TREETOP", "WALKWAY", "WOOD", "PASARELA", "PASEO", "MADERA", "PATRIMONIO", "OBSERVACIÓN", "BIODIVERSIDAD", "EXPERIENCIA".





### 3 INTRODUCCIÓN AL T.F.M.

---

El trabajo de proyecto propuesto se enmarca dentro de la filosofía del master cursado, demostrando la investigación realizada sobre los aspectos técnicos, de diseño y de proceso del proyecto en cuestión que permite constatar su viabilidad funcional, geométrica y estética. También la legal si hacemos referencia al cumplimiento de las normativas vigentes y dejando en el aire la conclusión sobre su viabilidad económica puesto que aunque es un proyecto que en lo puramente monetario puede suponer un coste importante, habría que poner en la balanza también lo que con él se consigue a diferentes niveles: patrimoniales, ambientales y de puesta en valor que suelen ser difícilmente valorables.

Dada la magnitud de la propuesta en el TFM, se pone más énfasis en una parte; concretamente en el aspecto de diseño y cálculo de una parte del proyecto; aunque pretende, por un lado, no ignorar el resto del conjunto y por otro demostrar suficiente profundidad de conocimiento junto con una originalidad en la propuesta y resolución del trabajo.

### 4 OBJETIVO Y ANTECEDENTES

---

Hace ya unos años (en torno a 2007) varios compañeros de profesión y yo mismo nos presentamos al concurso de mejora de la cala Ondartxo, lugar en el que hoy en día se encuentra el Museo Albaola objeto de visita en una de las clases del master. Con aquella propuesta pretendíamos revitalizar la zona incluyendo el programa exigido de una manera delicada y amistosa con el entorno existente, e intentando no "afectar" más de lo necesario las vistas y el paisaje que allí se puede disfrutar.

Tras la reciente visita al Museo Albaola se me ocurrió la posibilidad de poder añadir a nuestra propuesta y como actividad complementaria al museo, la posibilidad de realizar un paseo aéreo entre la naturaleza presente partiendo de una idea desarrollada ya en **KEW GARDENS, Londres**

<https://www.kew.org/kew-gardens/attractions/treetop-walkway>



Se propone por tanto diseñar y calcular una pasarela entre las copas de los árboles en Cala Ondartxo (entorno próximo al Museo Albaola) en el que la totalidad de la misma (salvo la cimentación) se ejecutará en madera:

- Estructura vertical principal que incluiría postes, escaleras y ascensor
- Estructura Horizontal principal: pasarelas
- Estructuras Secundarias: barandillas, protecciones,...
- Elementos de mobiliario: bancos, pasamanos, etc...

Esta propuesta ofrece la oportunidad de poner en práctica casi la totalidad de la temática que se desarrollará durante el master:

- Cálculo estructural
- Utilización de la madera para diferentes usos
- Elección de los tipos de madera en función de su clase de servicio
- Diseño de todos los elementos con el fin de conseguir su máxima durabilidad
- Estudio y aplicación de diferentes métodos de protección frente al clima, xilófagos o pudriciones.



## 5 CONCEPTOS GENERALES, DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA GLOBAL

Como concepto general se propone estudiar las posibilidades que ofrece la resolución de una estructura "aérea" formada por pasarelas apoyadas en plataformas de planta pentagonal que transmitan los esfuerzos al terreno de la manera menos invasiva posible y por tanto se opta por resolverlo recurriendo finalmente a una forma de cono.

Por tanto son dos los elementos principales. Los apoyos y la pasarela:

### PASARELA PEATONAL

Las pasarelas se pueden dividir en infraestructura y superestructura:

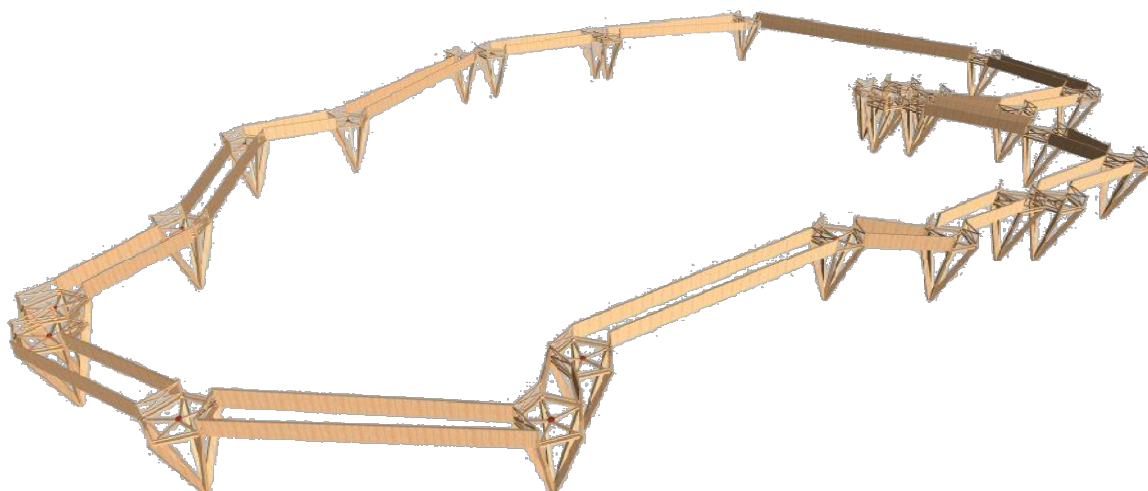
- Infraestructura: es la compuesta por la cimentación, pilas o apoyos intermedios, estribos y aparatos de apoyo del tablero.
- Superestructura: compuesta por el tablero, impostas, barandillas, drenaje, barreras de seguridad, pavimento e iluminación.

### TIPOLOGÍAS

Existen cuatro grandes tipologías de pasarelas peatonales son:

- Tipo viga
- Tipo atirantados
- Tipo colgantes
- Tipo arco

En este caso la pasarela será de tipología de tipo viga. A nivel geométrico la pasarela tendrá un ancho de 2,50m y resuelven luces de entre 5,0m y 14,0m. Se desarrolla a cota +45.0m y en una banda de terreno entre curvas de nivel que van desde la +45.0m y la +35.0m. por lo tanto los apoyos serán de altura variable entre 0.0m (apoyo en el terreno) y 10.0m. La combinación de ambos elementos genera algo similar a lo siguiente:

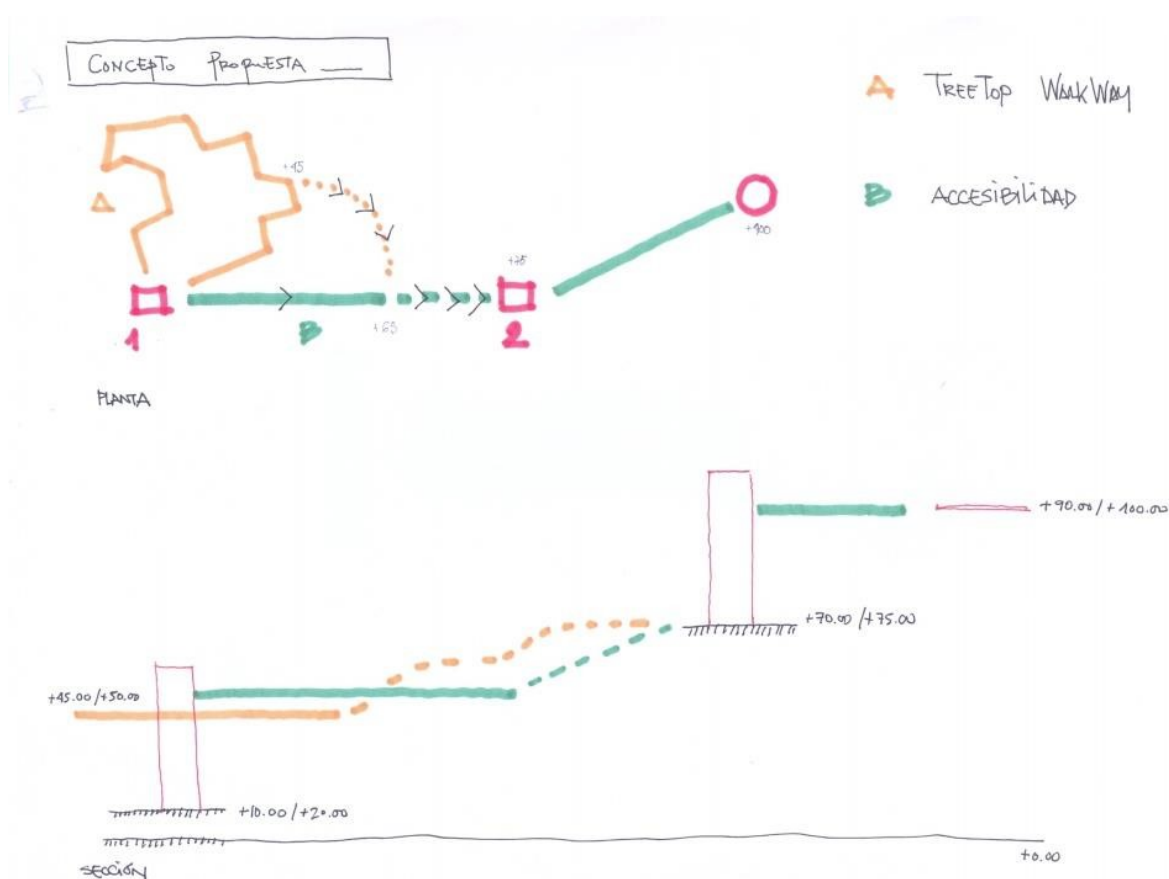


## 6 CONCEPTO DE LA ESTRUCTURA

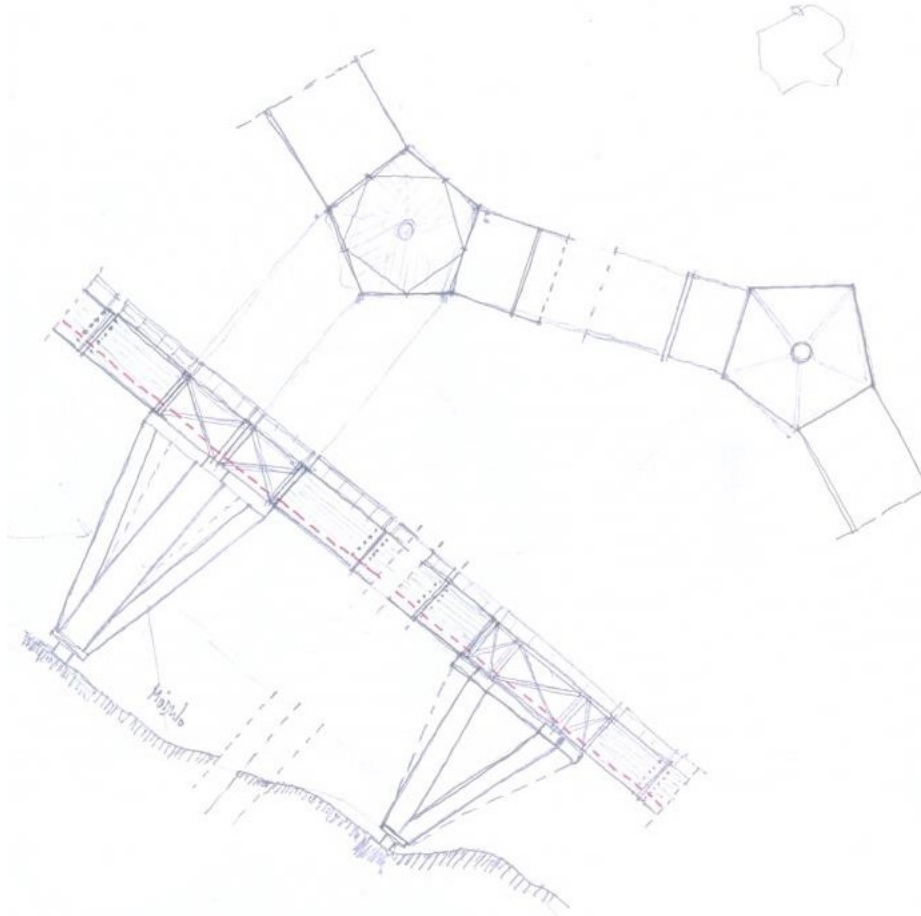
La estructura no tiene como espíritu el cobijo, la cubrición o la búsqueda de confort y habitabilidad. En este caso debe ser una estructura que permita facilitar el disfrute mediante el paseo de la biodiversidad existente en la zona recorrida garantizando la seguridad de sus usuarios.

### 6.1 PREDISEÑO ARQUITECTÓNICO

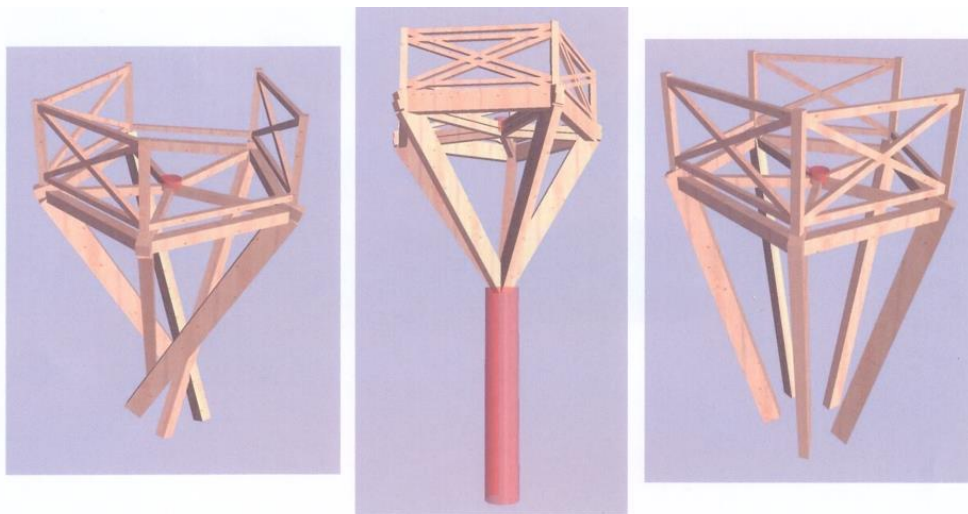
La definición final de la estructura propuesta es resultado de un trabajo realizado a lo largo del proceso de redacción del mismo que comenzó con una idea generadora de la propuesta que consistía en resolver un problema de accesibilidad en un entorno complicado.



Se aprovechaba este contexto para incorporar una pasarela de recreo. Tras la toma de decisión del objeto a definir y estudiar, comienza el proceso de definición del mismo y se procede a realizar el planteamiento general de la misma.



