

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA  
CONSTRUCCIÓN

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER



BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

***ANÁLISIS DE PASARELAS DE MADERA:  
APLICACIÓN REAL EN UNA SENDA PEATONAL  
EN ARTZINIEGA***

<b>Estudiante</b>	Lopez Arbeloa, Martin
<b>Director</b>	Cuadrado Rojo, Jesús
<b>Departamento</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Curso académico</b>	2021-2022

Bilbao, 18 de septiembre de 2022

A mi familia, sobre todo a mis padres y a mi pareja.

Soy quien soy gracias a vosotros.

A mi tutor, Jesús Cuadrado y a Esteban Laraudogoitia.

Bilbao, 18 de septiembre de 2022



## RESUMEN

La construcción de pasarelas de madera es una opción que está ganando popularidad a la hora de salvar obstáculos en sendas peatonales, especialmente aquellas que transcurren por zonas naturales o rurales. Este es el caso de Artziniega, municipio de Álava que se está planteando incluir un puente de madera como parte de un paseo peatonal que transcurre por la margen del río Artziniega. El objetivo principal de este trabajo es evaluar distintos tipos estructurales de pasarelas de madera, de los cuales se han seleccionado los dos más habituales (e.g. viga simple y celosía; con y sin cubierta) con el fin de encontrar el más adecuado para el caso particular de Artziniega. La metodología empleada para realizar dichos cálculos incluye el uso de programas de cálculo de estructuras (i.e. CYPE), con respecto a diferentes criterios: economía, sostenibilidad, logística, durabilidad, dificultad de montaje, mantenimiento, etcétera. Los resultados apuntan dos opciones principales, que giran en torno al precio y la durabilidad de la estructura: (i) invertir menos dinero, pecando de durabilidad (viga simple sin cubierta), o (ii) invertir más dinero, ganando en durabilidad (celosía con cubierta). En conclusión, todas las opciones que se plantean son adecuadas para la situación de Artziniega desde el punto de vista estructural, tal y como apuntan los cálculos. En cualquier caso, se debe hacer hincapié en que estos cálculos están adaptados a la demografía y las condiciones de la localidad en cuestión, lo que implica que podrían no ser aptos para cualquier otro caso práctico.

*Palabras clave:* pasarela de madera, viga simple, celosía, cubierta, durabilidad, Artziniega.

## LABURPENA

Zurezko pasabideak egitea gero eta garrantzitsuagoa da oinezkoentzako bideetan oztopoak gainditzerako orduan, batez ere natura- edo landa-eremuetan. Hori da Artziniegako kasua, Arabako udalerria non Artziniega ibaiaren ertzetik igarotzen den oinezkoentzako pasealeku baten zati gisa zurezko zubi bat sartzeko asmoa dagoen. Lan honen helburu nagusia zurezko pasabideen egitura motak ebaluatzea da, zeinetatik ohikoenak diren bi aukeratu dira (e.g. habe sinplea eta sareta; estalkiarekin eta estalkirik gabe), Artziniegako kasu partikularrerako egokiena dena aurkitzeko asmoarekin. Kalkulu horiek egiteko erabilitako metodologiak barne hartzen du egiturak kalkulatzeko programak erabiltzea (i.e. CYPE), hainbat irizpideri adituz: ekonomia, jasangarritasuna, logistika, iraunkortasuna, muntatzeko zailtasuna, mantentze-lanak, etab. Emaizten arabera, bi aukera nagusi daude, egituraren prezioaren eta iraupenaren inguruan: (i) diru gutxiago inbertitzea, iraunkortasunari kalte eginez (i.e. estalkirik gabeko habe sinplea), edo (ii) diru gehiago inbertitzea, iraunkortasunean irabaziz (i.e. estalkiko sareta). Ondorioz, planteatzen diren aukera guztiak egokiak dira Artziniegaren egoerarako egituraren ikuspuntutik, kalkuluek adierazten duten bezala. Nolanahi ere, azpimarratu behar da kalkulu horiek herri horretako demografiari eta baldintzei egokituta daudela, eta horrek esan nahi du hauek agian ez direla egokiak beste edozein kasu praktikotarako.

*Hitz gakoak:* zurezko pasabidea, habe sinplea, sareta, estalkia, iraunkortasuna, Artziniega.