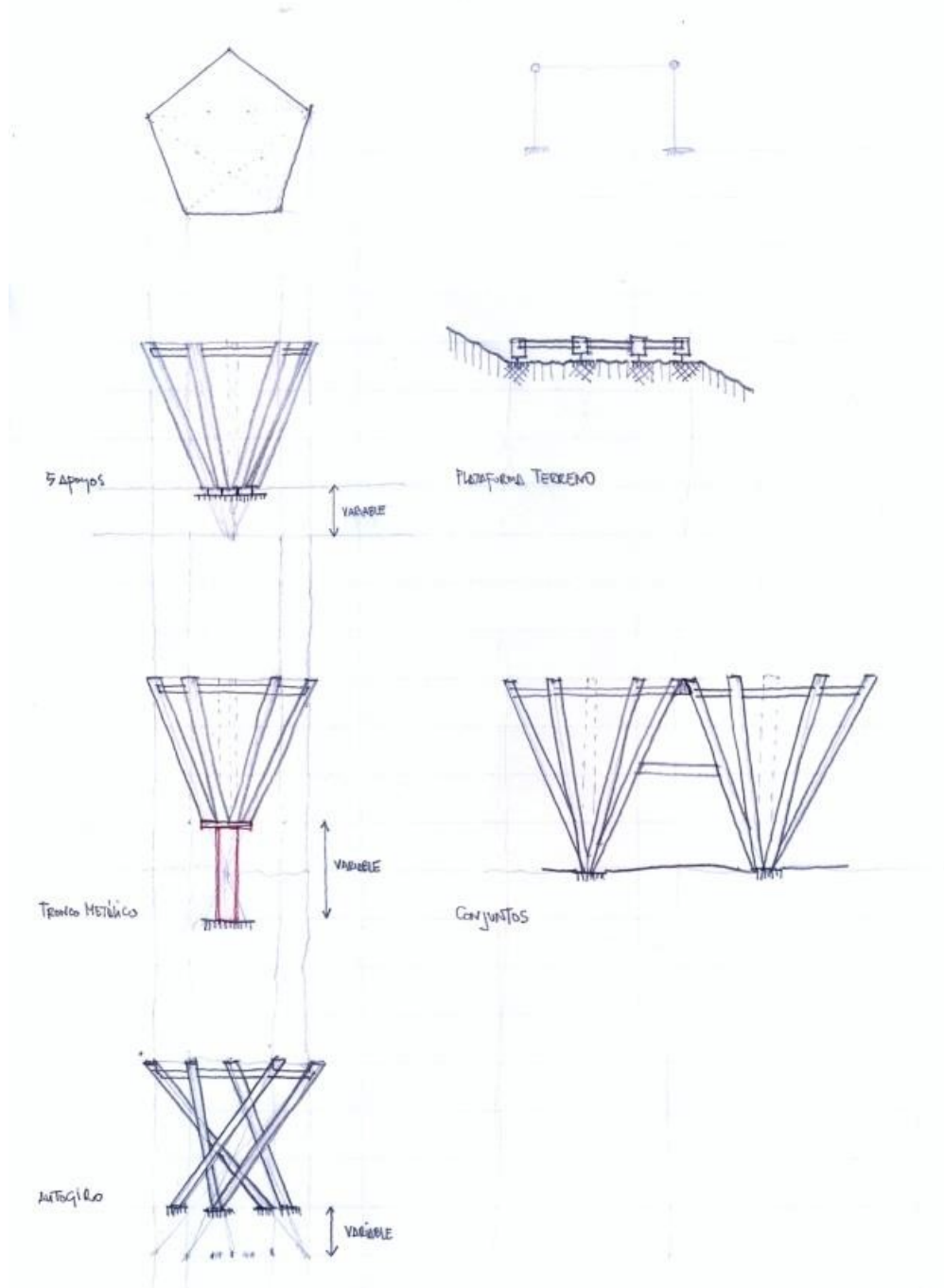
Este es el croquis que predefine la pasarela y los posibles apoyos de la misma. A partir de este planteamiento se procedió a estudiar las variantes y posibilidades de los apoyos de las pasarelas que eran:





VARIANTES ELEMENTO SUSTENTANTE

TFM



Varias eran las posibilidades para resolver las necesidades para soportar los esfuerzos solicitados. Finalmente se optó por la opción del apoyo en cono con multiapoyo en la base lo que permite considerar un empotramiento en la base del mismo lo que permite soportar el apoyo de las pasarelas.



## 6.2 ELECCIÓN MATERIAL Y PRESCRIPCIÓN

Para este Trabajo la elección del material resulta evidente puesto que el ejercicio consiste en la utilización de la madera, pero la clave estará en una buena elección de las especies teniendo en cuenta las condiciones de uso a la que se verán expuestas y que se describirán en el punto 6.3 de este documento.

Teniendo en cuenta el contexto se propone la utilización de madera de Alerce (albura en su totalidad) para la ejecución de los elementos estructurales (pasarela: vigas+ correas / conos):

### *Ficha técnica: ALERCE*

#### Identificación

**Nombre:** *Larix decidua Mill.*

**Familia:** *Pinaceae Conífera*

**Origen:** Europa, norte África

#### Características

**Albura:** amarillo claro

**Duramen:** rosa pardo. Anillos muy marcados

**Fibra:** recta u ondulada

**Grano:** fino

#### Propiedades Físicas

**Densidad:** 590 kg/m<sup>3</sup>. Madera semi-ligera

**Dureza:** 2,7. Madera blanda

**Tendencia a curvarse:** Grande. Madera nerviosa

#### Propiedades estructurales

Serrado 70%

Clavado 50%

Atornillado 50%

Encolado 70%

Acabado 50%

#### Propiedades mecánicas

Resistencia a la flexión	990 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión	550 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	900 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	138000 Kg/cm <sup>2</sup>

#### Impregnabilidad

	< 3mm	3-6mm	> 6mm	Total
Albura		X		
Duramen	X			



Dado que su uso será estructural conviene conocer las dimensiones de los perfiles comerciales existentes:

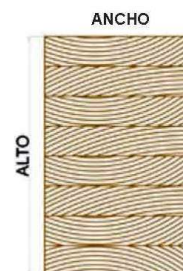


### PAQUETE ESTANDAR 13,5m

Uds./Paq.	ANCHO					
	80	100	120	140	160	200
ALTO						
80	50	50	48	36	36	25
120	35	32	32			18
160	24	24	24		18	
200	20	20	20	15	15	10
240	16	16	16	12	12	8
280	12	12				
320	12	12		9		
360		9	9	9		
400		10	10	6	6	6
440				6		
480						
520				6		
560						
600				4		4

 Nº interior de casilla = nº de piezas por paquete

 Paquetes y unidades disponibles en stock



Para el resto de elementos (enrastrelados, acabados del suelo, barandillas, piezas de protección y sacrificio) se propone la utilización de madera de **IROKO**.





**Ficha técnica: IROKO**

Identificación

**Nombre:** Clorophora excelsa.

**Familia:** moraceae

**Origen:** África central

Características

**Albura:** blanco amarillenta

**Duramen:** marrón amarillento que torna a pardo rojizo con la luz

**Fibra:** recta, con frecuencia ligeramente entrelazada

**Grano:** medio a basto

Propiedades Físicas

**Densidad:** 650 kg/m3. Madera semi-pesada

**Dureza:** 3,9. Madera semidura

Propiedades estructurales

Serrado sin dificultades

Clavado sin dificultades

Atornillado sin dificultades

Encolado dificultades con encolados de caseína

Acabado 50%

Propiedades mecánicas

Resistencia a la flexión	955 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión	540 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	800 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	105000 Kg/cm <sup>2</sup>

Impregnabilidad

	< 3mm	3-6mm	> 6mm	Total
Albura		X		
Duramen	X			

También es interesante conocer a nivel prescriptivo la documentación necesaria a tener en cuenta para los elementos de mayor importancia:



**EMV11 m<sup>3</sup> Viga de madera laminada encolada.**

1.624,34€

Viga de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 20x100 cm de sección y hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h y protección de la madera con clase de penetración NP3, trabajada en taller.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt07mel020e	m <sup>3</sup>	Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para viga de sección constante, de 20x100 cm de sección 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 NP3 (6 mm en las caras laterales de la albura) según UNE-EN 351-1, trabajada en taller.	1,000	1.018,57	1.018,57
				<b>Subtotal materiales:</b>	<b>1.018,57</b>
<b>2 Equipo y maquinaria</b>					
mq07gte010c	h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	3,495	67,00	234,17
				<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>	<b>234,17</b>
<b>3 Mano de obra</b>					
mo048	h	Oficial 1ª montador de estructura de madera.	8,880	26,04	231,24
mo095	h	Ayudante montador de estructura de madera.	4,440	24,44	108,51
				<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>339,75</b>
<b>4 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	1.592,49	31,85
Coste de mantenimiento decenal: 276,14€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>		<b>1.624,34</b>

**EMS11 m<sup>3</sup> Pilar de madera laminada encolada.**

1.500,99€

Pilar de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 100x20 cm de sección y hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24 h y protección de la madera con clase de penetración NP3, trabajada en taller.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt07mel010e	m <sup>3</sup>	Madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas, para pilar de sección constante, de 100x20 cm de sección y 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 NP3 (6 mm en las caras laterales de la albura) según UNE-EN 351-1, trabajada en taller.	1,000	1.018,57	1.018,57
				<b>Subtotal materiales:</b>	<b>1.018,57</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo048	h	Oficial 1ª montador de estructura de madera.	11,840	26,04	308,31
mo095	h	Ayudante montador de estructura de madera.	5,920	24,44	144,68
				<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>452,99</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	1.471,56	29,43
Coste de mantenimiento decenal: 270,18€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>1.500,99</b>



**EMM010** kg **Elementos metálicos de unión y apoyo para estructuras de madera.** 8,50€

Elementos metálicos de unión y apoyo, para estructuras de madera, de acero inoxidable AISI 316, colocados en obra.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt07emr404b	kg	Elementos de acero inoxidable AISI 316, para ensamble de estructuras de madera	1,000	5,50	5,50
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>5,50</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo048	h	Oficial 1ª montador de estructura de madera.	0,074	26,04	1,93
mo095	h	Ayudante montador de estructura de madera.	0,037	24,44	0,90
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>2,83</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	8,33	0,17
Coste de mantenimiento decenal: 0,17€ en los primeros 10 años.				<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>8,50</b>

**EMM010** kg **Elementos metálicos de unión y apoyo para estructuras de madera.** 6,93€

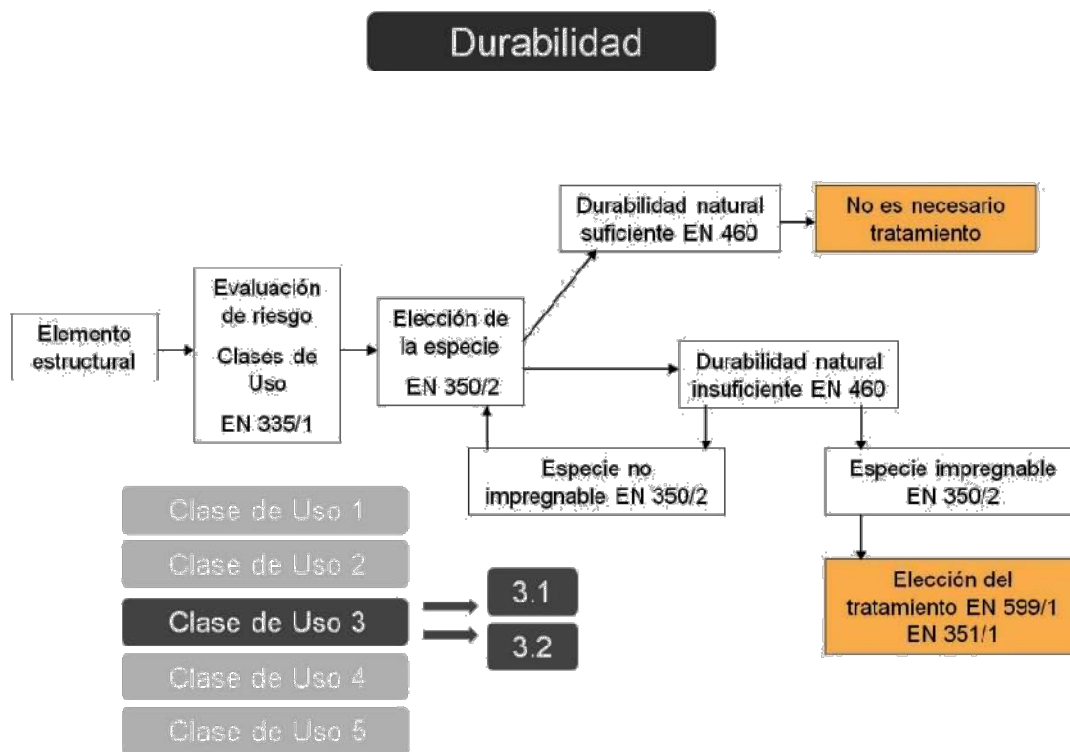
Elementos metálicos de unión y apoyo, para estructuras de madera, de acero con protección Fe/Zn 25c frente a la corrosión, colocados en obra.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt07emr402b	kg	Elementos de acero con protección Fe/Zn 25c frente a la corrosión, para ensamble de estructuras de madera	1,000	3,96	3,96
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>3,96</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo048	h	Oficial 1ª montador de estructura de madera.	0,074	26,04	1,93
mo095	h	Ayudante montador de estructura de madera.	0,037	24,44	0,90
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>2,83</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	6,79	0,14
Coste de mantenimiento decenal: 0,14€ en los primeros 10 años.				<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>6,93</b>

### 6.3 CLASE DE USO Y CLASE DE SERVICIO: ESPECIE, DURABILIDAD Y TRATAMIENTO

El proceso de elección del material debe realizarse teniendo en cuenta los parámetros que se definen a continuación:

## DEFINICIÓN DE CLASE DE USO



En este caso tenemos estructura al exterior en continua exposición al ambiente que en el caso de esta localización es de importante humedad. Eso por tanto nos deja en clase de uso 3. Le añadimos que tenemos elemento en posición horizontal lo que supone un riesgo algo mayor y por tanto optaremos por una **clase de uso 3.2**

Si recurrimos a la tabla superior y teniendo en cuenta la especies elegidas podemos decir que:

. **ALERCE** cuya durabilidad natural es insuficiente pero es una especie impregnable sobre todo en su albura tal y como recoge su ficha técnica (capítulo 6.2) \_\_ **CORRECTO**

. **IROKO** cuya durabilidad natural es suficiente \_\_ **CORRECTO**

Además como comprobación añadida se utiliza un programa de validación de durabilidad que verifica la vida útil por un mínimo 30 años en base a varios parámetros, como son el clima reinante, durabilidad propia, colocación vertical u horizontal, calidad de la madera, etc...



La comprobación del **ALERCE** es positiva según la tabla a continuación:

**Design Guidelines for wood in outdoors above ground applications**

Design condition  $I_{sd} = I_{sk}\gamma_d \leq I_{Rd}$

Parameters	Value
$k_{s1}$	1,2
$k_{s2}$	1
$k_{s3}$	1
$k_{s4}$	0,8
$I_{s0}$	2
$C_a$	1
$I_{sk}$	1,92
$\gamma_d$	1
$I_{sd}$	1,92
$I_{Rd}$	2
<b>OK</b>	

<b>Consequence class, <math>\gamma_d</math></b> 1 Small 2 Medium 3 High	<b>Local conditions, <math>k_{s1}</math></b> Light Medium Heavy Severe
<b>Basic exposure index, <math>I_{s0}</math></b> Continental Europe Nordic Climate zone Atlantic Climate zones. South of latitude 50 Atlantic Climate zones. Latitude 50-55 Atlantic Climate zones. North of latitude 55 Mediterranean climate zone OWN VALUE	<b>Sheltering, <math>k_{s2}</math></b> $e > 0.5d$ $e = 0.15d - 0.5d$ $e < 0.15$
Own value:	<b>Distance from ground, <math>k_{s3}</math></b> $> 300$ mm 300-100 mm < 100 mm
<b>Resistance class, <math>I_{Rd}</math></b> A B C D E	<b>Rating of details, <math>k_{s4}</math></b> Decking Cladding Uncoated Coated Excellent Good Medium Fair Poor

La comprobación del **IROKO** es positiva según la tabla a continuación:

**Design Guidelines for wood in outdoors above ground applications**

Design condition  $I_{sd} = I_{sk}\gamma_d \leq I_{Rd}$

Parameters	Value
$k_{s1}$	1,2
$k_{s2}$	1
$k_{s3}$	1
$k_{s4}$	1,6
$I_{s0}$	2
$C_a$	1
$I_{sk}$	3,84
$\gamma_d$	1
$I_{sd}$	3,84
$I_{Rd}$	5
<b>OK</b>	

<b>Consequence class, <math>\gamma_d</math></b> 1 Small 2 Medium 3 High	<b>Local conditions, <math>k_{s1}</math></b> Light Medium Heavy Severe
<b>Basic exposure index, <math>I_{s0}</math></b> Continental Europe Nordic Climate zone Atlantic Climate zones. South of latitude 50 Atlantic Climate zones. Latitude 50-55 Atlantic Climate zones. North of latitude 55 Mediterranean climate zone OWN VALUE	<b>Sheltering, <math>k_{s2}</math></b> $e > 0.5d$ $e = 0.15d - 0.5d$ $e < 0.15$
Own value:	<b>Distance from ground, <math>k_{s3}</math></b> $> 300$ mm 300-100 mm < 100 mm
<b>Resistance class, <math>I_{Rd}</math></b> A B C D E	<b>Rating of details, <math>k_{s4}</math></b> Decking Cladding Uncoated Coated Excellent Good Medium Fair Poor



## DEFINICIÓN DE CLASE DE SERVICIO

La clase de servicio es un concepto puramente de cálculo que relaciona el material con condiciones ambientales que originan contenidos de humedad que deban ser tenidos en cuenta. Este concepto junto con la duración de la carga aplicada (corta, media y larga) permite definir el  $K_{mod}$ .

Tabla A.1 – Posible correspondencia entre clases de servicio y clases de uso

Clase de servicio según la Norma EN 1995-1-1	Clase de uso probable según la Norma EN 335:2012
Clase de servicio 1	Clase de uso 1
Clase de servicio 2	Clase de uso 1  Clase de uso 2 si el elemento esta en una situación en la que es susceptible de humidificarse ocasionalmente, por ejemplo por condensación
Clase de servicio 3	Clase de uso 2  Clase de uso 3 o mayor en caso de aplicación en exterior

En este caso se contemplará la clase de servicio 3.

## PROTECCION POR TRATAMIENTO

Son dos los tipos de elementos que se deben valorar cara a considerar la posibilidad de tratamiento. Por una parte los elementos de madera utilizados y por otra parte los elementos metálicos. Para los elementos de madera:

CLASE DE USO	EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA (H)	MADERA		Producto Protector	Método de tratamiento
		P	R		
1	Seco - H inferior 20%	NP1	-	- (Orgánicos Hidrodispersables Hidrosolubles)	- (Pincelado Pulverización Inmersión)
2	Ocasionalmente húmedo H en alguna ocasión > 20%	NP2	R2	Orgánicos Hidrodispersables Hidrosolubles Prod. Doble Vacío	Pinc/Pulv/Inm Pinc/Pulv/Inm
3.1	Ocasionalmente húmedo H en alguna ocasión > 20%	NP2	R3.1		- Inm / Autoclave
3.2	Frecuentemente húmedo H frecuentemente > 20%	NP3	R3.2	Hidrodispersables Hidrosolubles Prod. Doble vacío	Autoclave
4.1	Predominante o frecuentemente húmedo H permanentemente > 20%	NP5	R4.1	Hidrosolubles	Autoclave
4.2	Permanentemente húmedo H permanentemente > 20%	NP6	R4.2	Hidrosolubles	Autoclave
5	Permanentemente húmedo H permanentemente > 20%	NP6	R5	(actualmente en desarrollo)	Autoclave

: (P) Nivel de penetraciones (R) Nivel de retenciones.

Según la tabla, el nivel de protección de la madera deberá ser NP3.



Para los elementos metálicos:

Elemento de fijación	Clase de servicio		
	CS1	CS2	CS3
Clavos y tirafondo $\phi \leq 4$ mm	---	Fe/Zn 12c	Fe/Zn 25c
Pernos, pasadores y clavos $\phi > 4$ mm	---	---	Fe/Zn 25c
Grapas	Fe/Zn 12c	Fe/Zn 12c	Acero Inox.
Placas dentadas. Chapas de acero $e \leq 3$ mm	Fe/Zn 12c	Fe/Zn 12c	Acero Inox.
Chapas de acero $3 \text{ mm} < e \leq 5$ mm	---	Fe/Zn 12c	Fe/Zn 25c
Chapas de acero $e > 5$ mm	---	---	Fe/Zn 25c

## 6.4 CÁLCULO Y JUSTIFICACIONES

Iniciamos este punto resumiendo las cargas utilizadas para el cálculo de la pasarela. La justificación de la hipótesis de cargas adoptada se explica más adelante en este capítulo.

### HC 1.- ACCIÓN GRAVITATORIA.

#### 1.- PASARELA

Peso Propio estructura portante: Vigas + Correas	Variable según sección resistente
Permanentes: Peso propio elementos cobertura	0.30 kN/m <sup>2</sup>
Variables: sobrecarga de uso	4.00 kN/m <sup>2</sup>
Variables: nieve	0.30 kN/m <sup>2</sup>

### HC-2.- ACCIÓN DEL VIENTO

Presión dinámica de la zona $q_b$	0,52 kN/m <sup>2</sup>	ZONA C
Coefficiente de exposición $c_e$ (tabla 3.3)	1.7	TIPO IV / H= 9.0m
Coefficiente Eólico o de Presión $c_p$	0.8 / -0.7	
Presión Estática Equivalente $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$	0,70 / -0.62 kN/m <sup>2</sup>	

## SOFTWARE UTILIZADO Y RESUMEN DE HIPÓTESIS DE CARGAS

. CYPE 3D 2019 [cypecad]

. TABLAS EXCEL

- . Programa Cálculo de piezas de madera
- . Programa Comprobación de piezas de madera (Realizado por Ángel M. Cea Suberviola)
- . Programa de cálculo de durabilidad de madera
- . Cálculo de la hinchazón y merma





## NORMATIVA UTILIZADA

Para el cálculo se tienen en cuenta las siguientes normativas:

- . CTE: Código técnico de la edificación. [db-se-ae /db-se-m / db-se-ea]
- . IAP-11 [4] Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.
- . UNE EN1995-2 EUROCODIGO 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes.
- . UNE EN1991-2 EUROCODIGO 1: Acciones en estructuras. Parte 2: Carga de tráfico en puentes.

Mediante la consulta de este conjunto de normas se definen las Acciones permanentes y Acciones Variables.

**Acciones permanentes de valor constante (G):** actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud, para una situación del proyecto determinada (peso propio de la estructura, del pavimento y elementos funcionales)

### . **Peso propio de la estructura**

En este caso el Software utilizado procede con el cálculo del peso propio de manera automática, debido a que se le han introducido los tipos de perfiles y el material a usar, en este caso MADERA.

### . **Cargas muertas (elementos no estructurales sobre los estructurales):** 0.30 KN/m<sup>2</sup>

Para esta pasarela se ha optado por un acabado en tableros de madera de Iroko de dimensiones 3.5x10x120cm apoyada sobre rastreles también de Iroko de dimensiones 10x10cm cada 55cm.

La barandilla al igual que el resto de la estructura se resuelve con pies de madera de Alerce. Sus dimensiones 13x8x165cm colocados verticalmente cada 100cm (se coloca doble coincidiendo con correas de la estructura). Entre estos pies se colocan perfiles de dimensiones 10x5x165cm cada 18cm. A modo de pasamanos se colocan dos secciones circulares de 8cm de diámetro colocadas a 110cm y 75cm respectivamente.

**Acciones variables (Q):** acciones externas a la estructura que pueden actuar o no. Pueden tener diferentes valores (acciones climáticas, sobrecargas de uso, etc.)

### . **Sobrecargas de uso:** 4.00 KN/m<sup>2</sup>

Quizá la decisión más importante en lo referente a cargas del trabajo. La pasarela es una construcción que por definición al no tratarse de un "edificio" queda en una pequeña indefinición en lo referente a la utilización del CTE para su cálculo. Lo más aproximado se podría considerar:





Categoría C (C3/C4/C5): acceso al público – 5.0 Kn/m<sup>2</sup>

Por otra parte tanto el Eurocódigo como la IAP 11 se refieren en su texto a puentes dando por hecho el tráfico de vehículos. Entre las dos se considera que la carga a considerar debe estar entre los 2.5 Kn/m<sup>2</sup> y los 5.0 Kn/m<sup>2</sup>.

En este caso particular la pasarela propuesta no termina de encajar en ninguno de los perfiles y por tanto se hace la siguiente interpretación espacial para decidir la sobrecarga a aplicar. Para este caso, pasarela de paseo, donde difícilmente se pueden dar aglomeraciones y en el caso de que se dieran nunca en una ocupación completa; así que se considera suficiente aplicar una sobrecarga de 4,0 Kn/m<sup>2</sup> ya que se asemeja a la posibilidad de 4 personas de 100kg o 5 personas de 80kg en un espacio de 1,0mx1,0m algo difícil de superar espacialmente.

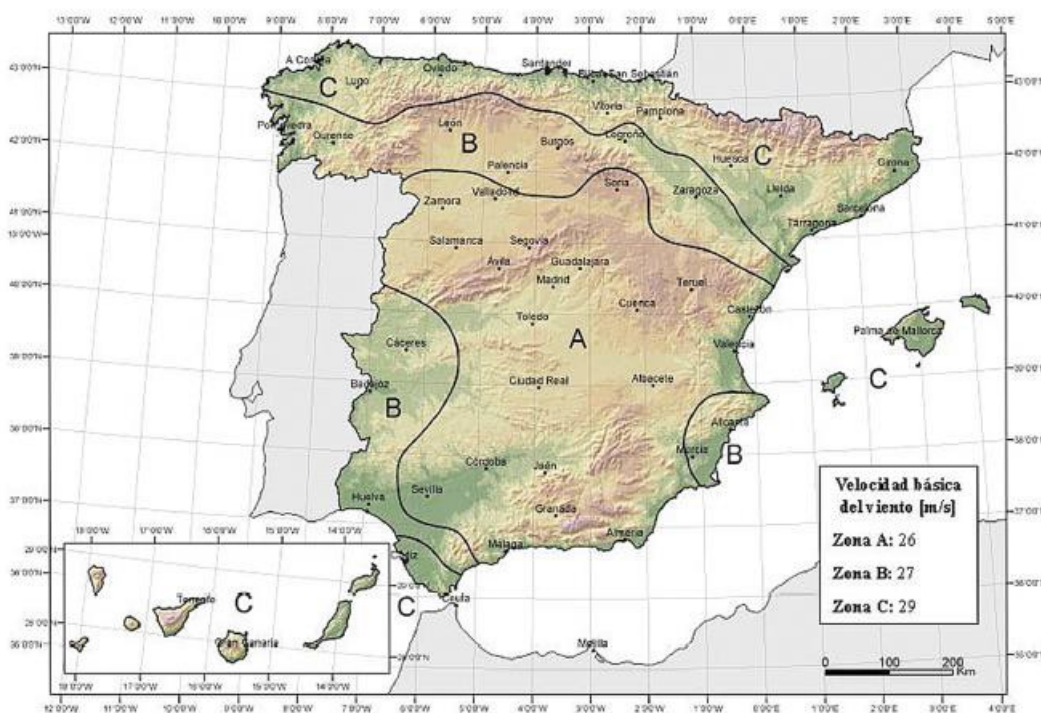
**. Empujes sobre barandillas:**

**1.60 KN/ml**

Para los empujes horizontales la normativa nos da una horquilla que va desde 1.25 Kn/ml del Eurocódigo, hasta 1.60 Kn/ml del CTE, pasando por el 1,50 Kn/ml en el IAP 11. En este caso se toma el más desfavorable.

**. Viento**

Para este caso se aplica el CTE. La acción del viento se considera como una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto denominada presión estática  $q_e$ .





La presión estática  $q_e$  se expresa como:  $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$

.  $q_b$  presión dinámica del viento  $c_e$  coeficiente de exposición  $c_p$  coeficiente eólico o de presión.

La presión dinámica del viento es:  $q_b = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot V_b^2$

$\delta$  densidad del aire: 1,25 kg/m<sup>3</sup>  $V_b$  velocidad del viento

$V_b$  estamos ubicados en la zona C, donde la velocidad básica del viento es de 29 m/s.

El valor  $q_b$  resulta por tanto de 0,52 KN/m<sup>2</sup>.

.  $c_e$  se determina de acuerdo a lo establecido en el punto 3.3.3.

grado de aspereza IV – Zona urbana en general industrial o forestal con una altura del punto máximo de 9,00 m

El valor  $c_e$  resulta por tanto de 1,70.

El coeficiente eólico o de presión  $c_p$  se determina dependiente de la forma y orientación de la superficie de cada elemento de acuerdo a las directrices de los puntos 3.3.4 y 3.3.5 y al punto 3 del anejo D del DB-SE-AE.

#### . Nieve

Para este caso se aplica el CTE. Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal puede tomarse

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde:  $\mu$  coeficiente de forma de la cubierta  $s_k$  valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal

En nuestro caso, el valor del coeficiente de forma  $\mu$  toma el valor 1 ya que la pasarela proyectada presenta una inclinación menor o igual que 30°. Se cumple así con el punto 3.5.3 del DB-SE-AE.

La carga de nieve  $s_k$ , de acuerdo a lo establecido en la tabla E.2 del Anejo E del DB-SEAE, para una altitud de 0m y zona 1 (Gipuzkoa) resulta 0.30 kn/m<sup>2</sup>.



Nota: Para el cálculo de la pasarela no se tienen en cuenta ni las acciones accidentales (A), ni las químicas, físicas o biológicas.

## VIDA ÚTIL DE LA ESTRUCTURA

Primeramente antes de iniciar los cálculos necesarios, es importante saber la vida útil nominal de la estructura, que no podrá sea inferior a lo que especifica la siguiente tabla, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, animales y bienes, así como el bien estar de la sociedad.

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal <sup>(2)</sup>	Entre 3 y 10 años
Elementos estructurales reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías).	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas.	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media.	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial.	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta.	100 años

<sup>(1)</sup> Cuando una estructura esté constituida por diferentes partes, podrá adoptarse para tales partes diferentes valores de vida útil, siempre en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

<sup>(2)</sup> En función del propósito de la estructura (exposición temporal, etc.). En ningún caso se considerarán como estructuras de carácter temporal aquellas estructuras de vida útil nominal superior a 10 años.