## ABSTRACT

The construction of wooden walkways is an option that is gaining popularity when it comes to overcoming obstacles in pedestrian paths, especially those that run through natural or rural areas. This is the case of Artziniega, municipality of Álava that is considering including a wooden bridge as part of a pedestrian walkway that passes through the margin of the Artziniega River. The main objective of this work is to evaluate different structural types of wooden walkways, of which the two most common have been selected (e.g. simple beam; with and without cover) in order to select the most suitable one for the particular case of Artziniega. The methodology used to perform these calculations includes the use of structural calculation programmes (i.e. CYPE), with regard to different criteria: economy, sustainability, logistics, durability, assembly difficulty, maintenance, et cetera. The results point towards two main options, which revolve around the price and durability of the structure: (i) investing less money, being detrimental to durability (i.e. simple beam without cover), or (ii) investing more money, gaining in durability (i.e. cross beam with cover). In conclusion, all the options proposed in this project are appropriate for Artziniega's situation from a structural point of view, as indicated by calculations. In any case, it should be stressed that these calculations are adapted to the demographics and conditions of the locality concerned, which means that they may not be suitable for any other practical case.

*Keywords:* wooden walkway, simple beam, cross beam, cover, durability, Artziniega.



## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>III</b>
<b>LABURPENA .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2 CONTEXTO.....</b>	<b>2</b>
<b>3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO .....</b>	<b>4</b>
<b>4 BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO.....</b>	<b>5</b>
<b>5 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>6</b>
5.1 Antecedentes históricos .....	6
5.2 Tipos estructurales.....	8
5.2.1 Estructuras de placas de madera .....	8
5.2.2 Estructuras de madera en base a barras.....	8
5.3 Criterios de diseño .....	14
5.4 Proyecto de la estructura .....	15
5.4.1 Normativa.....	15
5.4.2 Requerimientos .....	16
5.4.3 Acciones .....	17
5.4.4 Bases de proyecto: Acciones .....	32
5.4.5 Bases de proyecto: Material.....	34
5.4.6 Combinación de acciones.....	36
5.5 Proceso Constructivo .....	40
5.5.1 Estructura de madera.....	40



5.5.2	Protección del medio ambiente y gestión de residuos .....	41
5.5.3	Mediciones .....	41
5.5.4	Prueba de carga.....	41
5.6	Durabilidad .....	42
5.6.1	Protección de la madera .....	42
5.6.2	Protección química.....	43
5.6.3	Protección por diseño .....	43
5.6.4	Mantenimiento e inspecciones .....	52
<b>6</b>	<b>CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>53</b>
6.1	Dimensiones generales.....	53
6.2	Ubicación de la pasarela .....	54
6.2.1	Estudio hidrológico del rio Artziniega .....	54
6.2.2	Estudio topográfico .....	58
6.3	Tipos estructurales a analizar .....	59
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>61</b>
7.1	Diseños generales .....	61
7.1.1	Entarimado y Rastreles.....	61
7.1.2	Cubierta .....	64
7.1.3	Barandilla.....	66
7.2	Tipo A: Viga simple.....	69
7.2.1	Estructura resistente principal .....	69
7.2.1	Elementos secundarios .....	70
7.3	Tipo B: Viga en celosía .....	71
7.3.1	Estructura resistente principal .....	71
7.3.2	Elementos secundarios .....	72
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>74</b>
8.1	Modelo 1: Viga simple sin cubierta .....	74
8.2	Modelo 2: Viga simple con cubierta .....	77
8.3	Modelo 3: Celosía sin cubierta .....	80



8.4	Modelo 4: Celosía con cubierta .....	83
<b>9</b>	<b>PLAN DE PROYECTO Y PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>86</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO A:</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE .....</b>	<b>1</b>
A.I.1	Acciones .....	1
A.I.2	Pasarelas de madera .....	1
A.I.3	Cimentaciones.....	1
<b>ANEXO B:</b>	<b>CÁLCULOS.....</b>	<b>2</b>
B.I	Diseños Generales .....	2
B.I.1	Rastreles.....	2
B.I.2	Cubierta.....	5
B.I.3	Barandilla.....	43
B.II	Modelo I: Viga simple sin cubierta .....	66
B.II.1	Viga principal.....	66
B.II.2	Riostra .....	75
B.II.3	Diagonal.....	83
B.III	Modelo II: Viga simple con cubierta .....	91
B.III.1	Viga principal.....	91
B.III.2	Riostra .....	100
B.III.3	Diagonal.....	109
B.IV	Modelo III: Celosía sin cubierta.....	115
B.IV.1	Celosía - cordón inferior .....	115
B.IV.2	Celosía - cordón superior .....	128
B.IV.3	Celosía – diagonales .....	141
B.IV.4	Celosía – pilares.....	153
B.IV.5	Riostra superior .....	166
B.IV.6	Riostra inferior.....	176
B.IV.7	Diagonal.....	188
B.V	Modelo IV: Celosía con cubierta .....	196
B.V.1	Celosía - cordón inferior.....	196