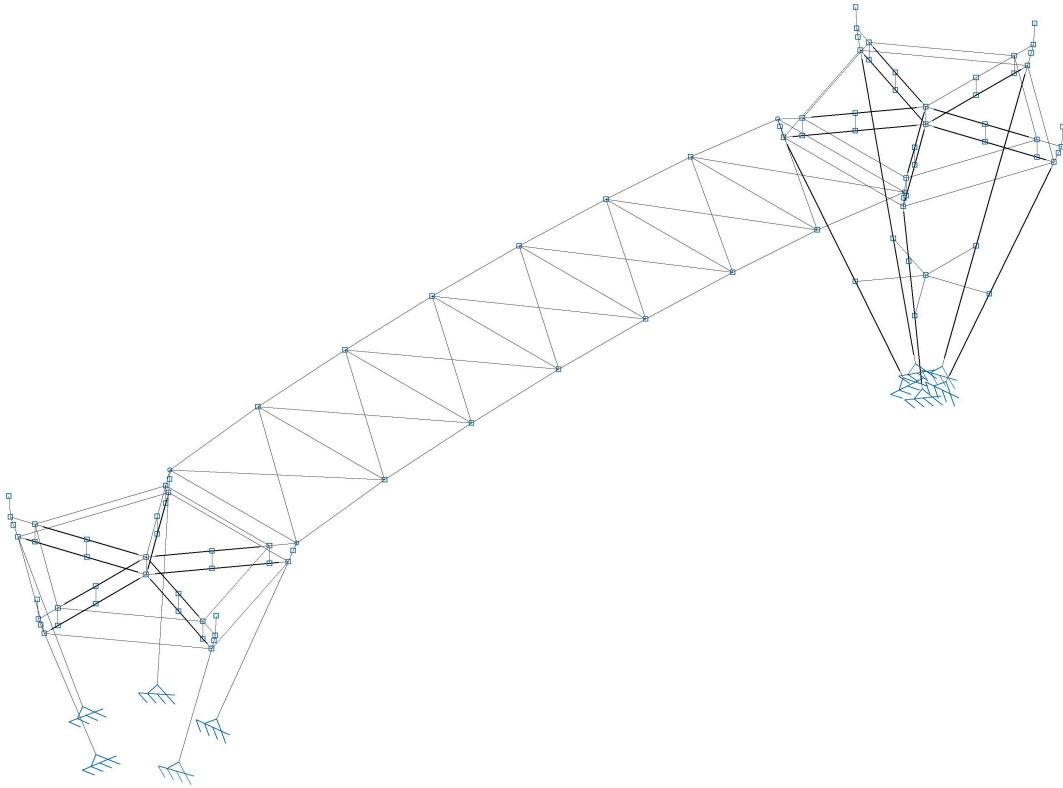
Para este caso se estima una vida útil de 50 años.

## ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

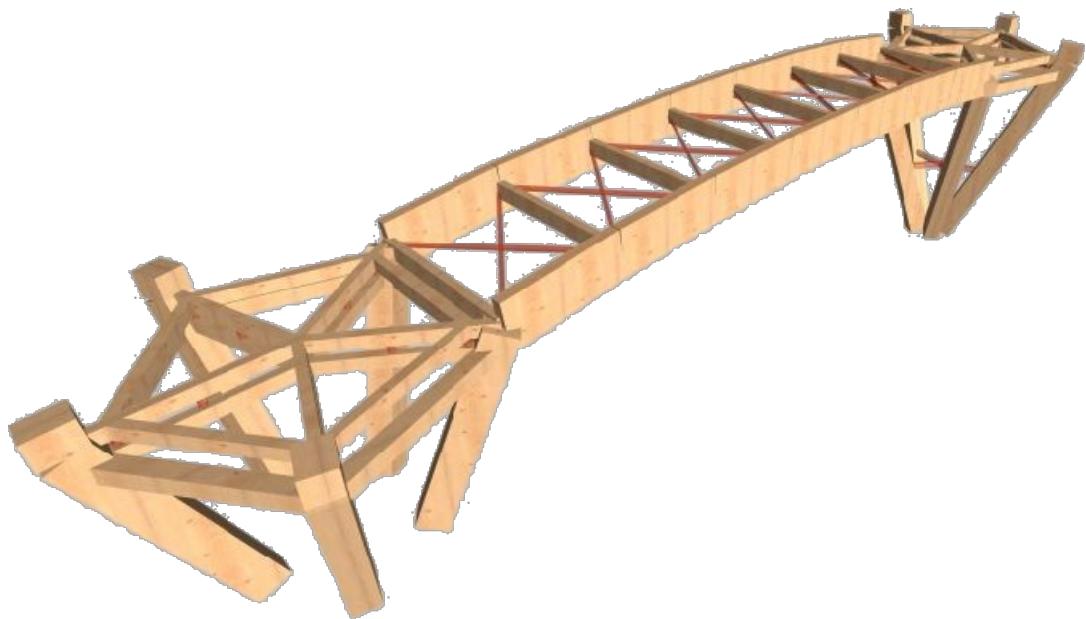
Para realizar los cálculos correspondientes se toma como clase resistente de la madera GL24h cuyas propiedades mecánicas son las recogidas en la siguiente tabla:

PROPIEDADES (N/mm <sup>2</sup> )\CLASE	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Flexión	24	28	32	36
Tracción paralela	16,5	19,5	22,5	26
Tracción perpendicular	0,4	0,45	0,5	0,6
Compresión paralela	24	26,5	29	31
Compresión perpendicular	2,7	3	3,3	3,6
Cortante	2,7	3,2	3,8	4,3
Modulo de elasticidad paralelo medio	11,6	12,6	13,7	14,7
Módulo de elasticidad paralelo 5° percentil	9,4	10,2	11,1	11,9
Módulo de elasticidad perpendicular medio	0,39	0,42	0,46	0,49
Módulo cortante	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad característica en Kg/m <sup>3</sup>	380	410	430	450

La modelización general propuesta en el cálculo se define:

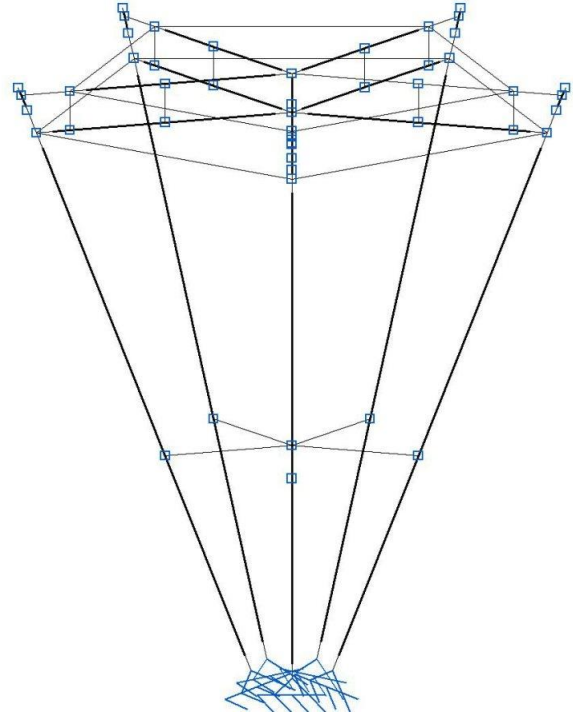
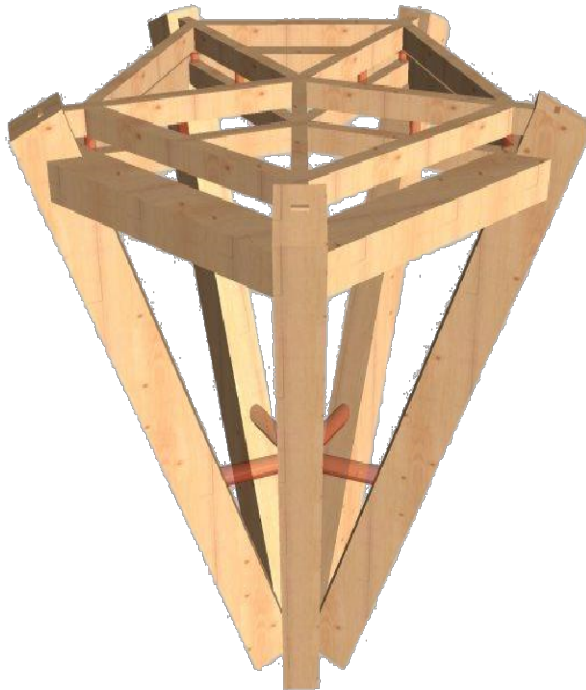


Estructura alámbrica

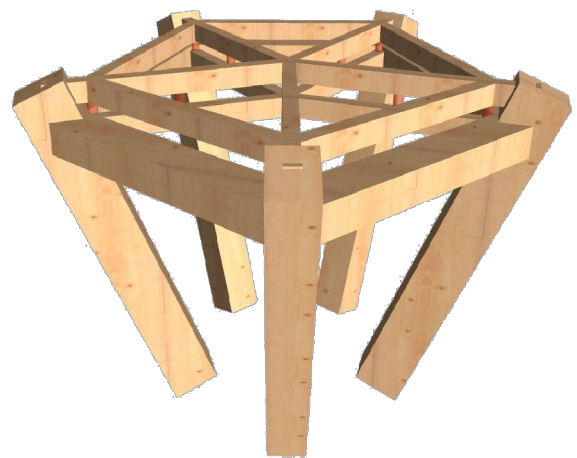
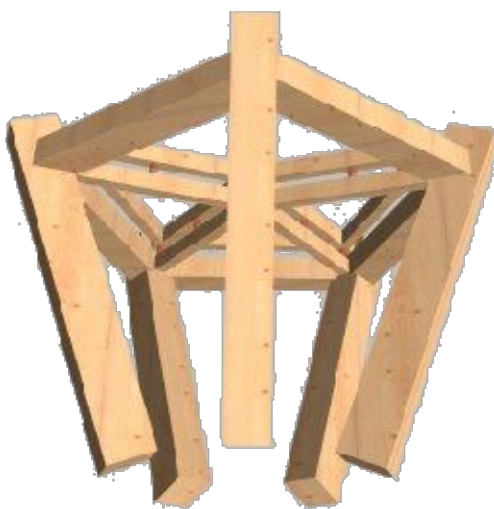


Estructura real





Apoyo (cono > 5.0m)



Apoyo (cono < 5.0m)



Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se han definido 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**

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

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes utilizados:

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorabl	Desfavorabl	Principal	Acompañamiento
Cargapermanente	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

▪ **Nombres de las hipótesis**

Peso  
 CM 1  
 Q 1  
 V 1  
 N 1

▪ **E.L.U. de rotura. Madera**

Comb	PP	CM	Q 1	V 1	N 1
1	0.80	0.8			
2	1.35	0.8			
3	0.80	1.3			
4	1.35	1.3			
5	0.80	0.8	1.50		
6	1.35	0.8	1.50		

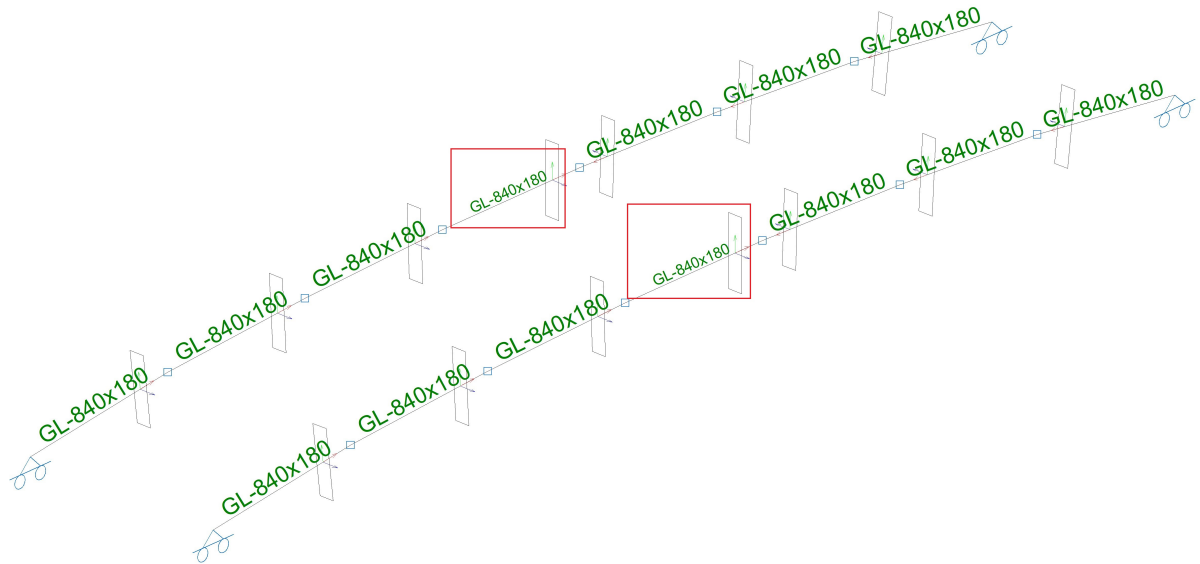


7	0.80	1.3	1.50		
8	1.35	1.3	1.50		
9	0.80	0.8		1.5	
10	1.35	0.8		1.5	
11	0.80	1.3		1.5	
12	1.35	1.3		1.5	
13	0.80	0.8	1.05	1.5	
14	1.35	0.8	1.05	1.5	
15	0.80	1.3	1.05	1.5	
16	1.35	1.3	1.05	1.5	
17	0.80	0.8	1.50	0.9	
18	1.35	0.8	1.50	0.9	
19	0.80	1.3	1.50	0.9	
20	1.35	1.3	1.50	0.9	
21	0.80	0.8			1.50
22	1.35	0.8			1.50
23	0.80	1.3			1.50
24	1.35	1.3			1.50
25	0.80	0.8	1.05		1.50
26	1.35	0.8	1.05		1.50
27	0.80	1.3	1.05		1.50
28	1.35	1.3	1.05		1.50
29	0.80	0.8		0.9	1.50
30	1.35	0.8		0.9	1.50
31	0.80	1.3		0.9	1.50
32	1.35	1.3		0.9	1.50
33	0.80	0.8	1.05	0.9	1.50
34	1.35	0.8	1.05	0.9	1.50
35	0.80	1.3	1.05	0.9	1.50
36	1.35	1.3	1.05	0.9	1.50
37	0.80	0.8	1.50		0.75
38	1.35	0.8	1.50		0.75
39	0.80	1.3	1.50		0.75
40	1.35	1.3	1.50		0.75
41	0.80	0.8		1.5	0.75
42	1.35	0.8		1.5	0.75
43	0.80	1.3		1.5	0.75
44	1.35	1.3		1.5	0.75
45	0.80	0.8	1.05	1.5	0.75
46	1.35	0.8	1.05	1.5	0.75
47	0.80	1.3	1.05	1.5	0.75
48	1.35	1.3	1.05	1.5	0.75
49	0.80	0.8	1.50	0.9	0.75
50	1.35	0.8	1.50	0.9	0.75
51	0.80	1.3	1.50	0.9	0.75
52	1.35	1.3	1.50	0.9	0.75

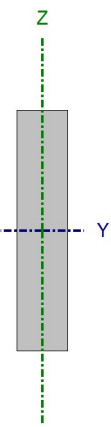




**PASARELA - VIGAS PRINCIPALES**
  
**Comprobaciones pésimas**



**Perfil: GL-840x180 Material: Madera (GL24h)**

	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_v^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )
	N24	N10	1.000	1512.00	889056.00	40824.00	140597.86
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.		
$\beta$	1.00		1.00	0.00	0.00		
$L_K$	1.000		1.000	0.000	0.000		
$C_1$	-			1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{v,d}$	$M_{z,d}$	$V_{v,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{v,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{v,d}V_{z,d}$	
N24/N10	$\eta = 0.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 63.9$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta = 1.3$	x: 1 m $\eta = 1.4$	$\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 64.7$	x: 0 m $\eta = 64.9$	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1 m $\eta = 5.4$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.9$



**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  
 $M_{t,d}$ : 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 axil de compresión.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.18 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{t,0,d}$  : 0.268 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 1512.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{t,0,d}$  : 94.19 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

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

$$k_h = 1.0$$

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

$f_{t,0,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : 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)

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

**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:

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

$\eta$  : 0.639 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

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:

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

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 superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

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

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 87.55 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 18.533 t·m

$M_{y,d}^-$  : 0.000 t·m

$W_{el,y}$  : 21168.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}^+$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,y,d}^-$  : 97.86 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}^+$  : 0.70

$k_{mod}^-$  : 0.50

**Clase<sup>+</sup>** : Corta duración

**Clase<sup>-</sup>** : Permanente

**Clase** : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.00

$\gamma_M$  : 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:

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

$\eta$  : 0.012 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.