B.V.2	Celosía - cordón superior .....	207
B.V.3	Celosía – diagonales .....	216
B.V.4	Celosía – pilares.....	225
B.V.5	Riostra superior .....	234
B.V.6	Riostra inferior.....	243
B.V.7	Diagonal.....	252
<b>ANEXO C:</b>	<b>EJEMPLOS E INSPIRACIÓN .....</b>	<b>259</b>
<b>ANEXO D:</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>264</b>
D.I	Modelo 1: Viga simple sin cubierta .....	264
D.II	Modelo 2: Viga simple con cubierta .....	265
D.III	Modelo 3: Celosía sin cubierta .....	266
D.IV	Modelo 4: Celosía con cubierta .....	267
<b>ANEXO E:</b>	<b>PLANOS.....</b>	<b>268</b>
E.I	Modelo 1.....	268
E.II	Modelo 3.....	270
E.III	Perfiles hidrológicos de la cuenca del río Artziniega .....	272
E.III.1	Posición 1 .....	273
E.III.2	Posición 2 .....	274
E.IV	Plan General de Ordenación urbana de Artziniega (PGOU) .....	275

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2.1 - FASES DE ACTUACIÓN DE LA SENDA PEATONAL DE ARTZINIEGA .....	2
ILUSTRACIÓN 2.2 - PLANO DE ACTUACIONES FUTURAS EN EL MUNICIPIO DE ARTZINIEGA [PGOU] .....	3
ILUSTRACIÓN 5.1 - PUENTE ANTIGUO DE MADERA .....	6
ILUSTRACIÓN 5.2 - ANTIGUO PUENTE LEVADIZO DE MADERA, ALEMANIA .....	7
ILUSTRACIÓN 5.3 - VISTA AXONOMÉTRICA DE LAS PLACAS DE MADERA .....	8
ILUSTRACIÓN 5.4 - SISTEMA DE VIGA SIMPLE. EN ORDEN DESCENDENTE: A, B, C Y D.....	9
ILUSTRACIÓN 5.5 - COLOCACIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL EN PASARELAS DE VIGA SIMPLE .....	10
ILUSTRACIÓN 5.6 - SISTEMA DE PUENTES ATIRANTADO .....	10
ILUSTRACIÓN 5.7 - SISTEMA DE PUENTES RETICULADO.....	11
ILUSTRACIÓN 5.8 - SISTEMA DE PUENTE EN ARCO .....	12
ILUSTRACIÓN 5.9 - EJEMPLOS REALES DE PASARELAS DE MADERA EN BASE A BARRAS.....	13
ILUSTRACIÓN 5.10 - VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO EN ESPAÑA (CTE).....	20
ILUSTRACIÓN 5.11 - COEFICIENTES PARA EL NIVEL DE OCULTAMIENTO .....	23
ILUSTRACIÓN 5.12 - DIRECCIONES DE LA ACCIÓN DEL VIENTO EN PUENTES.....	24
ILUSTRACIÓN 5.13 - ALTURA A UTILIZAR PARA EL CÁLCULO DE <i>Aref</i> .....	27
ILUSTRACIÓN 5.14 - ZONAS CLIMÁTICAS DE INVIERNO EN ESPAÑA (CTE).....	28
ILUSTRACIÓN 5.15 - CASOS DE CARGA DE NIEVE EN CUBIERTAS A DOS AGUAS .....	30
ILUSTRACIÓN 5.16 - MAPA SISMORRESISTENTE DE ESPAÑA (NCSE-02) .....	31
ILUSTRACIÓN 5.17 - EJEMPLOS DE CLASES DE SERVICIO.....	34
ILUSTRACIÓN 5.18 - RELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA NATURAL FUNDAMENTAL VERTICAL <i>fvert</i> Y EL COEFICIENTE <i>kvert</i> .....	39
ILUSTRACIÓN 5.19 - RELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA NATURAL FUNDAMENTAL HORIZONTAL <i>fhor</i> Y EL COEFICIENTE <i>khor</i> .....	39
ILUSTRACIÓN 5.20 - PUENTE SOBRE EL RIO NECKAR EN REMSECK, ALEMANIA .....	44
ILUSTRACIÓN 5.21 - SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN PUENTE TECHADO .....	44
ILUSTRACIÓN 5.22 - POSIBILIDADES DE FORMAR UNA CUBIERTA .....	45
ILUSTRACIÓN 5.23 - BARANDILLAS EN EL INTERIOR DE LA ESTRUCTURA .....	46
ILUSTRACIÓN 5.24 - DISEÑO DE LAS BARANDILLAS PARA QUE PASE EL AIRE, PERO LIMITAR LAS FILTRACIONES DE AGUA .....	46
ILUSTRACIÓN 5.25 - INCORPORACIÓN DE TEJUELAS DE MADERA PARA LA CUBIERTA .....	47
ILUSTRACIÓN 5.26 - RECUBRIMIENTOS LATERALES DE MADERA PARA PROTEGER LAS VIGAS PRINCIPALES, PRADELLA (SUIZA).....	47
ILUSTRACIÓN 5.27 - VIGAS DE UN PUENTE PROTEGIDAS CON UNA CHAPA CONTINUA, STUTTGART (ALEMANIA) .....	47
ILUSTRACIÓN 5.28 - SUPERFICIES HORIZONTALES PROTEGIDAS POR CHAPA METÁLICA Y LATERALES POR RECUBRIMIENTOS DE MADERA, SAN NICLA (SUIZA) .....	48
ILUSTRACIÓN 5.29 - PROTECCIÓN DE LAS TESTAS DE COLUMNAS Y VIGAS .....	49
ILUSTRACIÓN 5.30 - UTILIZACIÓN DE CHAPAS METÁLICAS PARA PROTEGER UNIONES O ELEMENTOS PRINCIPALES... 49	49
ILUSTRACIÓN 5.31 - CORRECTO DISEÑO DE LAS UNIONES PARA EVACUAR EL AGUA.....	49
ILUSTRACIÓN 5.32 - PROTECCIÓN EN UNIONES SUELO CON PILAR.....	50
ILUSTRACIÓN 5.33 - COLOCACIÓN DEL ENTABLADO DEL PAVIMENTO DE LA PASARELA .....	51
ILUSTRACIÓN 5.34 - COLOCACIÓN DE LA BARANDILLA PARA UNA CORRECTA DURABILIDAD .....	51
ILUSTRACIÓN 6.1 - INUNDABILIDAD DEL RIO ARTZINIEGA.....	55
ILUSTRACIÓN 6.2 - LOCALIZACIÓN DE LA PASARELA DE MADERA DE ARTZINIEGA SEGÚN EL PGOU.....	56
ILUSTRACIÓN 6.3 - PERFIL HIDROLÓGICO DE LA POSICIÓN 1 .....	56
ILUSTRACIÓN 6.4 - PERFIL HIDROLÓGICO DE LA POSICIÓN 2 .....	57
ILUSTRACIÓN 6.5 - PERFIL TOPOGRÁFICO DE LA POSICIÓN 2.....	58
ILUSTRACIÓN 6.6 - TIPOS ESTRUCTURALES MÁS USUALES PARA PASARELAS DE MADERA .....	59
ILUSTRACIÓN 7.1 - TABLONES FLANDES PARA EL ENTARIMADO.....	62
ILUSTRACIÓN 7.2 - DISPOSICIÓN DE LOS RASTRELES.....	63
ILUSTRACIÓN 7.3 - DISEÑO DE LA CUBIERTA DE MADERA .....	65



ILUSTRACIÓN 7.4 - ALTURA DE LA BARANDILLA EN EL TIPO A .....	66
ILUSTRACIÓN 7.5 - ALTURA DE LA BARANDILLA EN EL TIPO B .....	66
ILUSTRACIÓN 7.6 - DISEÑO DE UN MÓDULO DE LA BARANDILLA .....	67
ILUSTRACIÓN 7.7 - DISEÑO DE LA BARANDILLA CON VARIOS MÓDULOS UNIDOS .....	67
ILUSTRACIÓN 7.8 - EJEMPLO ESQUEMÁTICO DE UNA PASARELA DE VIGA SIMPLE .....	69
ILUSTRACIÓN 7.9 - EJEMPLO DE APOYO DE VIGA SIMPLE SOBRE ESTRIBO, ARTZINIEGA.....	69
ILUSTRACIÓN 7.10 - ELEMENTOS SECUNDARIOS EN EL MODELO DE VIGA SIMPLE .....	70
ILUSTRACIÓN 7.11 - EJEMPLO ESQUEMÁTICO DE UNA PASARELA EN CELOSÍA.....	71
ILUSTRACIÓN 7.12 - ESQUEMA DE UNA CELOSÍA WARREN (ROJO, COMPRIMIDAS; Y AZUL, TRACCIONADAS).....	72
ILUSTRACIÓN 7.13 - LAS DOS CELOSÍAS DESPLAZADAS UNA FRENTE A LA OTRA .....	72