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:

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

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:

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

Donde:

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

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

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.00 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d}^- : \underline{\hspace{2cm} 1.80 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{z,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.000 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.082 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,z} : \underline{\hspace{2cm} 4536.00 \hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,z,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 107.65 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d}^- : \underline{\hspace{2cm} 150.70 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.50 \hspace{2cm}}$$

$$k_{mod}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.70 \hspace{2cm}}$$

$$\text{Clase}^+ : \underline{\hspace{2cm} Permanente \hspace{2cm}}$$

$$\text{Clase}^- : \underline{\hspace{2cm} Corta duración \hspace{2cm}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 3 \hspace{2cm}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\hspace{2cm} 244.65 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\hspace{2cm} 1.10 \hspace{2cm}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.013 \hspace{2cm}} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

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

$$\tau_{v,d} : \underline{\hspace{2cm} 0.19 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$



Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

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

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

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$V_{v,d} : \underline{0.130} \text{ t}$$

$$A : \underline{1512.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.014} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

Donde:

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

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

$$\tau_{z,d} : \underline{0.16} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

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

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

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$V_{z,d} : \underline{0.105} \text{ t}$$

$$A : \underline{1512.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{v,d} : \underline{11.01} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.50}$$

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.044} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.



Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

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

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:

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$\tau_{tor,d}$  : 1.16 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{x,d}$  : 0.093 t·m

$W_{tor}$  : 8037.79 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$  : 1.70

$b_{max}$  : 840.00 mm

$b_{min}$  : 180.00 mm

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$\eta$  : 0.647 ✓

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

$\eta$  : 0.459 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : 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:

$\sigma_{m,y,d}$  : 87.55 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 1.80 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}$  : 18.533 t·m

$M_{z,d}$  : 0.082 t·m

$W_{el,y}$  : 21168.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 4536.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>



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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

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

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

**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 tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

$$\eta : \underline{0.649} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.461} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

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

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.18} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

**N<sub>t,0,d</sub>**: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.268} \text{ t}$$

**A**: Área de la sección transversal

$$A : \underline{1512.00} \text{ cm}^2$$

**σ<sub>m,d</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{87.55} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{1.80} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

$$M_{v,d} : \underline{18.533} \text{ t·m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-0.082} \text{ t·m}$$

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{21168.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{4536.00} \text{ cm}^3$$

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

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

$$f_{t,0,d} : \underline{94.19} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$k_h : \underline{1.00}$$



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

$$k_h = 1.0$$

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

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$f_{m,y,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

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

Eje y:

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

$$k_h = 1.0$$

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

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

$\gamma_M$ : 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

$$k_m : \underline{0.70}$$

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

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$





El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

Donde:

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

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

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

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

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

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$\tau_{y,d}$  : 0.19 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{z,d}$  : 0.16 kp/cm<sup>2</sup>

$V_{y,d}$  : 0.130 t

$V_{z,d}$  : 0.106 t

$A$  : 1512.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$  : 0.67

$\tau_{tor,y,d}$  : 0.25 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{tor,z,d}$  : 1.16 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{x,d}$  : 0.093 t·m

$W_{tor,y}$  : 37509.70 cm<sup>3</sup>

$W_{tor,z}$  : 8037.79 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$  : 1.70

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

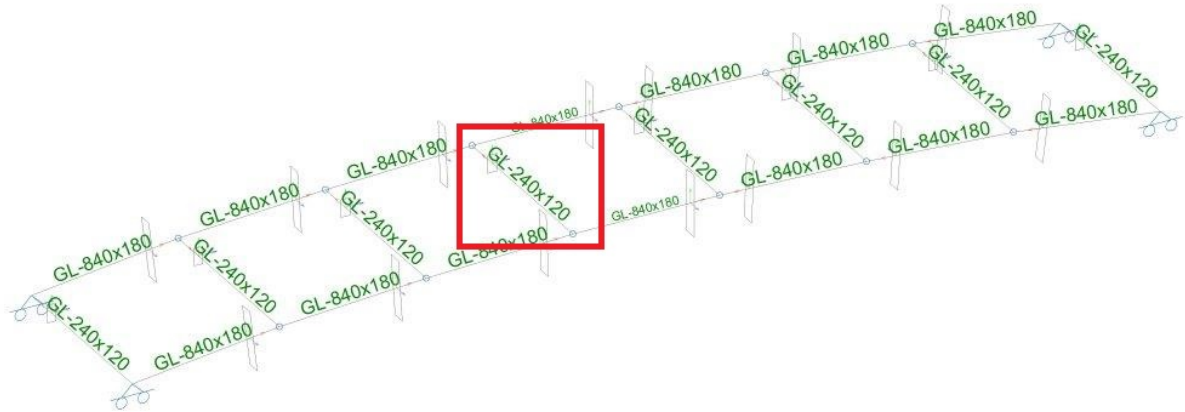
$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25



PASARELA - CORREAS SECUNDARIAS  
 Comprobaciones pésimas



Perfil: GL-240x120 Material: Madera (GL24h)

	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_v^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )
	N12	N13	2.500	288.00	13824.00	3456.00
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.		
$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00		
$L_K$	2.500	2.500	0.000	0.000		
$C_1$	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N12/N13	$\eta = 2.8$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.25 m $\eta = 37.1$	$\eta = 0.1$	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 84.8$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.25 m $\eta = 37.2$	x: 1.25 m $\eta = 40.0$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.8$



**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  
 $M_{y,d}$ : 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

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.  
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
 (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
 (4) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.028 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 2.88 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{t,0,d}$  : 0.830 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 288.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{t,0,d}$  : 103.23 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$k_h$ : 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:

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

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

$f_{t,0,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : 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)

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



### 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:

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

$\eta$  : 0.371 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

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:

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

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:

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

Donde:

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

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

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 55.71 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 0.642 t·m

$M_{y,d}^-$  : 0.000 t·m

$W_{el,y}$  : 1152.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}^+$  : 150.15 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,y,d}^-$  : 107.25 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}^+$  : 0.70

$k_{mod}^-$  : 0.50

**Clase**<sup>+</sup> : Corta duración

**Clase**<sup>-</sup> : Permanente

**Clase** : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$  : 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:



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

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

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:

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

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:

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

Donde:

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

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

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 0.18 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{z,d}^+$  : 0.000 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.001 t·m

$W_{el,z}$  : 576.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d}^+$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}^-$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}^+$  : 0.50

$k_{mod}^-$  : 0.70

**Clase**<sup>+</sup> : Permanente

**Clase**<sup>-</sup> : Corta duración

**Clase** : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 120.00 mm

$\gamma_M$  : 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:

$$\tau_{v,d}$$



$\eta$  : 0.848 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

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

$\tau_{z,d}$  : 13.06 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

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

$V_{z,d}$  : 1.680 t

$A$  : 288.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$  : 0.67

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

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

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 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)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$\eta$  : 0.372 ✓

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

$\eta$  : 0.261 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 55.71 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.18 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 0.642 t·m

$M_{z,d}$  : 0.001 t·m



$W_{el}$ : 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 por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$k_m$ : 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

$$W_{el,y} : \underline{1152.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{576.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{150.15} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

$$\eta : \underline{0.400} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.289} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

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

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

Donde:

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

$A$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{m,d}$ : 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

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

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{2.88} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{t,0,d} : \underline{0.830} \text{ t}$$

$$A : \underline{288.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{55.71} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{0.642} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{1152.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{576.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{103.23} \text{ kp/cm}^2$$





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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

**k<sub>h</sub>**: 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<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{150.15} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

**k<sub>h</sub>**: 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

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

**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

$$k_m : \underline{0.70}$$



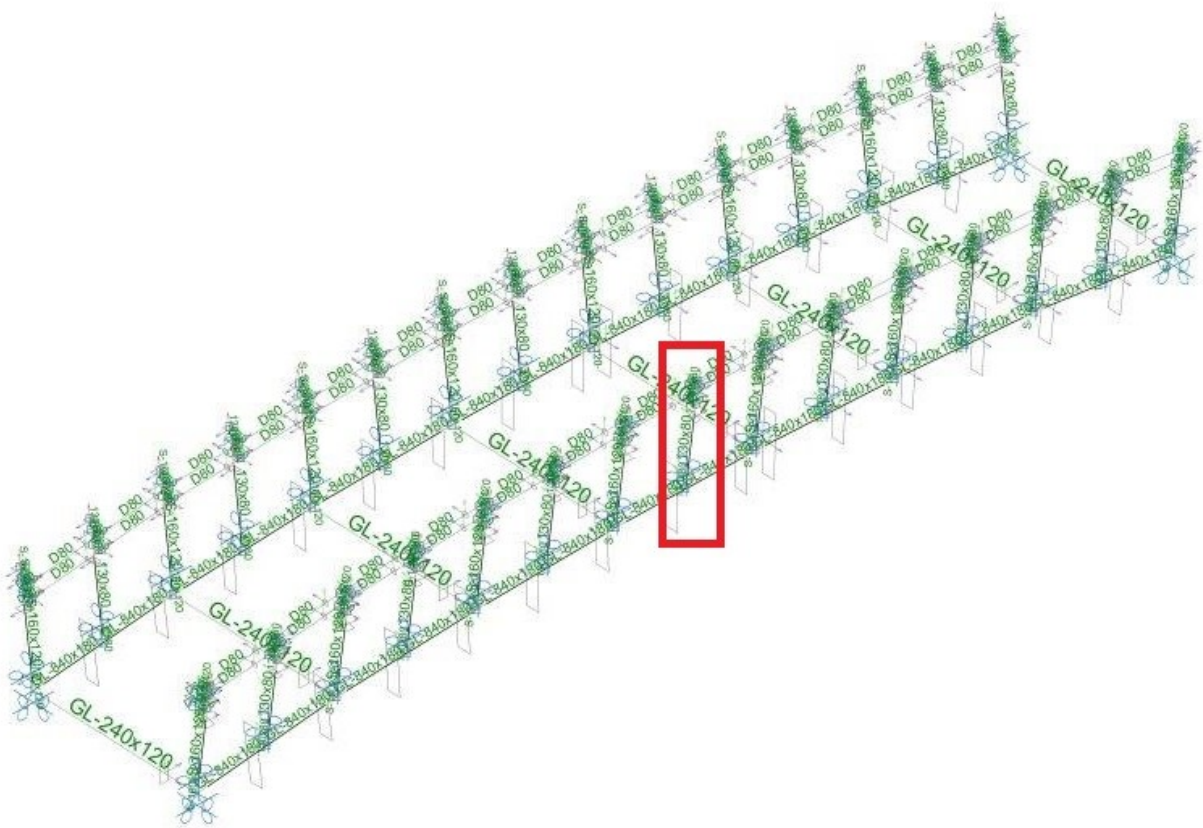
**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**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.

PASARELA – BARANDILLA  
Comprobaciones pésimas





**Perfil: 130x80 Material: Madera (C24)**

	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> )
	N31	N29	1.065	104.00	1464.67	554.67
<b>Notas:</b> (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>		1.065	1.065	0.000	0.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
<b>Notación:</b> 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>	
N31/N29	x: 1.065 m η = 0.7	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 90.2	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 25.4	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 0.7	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 90.2

**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

**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.

**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 : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1.

Donde:

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

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.45 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,0,d</sub> : 0.047 t



<b>A:</b> Área de la sección transversal	<b>A :</b> <u>104.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>t,0,d</sub>:</b> Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:	<b>f<sub>t,0,d</sub> :</b> <u>62.13</u> kp/cm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$	
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub>:</b> Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)	<b>k<sub>mod</sub> :</b> <u>0.55</u>
<b>k<sub>h</sub>:</b> Factor de altura, dado por:	<b>k<sub>h</sub> :</b> <u>1.03</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:	
$k_h = \min\{(150/h)^{0.2}; 1.3\}$	
Donde:	
<b>h:</b> Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h :</b> <u>130.00</u> mm
<b>f<sub>t,0,k</sub>:</b> Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	<b>f<sub>t,0,k</sub> :</b> <u>142.71</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub> :</b> <u>1.30</u>

### 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

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

**η :** 0.002 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

**η :** 0.002 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

**η :** 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

**σ<sub>c,0,d</sub>:** Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**σ<sub>c,0,d</sub> :** 0.14 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

**N<sub>c,0,d</sub>:** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

**N<sub>c,0,d</sub> :** 0.014 t

**A:** Área de la sección transversal

**A :** 104.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>c,0,d</sub> :** 82.33 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:



**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**f<sub>c,0,k</sub>**: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

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

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

**χ<sub>c</sub>**: Factor de inestabilidad, dado por:

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

Donde:

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

Donde:

**β<sub>c</sub>**: Factor asociado a la rectitud de las piezas

**λ<sub>rel</sub>**: Esbeltez relativa, dada por:

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

Donde:

**E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub>**: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**λ**: Esbeltez mecánica, dada por:

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

Donde:

**L<sub>k</sub>**: Longitud de pandeo de la barra

**i**: Radio de giro

**k<sub>mod</sub>** : 0.50

**f<sub>c,0,k</sub>** : 214.07 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

**χ<sub>c,y</sub>** : 0.96

**χ<sub>c,z</sub>** : 0.84

**k<sub>y</sub>** : 0.63

**k<sub>z</sub>** : 0.85

**β<sub>c</sub>** : 0.20

**λ<sub>rel,y</sub>** : 0.48

**λ<sub>rel,z</sub>** : 0.78

**E<sub>0,k</sub>** : 75433.23 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>c,0,k</sub>** : 214.07 kp/cm<sup>2</sup>

**λ<sub>y</sub>** : 28.39

**λ<sub>z</sub>** : 46.14

**L<sub>k,y</sub>** : 1065.45 mm

**L<sub>k,z</sub>** : 1065.45 mm

**i<sub>y</sub>** : 37.53 mm

**i<sub>z</sub>** : 23.09 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:

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

**η** : 0.902 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

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:

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

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 maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\{(150/h)^{0.2}; 1.3\}$$

Donde:

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

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

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\quad 96.06 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\quad 0.000 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\quad 0.216 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\quad 225.33 \quad} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d}^+ : \underline{\quad 96.83 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,y,d}^- : \underline{\quad 106.51 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod}^+ : \underline{\quad 0.50 \quad}$$

$$k_{mod}^- : \underline{\quad 0.55 \quad}$$

$$\text{Clase}^+ : \underline{\quad \text{Permanente} \quad}$$

$$\text{Clase}^- : \underline{\quad \text{Larga duración} \quad}$$

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

$$f_{m,k} : \underline{\quad 244.65 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\quad 1.03 \quad}$$

$$h : \underline{\quad 130.00 \quad} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\quad 1.30 \quad}$$

### 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:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.254 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

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

$$\tau_{z,d} : \underline{\quad 4.38 \quad} \text{ kp/cm}^2$$



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

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**A**: Área de la sección transversal

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

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

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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$V_{z,d} : \underline{0.204} \text{ t}$$

$$A : \underline{104.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{v,d} : \underline{17.25} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.55}$$

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

### 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

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

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

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1.