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5.1 - PESOS ESPECÍFICOS DE MATERIALES SEGÚN CTE.....	17
TABLA 5.2 - VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS SOBRECARGAS DE USO (CTE).....	19
TABLA 5.3 - COEFICIENTES $K_z$ , $Z_0$ Y $Z_{MIN}$ , SEGÚN EL TIPO DE ENTORNO.....	21
TABLA 5.4 - COEFICIENTES DE ARRASTRE PARA LAS SECCIONES MÁS USUALES.....	22
TABLA 5.5 - COEFICIENTE DE OCULTAMIENTO, $\eta$ .....	23
TABLA 5.6 - VALORES DEL COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN, $C_E$ .....	26
TABLA 5.7 - COEFICIENTES DE PRESIÓN DE UNA MARQUESINA A DOS AGUAS.....	26
TABLA 5.8 - ALTURA A UTILIZAR PARA EL CÁLCULO DE <b>Aref</b> .....	27
TABLA 5.9 - SOBRECARGA DE NIEVE EN UN TERRENO HORIZONTAL, $S_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] (CTE).....	28
TABLA 5.10 - COEFICIENTE DE FORMA RESPECTO AL ÁNGULO DE LA CUBIERTA.....	29
TABLA 5.11 - COEFICIENTES PARCIALES PARA LAS ACCIONES.....	32
TABLA 5.12 - FACTORES DE SIMULTANEIDAD, $\Psi$ .....	33
TABLA 5.13 - CLASES DE DURACIÓN DE LAS ACCIONES.....	35
TABLA 5.14 - COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA EL MATERIAL, $\gamma_M$ .....	35
TABLA 5.15 - VALORES DEL FACTOR <b>kmod</b> .....	36
TABLA 5.16 - VALORES LÍMITE PARA LAS DEFORMACIONES EN PUENTES.....	37
TABLA 6.1 - VALORES DE ANCHURAS Y ALTURAS LIBRES PARA LOS DIFERENTES USOS.....	53
TABLA 7.1 - CARGAS SOBRE LA CUBIERTA DE MADERA INTRODUCIDAS EN CYPE3D.....	64
TABLA 7.2 - CARGAS SOBRE LAS BARANDILLAS.....	68
TABLA 8.1 - ELEMENTOS DEL MODELO 1.....	74
TABLA 8.2 - VOLUMEN Y SUPERFICIE DEL TIPO DE MADERA DEL MODELO 1.....	75
TABLA 8.3 - PRECIOS Y ESTADO DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO 1.....	75
TABLA 8.4 - ELEMENTOS DEL MODELO 2.....	77
TABLA 8.5 - VOLUMEN Y SUPERFICIE DEL TIPO DE MADERA DEL MODELO 2.....	77
TABLA 8.6 - PRECIOS Y ESTADO DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO 2.....	78
TABLA 8.7 - ELEMENTOS DEL MODELO 3.....	80
TABLA 8.8 - VOLUMEN Y SUPERFICIE DEL TIPO DE MADERA DEL MODELO 3.....	80
TABLA 8.9 - PRECIOS Y ESTADO DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO 3.....	81
TABLA 8.10 - ELEMENTOS DEL MODELO 4.....	83
TABLA 8.11 - VOLUMEN Y SUPERFICIE DEL TIPO DE MADERA DEL MODELO 4.....	83
TABLA 8.12 - PRECIOS Y ESTADO DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO 4.....	84
TABLA 9.1 - DIAGRAMA DE GANTT DEL TFM.....	86



## ABREVIATURAS

---

CAPV	Comunidad Autónoma del País Vasco
PGOU	Plan General de Ordenación Urbana
IAP	Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera
CCE	Comisión de las Comunidades Europeas
CTE	Código Técnico de la Edificación
DB-SE	Documento Básico de Seguridad Estructural
TFM	Trabajo de Fin de Master
TFG	Trabajo de Fin de Grado