Donde:

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

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

Donde:

**N<sub>t,0,d</sub>**: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

**A**: Área de la sección transversal

**σ<sub>m,d</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{t,0,d} : \underline{0.044} \text{ t}$$

$$A : \underline{104.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{-95.85} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$$





**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\{(150/h)^{0.2}; 1.3\}$$

Donde:

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

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

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

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\{(150/h)^{0.2}; 1.3\}$$

Donde:

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

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\{(150/h)^{0.2}; 1.3\}$$

Donde:

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

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

**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

$$M_{y,d} : \underline{\underline{-0.216}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{\underline{0.000}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{225.33}} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{\underline{138.67}} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{\underline{62.13}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.55}}$$

$$k_h : \underline{\underline{1.03}}$$

$$h : \underline{\underline{130.00}} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{\underline{142.71}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.30}}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{\underline{106.51}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{\underline{117.37}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.55}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{\underline{1.03}}$$

$$k_{h,z} : \underline{\underline{1.13}}$$

$$h : \underline{\underline{130.00}} \text{ mm}$$

$$h : \underline{\underline{80.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.30}}$$

$$k_m : \underline{\underline{0.70}}$$



**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 N31, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

$\eta$  : 0.006 ✓

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

$\eta$  : 0.004 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

$\eta$  : 0.007 ✓

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

$\eta$  : 0.006 ✓

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:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.14 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{c,0,d}$  : 0.014 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 104.00 cm<sup>2</sup>

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 0.53 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : -0.001 t·m

$M_{z,d}$  : 0.000 t·m

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

$W_{el,y}$  : 225.33 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 138.67 cm<sup>3</sup>

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

$f_{c,0,d}$  : 82.33 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.50

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

$f_{c,0,k}$  : 214.07 kp/cm<sup>2</sup>



$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material
   
 $f_{m,d}$ : 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 por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(150/h\right)^{0.2}; 1.3\right\}$$

Donde:

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

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(150/h\right)^{0.2}; 1.3\right\}$$

Donde:

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

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

$k_m$ : 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

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{96.83} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{106.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.50}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.03}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.13}$$

$$h : \underline{130.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$

$$\chi_{c,y} : \underline{0.96}$$

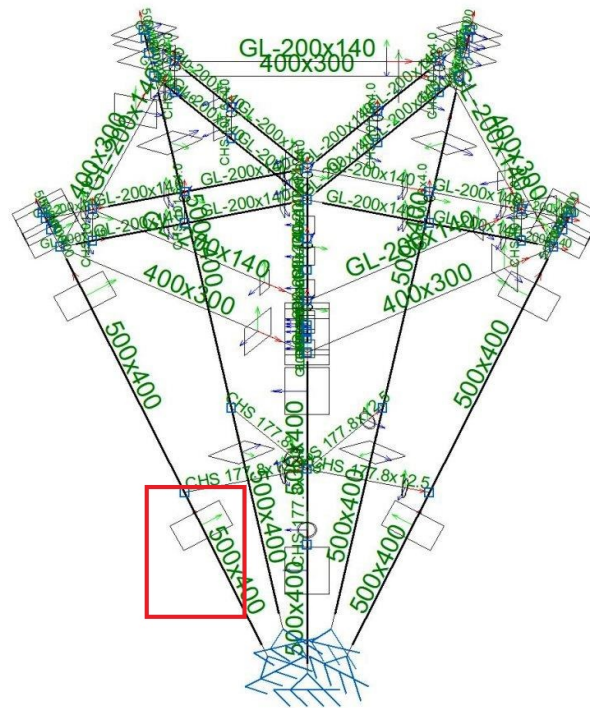
$$\chi_{c,z} : \underline{0.84}$$

### 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.



PASARELA - APOYOS (CONOS)  
 Comprobaciones pésimas



Perfil: 500x400 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> )
N66 - N67	2.149	2000.00	416666.67	266666.67	547200.00
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>	2.149	2.149	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>
N66/N67	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 9.7	x: 2.149 m η = 41.0	x: 2.149 m η = 16.4	η = 10.6	x: 0 m η = 32.7	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 2.149 m η = 52.6	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.149 m η = 53.4	N.P. <sup>(4)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 53.4



**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

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.  
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
 (3) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación

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

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

**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

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

$\eta$  : 0.097 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1.

Donde:

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

$\sigma_{c,0,d}$  : 10.44 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{c,0,d}$  : 20.889 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 2000.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{c,0,d}$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.55

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

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_M$  : 1.25

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

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión, ya que el valor de la esbeltez relativa es inferior a 0.3.

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

$\lambda_{rel,y}$  : 0.24

$\lambda_{rel,z}$  : 0.30

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

Donde:



**$E_{0,k}$** : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  
 **$f_{c,0,k}$** : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  
 **$\lambda$** : Esbeltez mecánica, dada por:

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

Donde:

**$L_k$** : Longitud de pandeo de la barra

**$i$** : Radio de giro

**$E_{0,k}$**  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

**$f_{c,0,k}$**  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**$\lambda_y$**  : 14.89

**$\lambda_z$**  : 18.61

**$L_{k,y}$**  : 2148.98 mm

**$L_{k,z}$**  : 2148.98 mm

**$i_y$**  : 144.34 mm

**$i_z$**  : 115.47 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:

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

**$\eta$**  : 0.410 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N67, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

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:

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

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:

**$\sigma_{m,y,d}^+$**  : 45.00 kp/cm<sup>2</sup>

**$\sigma_{m,y,d}^-$**  : 0.23 kp/cm<sup>2</sup>

**$M_{y,d}^+$**  : 7.499 t·m

**$M_{y,d}^-$**  : 0.039 t·m

**$W_{el,y}$**  : 16666.67 cm<sup>3</sup>

**$f_{m,y,d}^+$**  : 109.63 kp/cm<sup>2</sup>

**$f_{m,y,d}^-$**  : 99.66 kp/cm<sup>2</sup>

**$k_{mod}^+$**  : 0.55

**$k_{mod}^-$**  : 0.50

**Clase<sup>+</sup>** : Larga duración

**Clase<sup>-</sup>** : Permanente

**Clase** : 3

**$f_{m,k}$**  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**$k_h$**  : 1.02



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

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

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción **h** : 500.00 mm  
**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 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:

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

**η** : 0.164 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N67, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

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:

**σ<sub>m,d</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

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

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

**σ<sub>m,z,d</sub><sup>+</sup>** : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

**σ<sub>m,z,d</sub><sup>-</sup>** : 18.43 kp/cm<sup>2</sup>

**M<sub>z,d</sub><sup>+</sup>** : 0.000 t·m

**M<sub>z,d</sub><sup>-</sup>** : 2.457 t·m

**W<sub>el,z</sub>** : 13333.33 cm<sup>3</sup>

**f<sub>m,z,d</sub><sup>+</sup>** : 101.91 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>m,z,d</sub><sup>-</sup>** : 112.10 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>mod</sub><sup>+</sup>** : 0.50

**k<sub>mod</sub><sup>-</sup>** : 0.55

**Clase<sup>+</sup>** : Permanente

**Clase<sup>-</sup>** : Larga duración

**Clase** : 3

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h</sub>** : 1.04

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





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

Donde:

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

**h** : 400.00 mm

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

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

Se debe satisfacer:

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

**η** : 0.106 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

**τ<sub>d</sub>**: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

**τ<sub>y,d</sub>** : 1.28 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>y,d</sub>** : 1.143 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 2000.00 cm<sup>2</sup>

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

**k<sub>cr</sub>** : 0.67

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

**f<sub>v,d</sub>** : 12.11 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.55

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

**f<sub>v,k</sub>** : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

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

Se debe satisfacer:

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

**η** : 0.327 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

**τ<sub>d</sub>**: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

**τ<sub>z,d</sub>** : 3.95 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:



<b>V<sub>d</sub></b> : Cortante de cálculo	<b>V<sub>z,d</sub></b> : <u>3.532</u> t
<b>A</b> : Área de la sección transversal	<b>A</b> : <u>2000.00</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>f<sub>v,d</sub></b> : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	<b>f<sub>v,d</sub></b> : <u>12.11</u> kp/cm <sup>2</sup>
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub></b> : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)	<b>k<sub>mod</sub></b> : <u>0.55</u>
<b>f<sub>v,k</sub></b> : Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub></b> : <u>27.52</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M</sub></b> : Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub></b> : <u>1.25</u>

### 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

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

$$\eta : \underline{0.526} \quad \checkmark$$

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N67, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

**σ<sub>m,d</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{45.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{18.43} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{7.499} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{2.457} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{16666.67} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{13333.33} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{109.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{112.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.55}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.02}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.04}$$



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

$\gamma_M$  : 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

$k_m$  : 0.70

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

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

### 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 N67, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1$ .

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

$\eta$  : 0.534 ✓

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

$\eta$  : 0.461 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

La comprobación no procede, ya que la esbeltez relativa es inferior a 0.3, para ambos ejes.

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:

$\sigma_{c,0,d}$  : 10.11 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{c,0,d}$  : 20.212 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 2000.00 cm<sup>2</sup>

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 45.00 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\sigma_{m,z,d}$  : 18.43 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 7.499 t·m

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

$M_{z,d}$  : 2.457 t·m

$W_{el,y}$  : 16666.67 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 13333.33 cm<sup>3</sup>

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

$f_{c,0,d}$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:



$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.55}$$

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

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$f_{m,v,d} : \underline{109.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{112.10} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.55}$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.02}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.04}$$

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

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

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

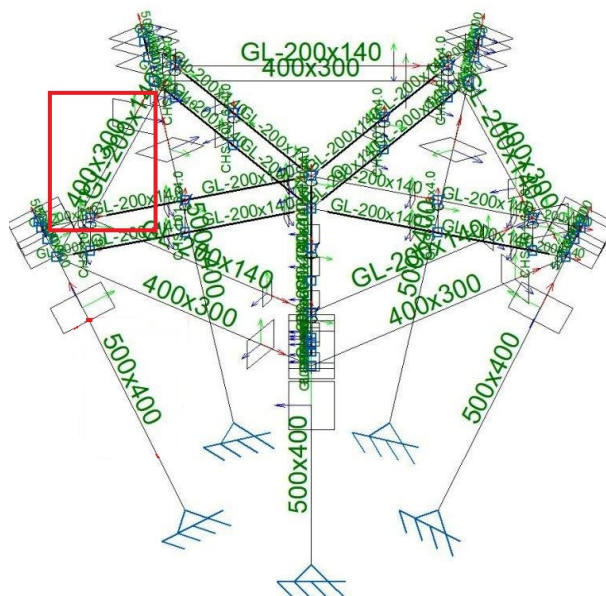
$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : 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 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.



**Perfil: 400x300 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> )
N116	N118	2.749	1200.00	90000.00	160000.00	193680.00
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	0.00	
L <sub>K</sub>	2.749	2.749	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</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z</sub>		M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N116/N118	η = 2.7	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.749 m η = 33.8	x: 0 m η = 5.4	η = 5.0	x: 2.749 m η = 27.5	η = 1.9	x: 2.749 m η = 37.0	x: 0 m η = 39.5	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 2.749 m η = 28.9	<b>CUMPLE</b> n = 39.5
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												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.												



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.027 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1.

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 2.09 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{t,0,d}$  : 2.505 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 1200.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{t,0,d}$  : 77.07 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.55

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.04

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

$h$  : 400.00 mm

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

$f_{t,0,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : 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)

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

### 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:

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

$\eta$  : 0.338 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.



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:

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

Donde:

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

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

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.00 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\hspace{2cm} 39.05 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.000 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\hspace{2cm} 2.343 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\hspace{2cm} 6000.00 \hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 104.88 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,y,d}^- : \underline{\hspace{2cm} 115.37 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.50 \hspace{2cm}}$$

$$k_{mod}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.55 \hspace{2cm}}$$

$$\text{Clase}^+ : \underline{\hspace{2cm} \text{Permanente} \hspace{2cm}}$$

$$\text{Clase}^- : \underline{\hspace{2cm} \text{Larga duración} \hspace{2cm}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 3 \hspace{2cm}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\hspace{2cm} 244.65 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\hspace{2cm} 1.07 \hspace{2cm}}$$

$$h : \underline{\hspace{2cm} 300.00 \hspace{2cm}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\hspace{2cm} 1.25 \hspace{2cm}}$$

#### 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:

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

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.054 \hspace{2cm}} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

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:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.00 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$





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

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

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

Donde:

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

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

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

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

Donde:

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

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

$$\sigma_{m,z,d}^- : \underline{6.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{z,d}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d}^- : \underline{0.488} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,z} : \underline{8000.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,z,d}^+ : \underline{101.91} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d}^- : \underline{112.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod}^+ : \underline{0.50}$$

$$k_{mod}^- : \underline{0.55}$$

$$\text{Clase}^+ : \underline{\text{Permanente}}$$

$$\text{Clase}^- : \underline{\text{Larga duración}}$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.04}$$

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.050} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

**τ<sub>d</sub>**: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

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

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**A**: Área de la sección transversal

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

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

$$\tau_{v,d} : \underline{0.61} \text{ kp/cm}^2$$

$$V_{v,d} : \underline{0.326} \text{ t}$$

$$A : \underline{1200.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{v,d} : \underline{12.11} \text{ kp/cm}^2$$



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

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$\begin{aligned}
 k_{mod} &: \underline{0.55} \\
 f_{v,k} &: \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_M &: \underline{1.25}
 \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.275} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

**τ<sub>d</sub>**: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

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

$$\tau_{z,d} : \underline{3.33} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**A**: Área de la sección transversal

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

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

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

$$V_{z,d} : \underline{1.782} \text{ t}$$

$$A : \underline{1200.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{v,d} : \underline{12.11} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$$k_{mod} : \underline{0.55}$$

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

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

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

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.28} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:



$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

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

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:

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$M_{x,d}$  : 0.023 t·m

$W_{tor}$  : 8208.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$  : 1.20

$b_{max}$  : 400.00 mm

$b_{min}$  : 300.00 mm

$f_{v,d}$  : 12.11 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.55

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$\eta$  : 0.370 ✓

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

$\eta$  : 0.282 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : 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 por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$\sigma_{m,y,d}$  : 39.05 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 5.10 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}$  : 2.343 t·m

$M_{z,d}$  : 0.408 t·m

$W_{el,y}$  : 6000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 8000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}$  : 115.37 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}$  : 112.10 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.55



$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión
   
 $k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{h,y}$  : 1.07

$k_{h,z}$  : 1.04

$\gamma_M$  : 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

$k_m$  : 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

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

$\eta$  : 0.395 ✓

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

$\eta$  : 0.312 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·Q1.

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 2.00 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$N_{t,0,d}$  : 2.405 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 1200.00 cm<sup>2</sup>

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 38.17 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 6.10 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 2.290 t·m

$M_{z,d}$  : -0.488 t·m

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

$W_{el,y}$  : 6000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 8000.00 cm<sup>3</sup>

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

$f_{t,0,d}$  : 77.07 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.55

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.04

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:

<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h</b> :	<u>400.00</u> mm
<b>f<sub>t,0,k</sub></b> : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	<b>f<sub>t,0,k</sub></b> :	<u>168.20</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M</sub></b> : Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub></b> :	<u>1.25</u>
<b>f<sub>m,d</sub></b> : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	<b>f<sub>m,y,d</sub></b> :	<u>115.37</u> kp/cm <sup>2</sup>
	<b>f<sub>m,z,d</sub></b> :	<u>112.10</u> kp/cm <sup>2</sup>

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

Donde:

<b>k<sub>mod</sub></b> : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)	<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.55</u>
<b>f<sub>m,k</sub></b> : Resistencia característica a flexión	<b>f<sub>m,k</sub></b> :	<u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>h</sub></b> : Factor de altura, dado por:	<b>k<sub>h,y</sub></b> :	<u>1.07</u>
	<b>k<sub>h,z</sub></b> :	<u>1.04</u>

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:

<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h</b> :	<u>300.00</u> mm
---	------------	------------------

Eje z:

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

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

Donde:

<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h</b> :	<u>400.00</u> mm
<b>γ<sub>M</sub></b> : Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub></b> :	<u>1.25</u>

**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

<b>k<sub>m</sub></b> :	<u>0.70</u>
------------------------	-------------

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

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

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

Se debe satisfacer:

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

<b>η</b> :	<u>0.069</u> ✓
------------	----------------



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

$\eta$  : 0.289 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1.

Donde:

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

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

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

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

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

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

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

$\tau_{y,d}$  : 0.61 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{z,d}$  : 3.33 kp/cm<sup>2</sup>

$V_{y,d}$  : 0.326 t

$V_{z,d}$  : 1.782 t

$A$  : 1200.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$  : 0.67

$\tau_{tor,y,d}$  : 0.28 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{tor,z,d}$  : 0.21 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{x,d}$  : 0.023 t·m

$W_{tor,y}$  : 8208.00 cm<sup>3</sup>

$W_{tor,z}$  : 10944.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$  : 1.20

$f_{v,d}$  : 12.11 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.55

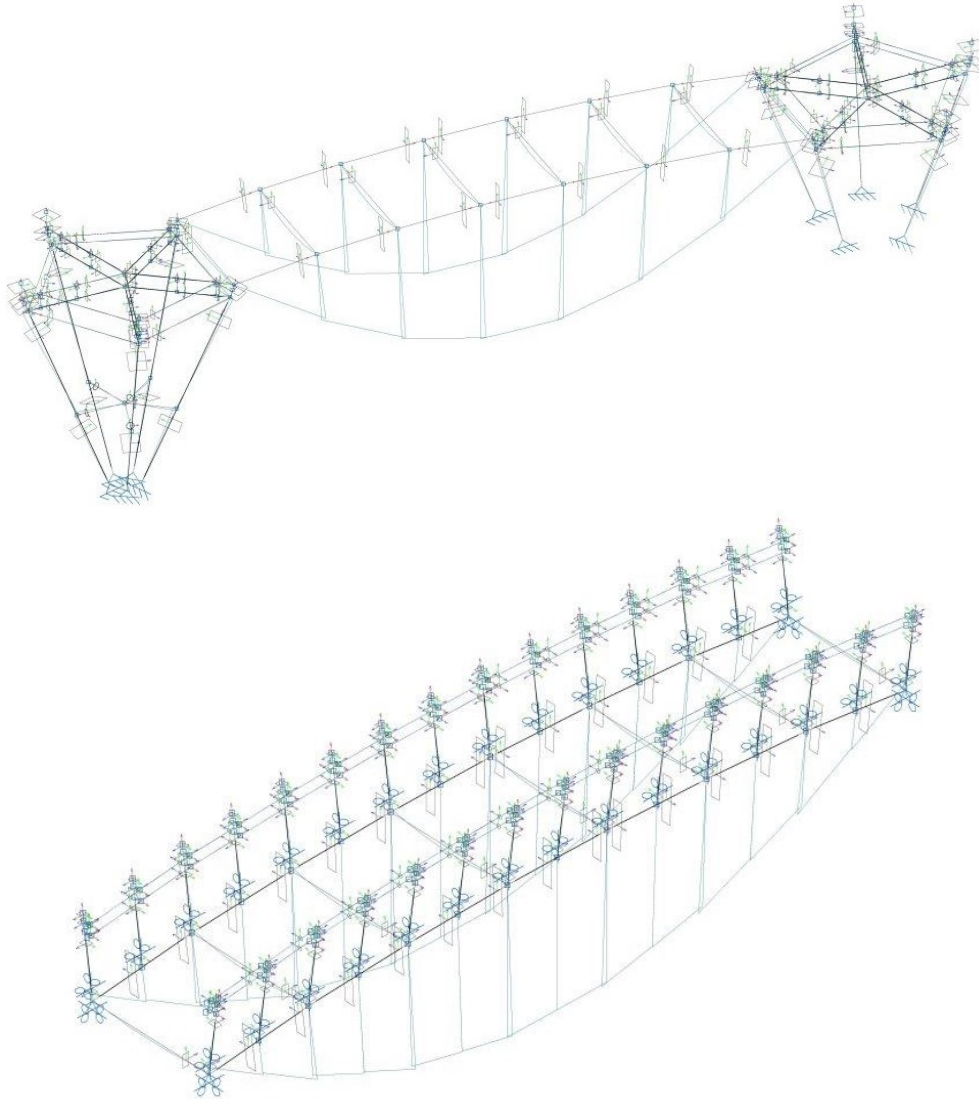
$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

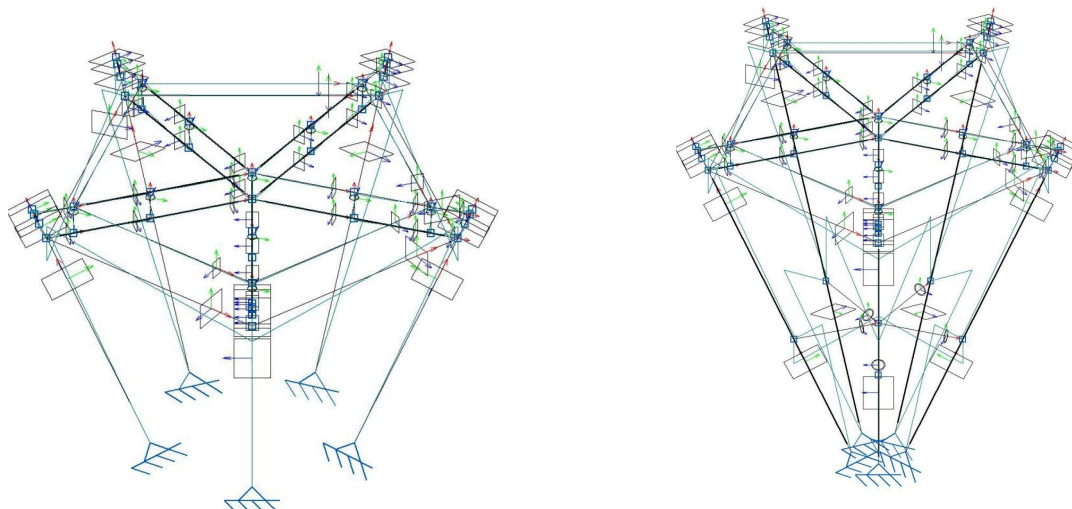
$\gamma_M$  : 1.25



PASARELA - CONJUNTO  
Comportamiento General

Representación gráfica de los momentos flectores que resultan ser los esfuerzos fundamentales:





## ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se han definido 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

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

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes utilizados:

### Desplazamientos

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorabl	Desfavorabl	Principal	Acompañamiento
Cargapermanente	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





▪ **Nombres de las hipótesis**

Peso  
 CM 1  
 Q 1  
 V 1  
 N 1

▪ **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V 1	N 1
1	1.00	1.00			
2	1.00	1.00	1.00		
3	1.00	1.00		1.0	
4	1.00	1.00	1.00	1.0	
5	1.00	1.00			1.00
6	1.00	1.00	1.00		1.00
7	1.00	1.00		1.0	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00

**Según IAP 11 7 CRITERIOS PARA LA COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO**

*7.1.1 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES Se deberá verificar que la flecha vertical máxima correspondiente al valor frecuente de la sobrecarga de uso no supera los valores siguientes:  $L/1000$  en puentes de carretera  $L/1200$  en pasarelas o en puentes con zonas peatonales siendo  $L$  la luz del vano. En tableros suspendidos o atirantados, arcos de tablero inferior o estructuras asimilables, deberá tomarse como  $L$  la distancia entre puntos de inflexión de la deformada para la hipótesis de carga considerada.*

**Según EUROCODIGO 5 7.2 VALORES LÍMITES DE LAS DEFORMACIONES**

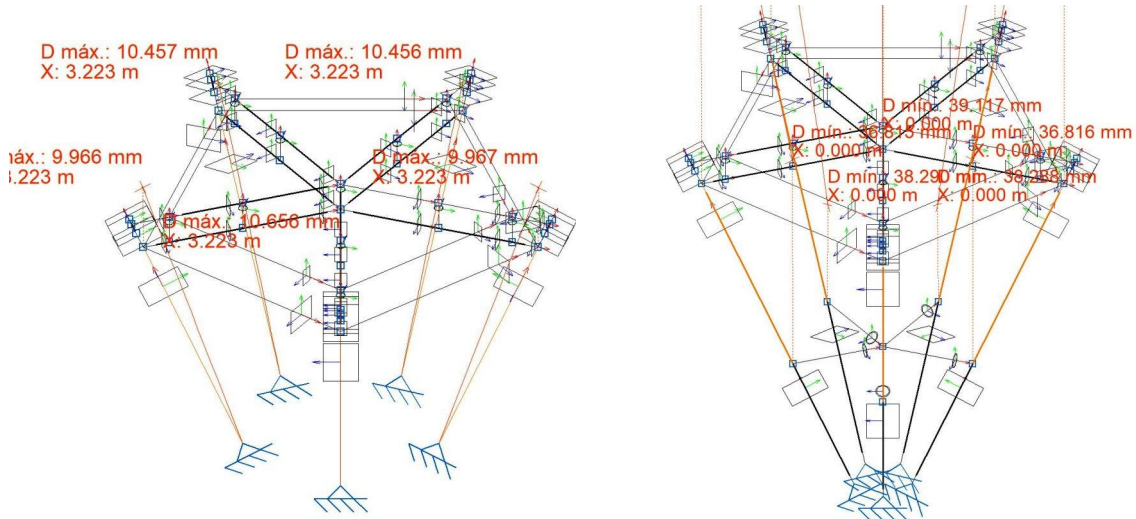
*7.1 VALORES LÍMITES PARA LA FLECHA DE VIGAS, PLACAS Y CELOSÍAS Se deberá verificar que la flecha vertical máxima correspondiente:*

- . Carga de tráfico característico no supera los valores siguientes:  $L/400$  -  $L/500$
- . Carga de peatones y tráfico bajo no supera los valores siguientes:  $L/200$  -  $L/400$

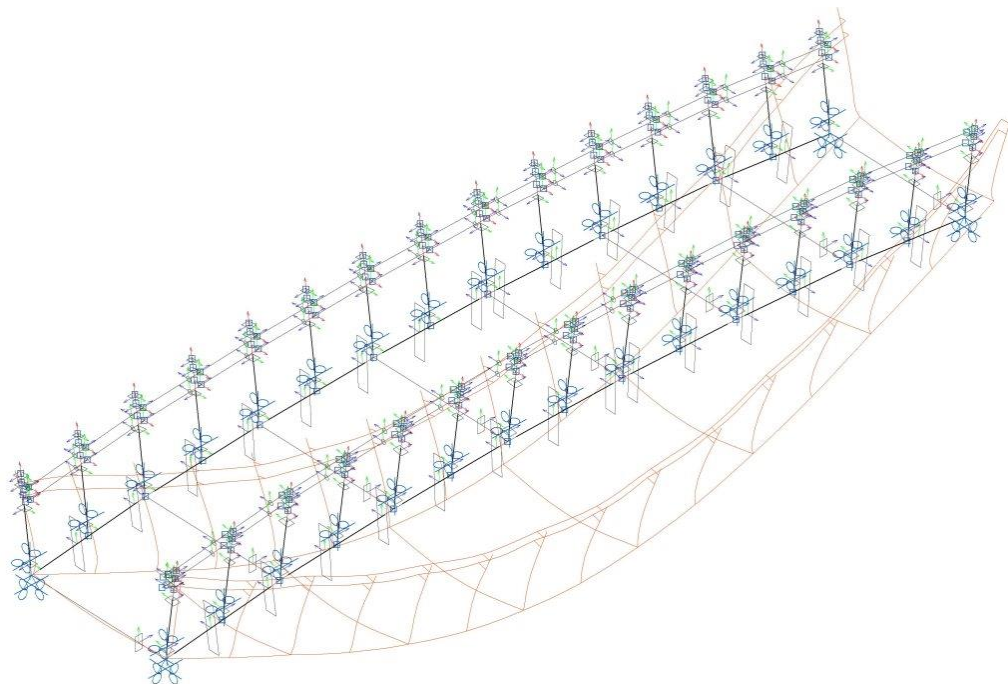
**El criterio final aplicado será  $L/300$  sobre la S.U.**

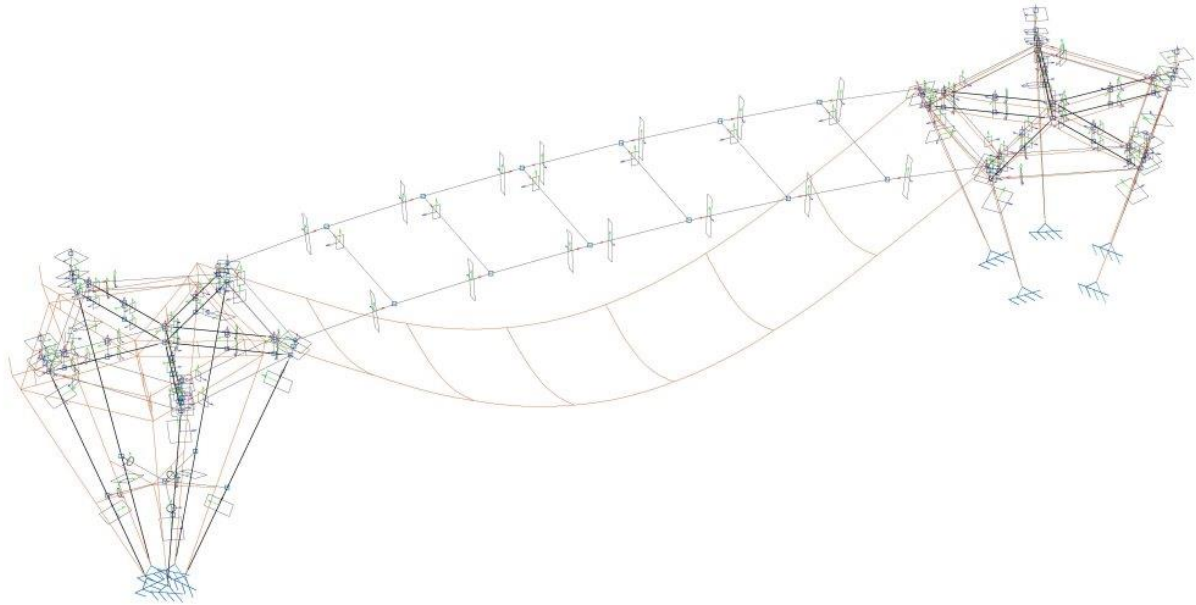


**PASARELA - APOYOS (CONOS)**  
 Desplazamientos



**PASARELA - CONJUNTO**  
 Comportamiento General





## ESTADOS LÍMITE DE VIBRACIONES

Las vibraciones pueden afectar a la funcionalidad y durabilidad de una estructura bajo las condiciones de servicio. Se debe garantizar:

- El confort de los usuarios.
- La ausencia de deterioro en la propia estructura o en elementos no resistentes soportados por ella, originados por los efectos dinámicos.