---

# 1 INTRODUCCIÓN

---

Las pasarelas peatonales se utilizan cuando es necesario salvar obstáculos en el trazado de un camino rural o urbano (e.g. cruces con carreteras, cauces, etc.), y no es posible realizar otro tipo de obra de fábrica o se considera que ésta es la más adecuada. Este es el caso de sendas cuyo trazado transcurre por un río. Para este tipo de caminos peatonales, las pasarelas de madera parecen ser una opción popular, además de estéticamente atractiva.

En este trabajo se determinarán los distintos tipos de pasarelas de madera destinadas al paso de peatones o ciclistas, y se analizarán algunos de los casos más interesantes para la aplicación real de una pasarela en una senda verde en la localidad de Artziniega.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, se presentan una serie de secciones introductorias que tienen como objetivo presentar el proyecto, así como sus objetivos, beneficios y contextualización (Secciones 1, 2, 3 y 4). En segundo lugar, la sección 5 presenta el estado del arte; es decir, lo que se debe tener en cuenta a la hora de realizar una pasarela de madera, por ejemplo: la historia, los tipos estructurales, los criterios de diseño, el proyecto de la estructura, el proceso constructivo, la durabilidad, etc. En tercer lugar, en la sección 6 se introduce el caso particular de Artziniega, tomando en consideración su demografía, ubicación, dimensiones y demás.

La parte más práctica del trabajo se concentra en las últimas secciones. La sección 7 plantea las cuatro alternativas más frecuentes y accesibles que se encuentran actualmente en este tipo de obras (i.e. viga simple y celosía). La sección 8 analiza los resultados derivados de los cálculos a los que se han sometido las estructuras mencionadas anteriormente para verificar si son adecuadas para el caso concreto de Artziniega, demostrándose que su aplicabilidad está condicionada por ciertos criterios. La sección 10 extrae conclusiones de los resultados de la sección anterior, determinando la opción más apropiada para el municipio de Artziniega.

Finalmente, el trabajo consta de una sección de anexos altamente relevante que trata los temas de la normativa aplicable en este tipo de estructuras, los cálculos pertinentes llevados a cabo en el caso de esta pasarela de madera en Artziniega, planos de la situación demográfica de la localidad y ejemplos tomados como inspiración para la realización de este proyecto.

Cabe mencionar que este trabajo está motivado, principalmente, por la conexión y el apego personal a la localidad de Artziniega. Además, el trabajo de Fin de Grado realizado previamente, que consideraba los hábitos deportivos de los habitantes de este mismo municipio, desveló que gran parte de los residentes del pueblo demandaban zonas verdes por las que pasear. Esto se suma convenientemente a la previsión del ayuntamiento de llevar a cabo estas obras. Con el objetivo de facilitar el proyecto del ayuntamiento, así como de cumplir la demanda popular de crear una senda peatonal, este trabajo pretende determinar qué tipo de pasarela es la más adecuada para la demografía concreta de Artziniega.

## 2 CONTEXTO

Entre otros proyectos a futuro, el ayuntamiento del municipio de Artziniega se está planteando llevar a cabo unas obras para construir una senda que transcurra paralela al río Artziniega (marcado en naranja en la Ilustración 2.2). Este paseo será peatonal y estará abierto principalmente a peatones y ciclistas, contando con un recorrido de aproximadamente 4 kilómetros.

El paseo consta de tres partes, de las cuales una está ya construida (Fase 1) y dos están en fase de prediseño (Fase 2 y Fase 3). Este trabajo pretende centrarse en la fase dos (marcada con rojo en la Ilustración 2.1); concretamente en la pasarela de madera que atraviesa el río en el punto señalado en amarillo, a la altura de las instalaciones deportivas del pueblo. Los tramos de construcción son los siguientes:

1. Cascada de la Teja – Instalaciones deportivas [Fase 1, azul]
2. Instalaciones deportivas – Cruce con la carretera hacia Amurrio (A-624) [Fase 2, rojo]
3. Cruce con la carretera hacia Amurrio (A-624) – Polígono de Barrataguren [Fase 3, verde]

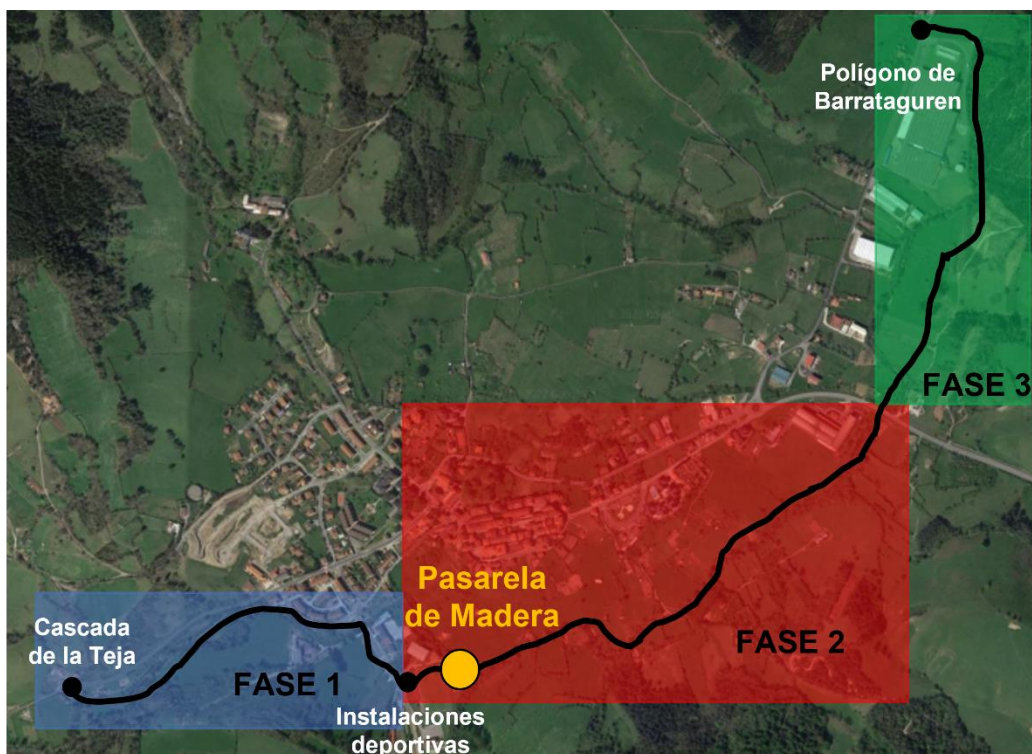


Ilustración 2.1 - Fases de actuación de la senda peatonal de Artziniega

El tramo que concierne a este trabajo parte de las instalaciones deportivas del pueblo (señalado en morado en la Ilustración 2.2) y atraviesa el río para continuar por su orilla hasta el norte del municipio de Artziniega, donde se une al siguiente tramo en el cruce de la carretera A-624, en dirección Amurrio. La pasarela de madera que se pretende evaluar y diseñar en este trabajo se

sitúa en este segundo tramo (señalado por el punto amarillo), salvando el obstáculo creado de manera natural por el río, para así poder continuar la senda por la orilla norte del mismo.