En general, resultan susceptibles de fenómenos vibratorios que pueden afectar al confort de los peatones las pasarelas cuyas frecuencias fundamentales estén comprendidas en los siguientes rangos:

- Para oscilaciones en el plano vertical: entre 1,25y 4,60 Hz.
- Para oscilaciones en el plano horizontal o en torsión: entre 0,50 y 1,20 Hz

En el caso de pasarelas convencionales, cuyas frecuencias fundamentales para vibraciones en el plano vertical estén comprendidas en el rango antes citado, no suele ser necesario efectuar un análisis dinámico de vibraciones.

$$f = \frac{(\pi n)^2}{2L^3}$$



Donde:

$f_n$ : es la frecuencia del modo  $n$

$E$ : módulo de deformación. 13800 N/mm<sup>2</sup>

$I$ : La inercia 1780000 cm<sup>4</sup>

$g$ : aceleración de la gravedad, 9,8m/s<sup>2</sup>

$w$ : masa de la pasarela, asumiendo 590 kg/m<sup>3</sup> y una sección de 0,30 m<sup>2</sup>

$l$ : luz entre apoyos, que en este caso es de 14,00m.

Se obtiene, con esta formulación, la siguiente frecuencia:

$F_1 = 9.4\text{Hz} > 4.60\text{Hz}$  . NO ES NECESARIA LA COMPROBACION MEDIANTE ESTUDIO DINÁMICO

## 7 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

---

Las soluciones constructivas en la construcción en madera son de vital importancia para la durabilidad de los materiales utilizadas y por tanto de la vida útil de la construcción:

### 7.1 PROTECCIÓN POR DISEÑO

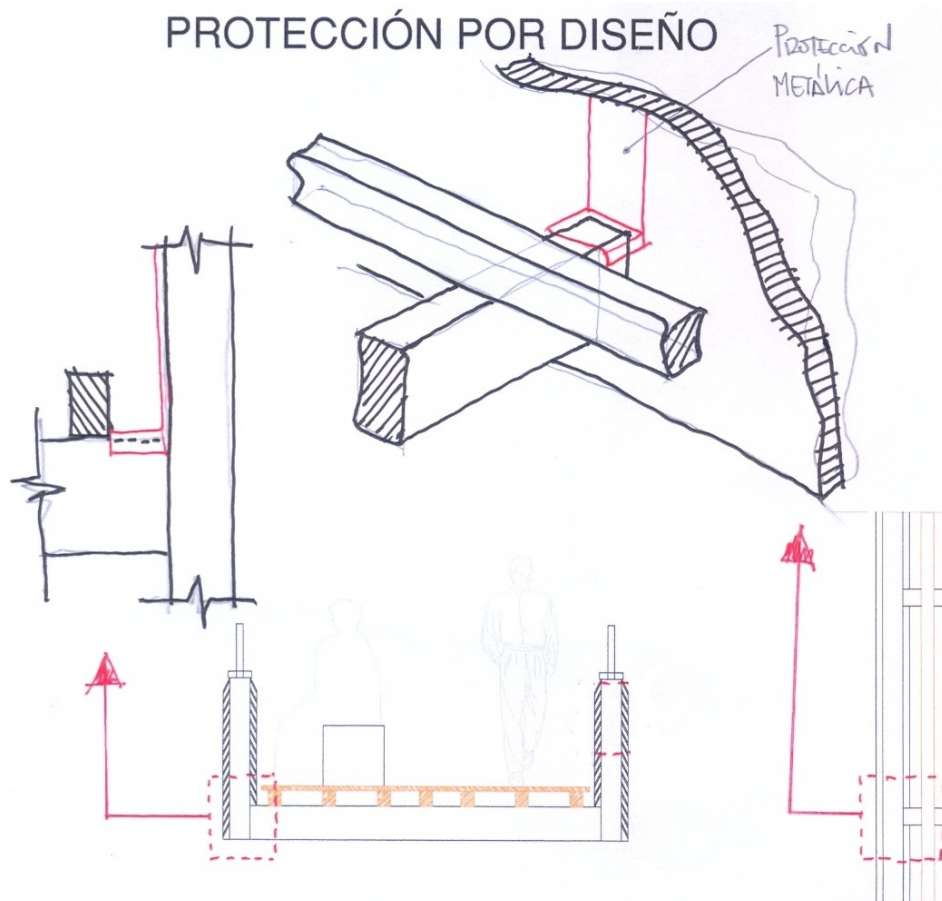
La protección por diseño tiene como objetivo fundamental conseguir mantener la madera en la clase de Uso prevista para la misma. Ello se consigue a base de evitar que haya acumulaciones de agua en puntos concretos de la estructura que pueda generar las condiciones de humedad adecuadas para el desarrollo de hongos de pudrición y su evolución favorable, lo que reduciría la vida útil de la misma.

Para ello se realiza un estudio de los puntos conflictivos:

#### TRAMPAS DE AGUA

En el caso de la estructura los puntos más conflictivos son:

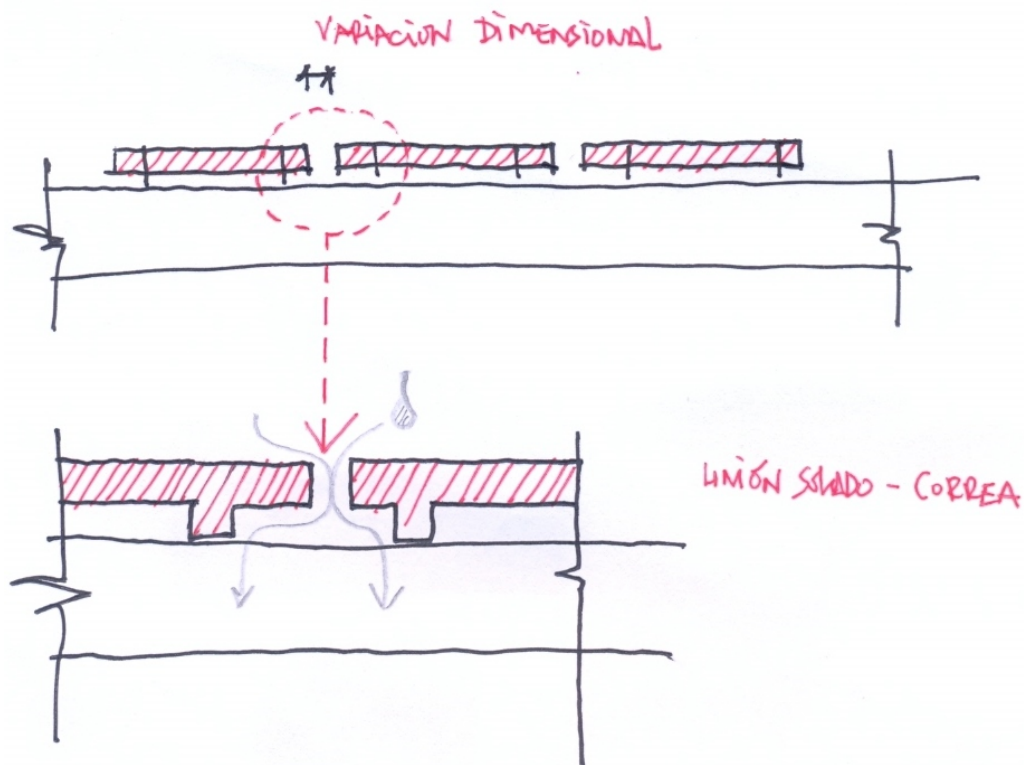
- Encuentro entre las correas y la viga.
- Testas de las piezas de madera
- Zona superior de las vigas de la pasarela
- Elementos de barandillas
- Encuentros y esquinas



Todas estas trampas de agua deben resolverse mediante:

- Diseño que permita la evacuación rápida del agua o que se pueda evaporar la misma.
- Colocar elementos de protección física como pueden ser protecciones metálicas, laminas impermeabilizantes,...





## HINCHAZÓN Y MERMA

En relación al acabado de la pasarela es importante tener en cuenta los procesos de hinchazón y merma causados por las variaciones en el porcentaje de humedad en la madera y que suponen variaciones en su dimensión. Estas variaciones tienen como factor determinante aparte de la humedad ambiental, las características de la especie de madera afectada. En este caso IROKO y ALERCE.

Nombre comercial	Nombre científico	Densidad (12%) /km <sup>3</sup>	Dureza Monnin	Coef. cont. tang. Total (%)	Coef. cont. rad. Total (%)	Tang / radial	Punto de saturación de la fibra	Coef. cont. unit. medio	Durabilidad Hongos (Duramen)
Alerce	<i>Larix decidua</i>	600	3,8	8,2	4,2	1,9	26	0,24	3-4
Castaño	<i>Castanea sativa</i>	590	2,9	6,9	4,2	1,6	30	0,19	2
Cedro brasileño	<i>Cedrela odorata</i>	490	1,6	6,0	3,9	1,5	29	0,17	2
Cedro rojo	<i>Thuja plicata</i>	370	1,1	5,5	2,2	2,5	24	0,16	2
Cumarú	<i>Dipteryx spp.</i>	1050	13,1	7,7	5,5	1,4	22	0,30	1
Elondo	<i>Erythrophleum spp.</i>	910	9,2	8,4	5,1	1,6	26	0,26	1
Ipé	<i>Tabebuia spp.</i>	1050	14,6	6,4	5,1	1,2	20	0,29	1
Iroko	<i>Milicia excelsa</i>	6540	4,1	5,4	3,5	1,5	23	0,19	1-2
Pino gallego	<i>Pinus pinaster</i>	540	2,3	9	4,5	2,3	32	0,21	3-4
Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	520	2,6	8,3	5,2	1,6	30	0,23	3-4
Roble europeo	<i>Quercus robur, petraea.</i>	710	4,2	9,7	4,5	2,1	31	0,23	2-4



## CÁLCULO DE LA HINCHAZÓN Y MERMA DEL ENTARIMADO

### OBJETIVOS:

- Humedad de instalación recomendada.
- Las holguras recomendadas (normativas) que se deben mantener entre tablas (periodo seco / húmedo).
- La holgura que se debe dejar en el momento de la instalación para lograr ese resultado

### DATOS GEOMÉTRICOS:

Ancho (mm):	150
Alto (mm):	22
Largo (mm):	2500

### DATOS ESTADÍSTICOS:

Localización	Precipitaciones		Humedad			
	Días/Año	Total (mm)	Media (mm)	Máx.anual INVIERNO	Min.anual VERANO	Media.anual
Ourense	97	817	8,4	18,2	11,5	14,4
Donostia				16,9	13,3	15,6

### DATOS MATERIAL:

Nombre	Coef.tang. Total(%)	Coef.radial Total(%)	Tang/Radial	Saturac.Fibra Saturación %	Coef.tang. Unit.(%)	Coef.radial Unit.(%)	Coef.radial medio	DURABILIDAD
IPE	6,4	5,1	1,25490196	20	0,32	0,26	0,29	1
ALERCE	8,2	4,2	1,95238095	26			0,24	3 . 4
IROKO	5,4	3,5	1,54285714	23			0,19	1

### COMPROBACIÓN:

nota: la madera se coloca con una Humedad media entre 12%-14%

#### INVIERNO

$$0,19 \quad X \quad \left( \begin{array}{l} \text{HUM.MAX.} \\ 23 \end{array} - \begin{array}{l} \text{HUM.MEDIA} \\ 15,6 \end{array} \right) X \quad \text{ANCHO} \quad 150 = 2,109 \text{ mm}$$

#### VERANO

$$0,19 \quad X \quad \left( \begin{array}{l} \text{HUM.MEDIA} \\ 15,6 \end{array} - \begin{array}{l} \text{HUM.MIN.} \\ 8 \end{array} \right) X \quad 150 = 2,166 \text{ mm}$$

Junta	<b>6,275 mm</b>	
JuntaInvierno	4,166 mm	> 3mm
JuntaVerano	8,441 mm	< 9mm

### NORMATIVA:

UNE 56-823-2 Suelos entarimados de madera al exterior. Parte 2: Colocación. Especificaciones

En las tarimas de exterior se debe dejar holgura entre las tablas fundamentalmente con dos objetivos:

- Permitir los movimientos de hinchazón y minimizar la merma de la madera;
- Evacuar fácilmente el agua de precipitaciones atmosféricas, riegos, salpicaduras etc

La holgura entre tablas dependerá de la anchura de la tablazón y de la estabilidad dimensional de la madera considerada. Se recomienda que esté comprendida entre 4 y 7 mm.

La holgura entre lamas debe prever los movimientos de hinchazón y merma de la madera de forma que en los periodos de máxima hinchazón (húmedos) la junta no llegue a ser menor de 2 mm y en los periodos de mínima hinchazón (secos) no sea nunca mayor de 10 mm (para evitar posibles accidentes con zapatos de tacón de aguja, etc).

Francia DTU 51.4

Mantener una holgura entre tablas de entre 3 y 12 mm a lo largo de la vida de servicio del entarimado, considerando una tabla tipo con una anchura de 140mm

**Se realiza el cálculo y el resultado es que la junta debe ser de 6,5mm**





## 8 CONCLUSIONES FINALES

---

Como conclusión final cabe decir que la propuesta realizada en este TFM es decir la resolución de una pasarela elevada que permita pasear entre los arboles construida principalmente en madera resulta factible y con un resultado estructuralmente razonable y estéticamente óptimo.

Así como la resolución del tipo de pasarela propuesto es un aspecto más habitualmente trabajado en otros contextos y con muchísima casuística lo que ha generado una amplísima gama de diseños. En este caso la singularidad se da en la necesidad de generar plataformas de observación que a la vez sirvan de apoyo a las pasarelas. Para este trabajo se optó finalmente por una solución en plataformas pentagonales sobre pilares en forma de cono que permitían generar un recorrido sinuoso a la vez que permitía concentrar los esfuerzos y afectar a una menor área en el apoyo con el terreno.

Especial interés podría tener el estudio de un mejor apoyo de la pasarela en la plataforma, detalle que condiciona en gran medida el comportamiento del elemento transmisor al terreno. En este caso el proceso de diseño puede tener aún un mayor recorrido que permita buscar el límite del material utilizado. Un profundo estudio sobre este elemento podría permitir también una simplificación de los encuentros entre las distintas piezas que en este caso se resuelven con uniones metálicas de cierta complejidad, lejos del espíritu del ejercicio que pretendía una resolución más sencilla de los mismos.

Por tanto se considera un buen ejercicio inicial que podría tener continuidad en su desarrollo, mejora y optimización, considerándolo por tanto un proyecto abierto a investigación y mejora.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

---

- Estructura de madera. Diseño y Cálculo. AITIM – Ramón Argüelles y Francisco Arriaga.
- Arquitectura y Madera. Guía de diseño de elementos estructurales adaptada al CTE
- Diseño y cálculo de uniones en estructuras de madera (Documentación de aplicación del CTE). MADERIA. Sociedad española de la madera
- Norma UNE-EN 336: «Madera estructural. Coníferas y Chopo. Dimensiones y tolerancias».
- Norma UNE-EN 844-4: «Términos relativos al contenido de humedad «
- Alvarez, H.; Fernández-Golfín, J. 1996. Humedad de la madera en la construcción: valores recomendados y riesgo de cambio dimensional, en España. Centro de investigación forestal. CIFORINIA. AITIM 182: 65-71.
- Alvarez Noves, H. y Fernández Golfín Seco, J.I. :«AITIM, Nº 182». Pág 70



## 10 ANEXOS: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

---