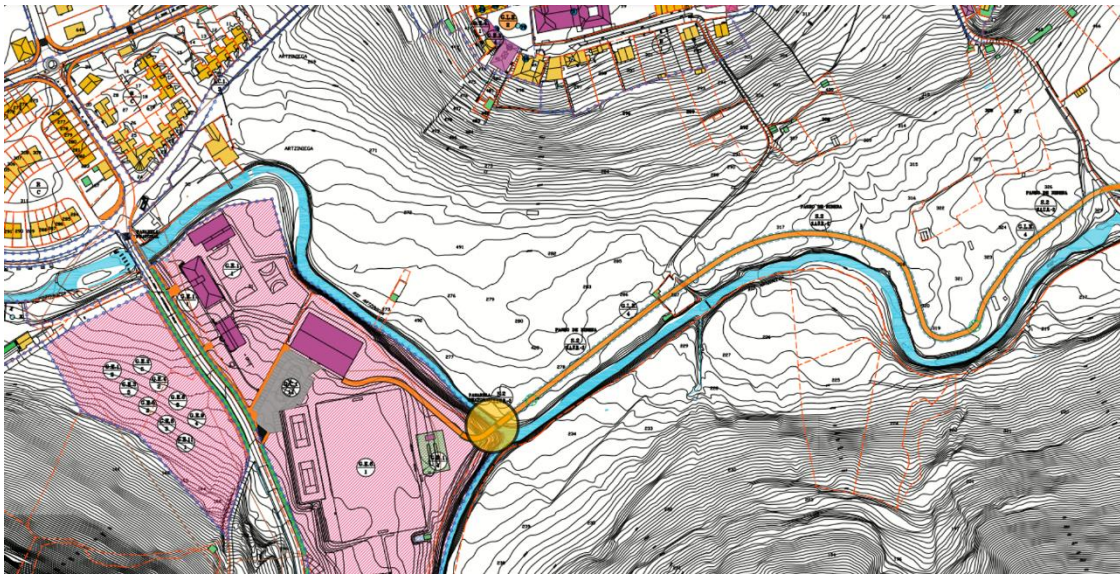


Ilustración 2.2 - Plano de actuaciones futuras en el municipio de Artziniega [PGOU]

El correcto diseño de esta pasarela es crucial para la conexión adecuada de los distintos tramos de senda, y para ello es fundamental considerar aspectos arbitrarios como la inundabilidad del área o la demografía concreta de la zona; así como aspectos más controlables como la durabilidad de la estructura, su precio o su adaptabilidad al contorno.

Para todos los proyectos en los que se incluyan pasarelas, como es el caso, será obligatoria la obtención de la pertinente autorización por parte de la Administración competente de la infraestructura sobre la que se va a ejecutar, así como solicitar los condicionantes mínimos que ésta ha de cumplir para su construcción. En este sentido, es necesario realizar estos trámites durante la fase de redacción del proyecto constructivo, a fin de poder incluir los condicionantes previos requeridos en el diseño.



### 3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

---

El cuestionario realizado con anterioridad en el trabajo de fin de grado, titulado “Artziniegako Kirol Instalazioen Birmoldaketa”, apuntó que los residentes de Artziniega demandaban más espacios dedicados al deporte; entre los que resaltaba la habilitación de una zona de paseo. La pasarela de madera que pretende ubicarse en la zona dos de la senda es el mayor obstáculo al que hacer frente en la construcción de tal vía, por lo que este trabajo pretende facilitar el proyecto del ayuntamiento con el fin de saciar la demanda popular.

Se espera que la apertura de este paseo fluvial incentive a los habitantes del pueblo a realizar más actividad física. Además, se entiende que se logrará una mejora en la calidad del deporte y de los paseos por y alrededor de la localidad, lo cual eventualmente promoverá el turismo, ya que este paseo estará dotado de unas vistas inigualables a la villa.

Al proporcionar información adaptada a la localidad y a su situación demográfica, se pretende facilitar y reclamar la creación de dicha senda peatonal que lleva años posponiéndose y acumulando polvo entre los proyectos a futuro del ayuntamiento. Adicionalmente, la construcción de esta pasarela, y consecuentemente del segundo tramo de la senda, concluirá la ya comenzada senda que parte de la cascada de la Teja. Incluso se proporcionará una vía más cómoda y directa de acceder a las instalaciones deportivas del pueblo desde el casco viejo, creando un anillo de senderos naturales en los alrededores del pueblo.

Por otra parte, dejando de lado el caso práctico del municipio, el trabajo ofrece como la posibilidad de determinar la rentabilidad económica, sostenible y social de los diferentes tipos estructurales, además de ofrecer la alternativa con cubrición o techumbre sobre la pasarela. No obstante, se debe tener en cuenta que la ubicación de la pasarela determina su diseño, ya que en otros lugares la madera, acciones, o dimensiones pueden variar. En cualquier caso, el estudio de los diferentes modelos a analizar puede determinar qué tipo es el más rentable en un supuesto primer prediseño, ahorrando por lo tanto tiempo, trabajo y recursos.

Finalmente, cabe destacar que este trabajo también tiene como objetivo incentivar el uso de la madera, sobre todo en espacios rurales donde el impacto con el entorno es mínimo, aprovechando que las emisiones del CO2 permanecen en la madera sin ser liberada y creando así una menor huella de carbono. Esto contribuye a la mejora de la sostenibilidad del planeta, lo cual es una de las claves de la Agenda 2030.

## 4 BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO

---

Como se ha mencionado brevemente en la introducción, este trabajo está motivado por razones personales, pero aporta numerosos beneficios a la comunidad de Artziniega. Entre otros, se destacan la anticipación, la adaptabilidad, la rentabilidad y la durabilidad.

En primer lugar, este trabajo toma como punto de partida una propuesta realizada por el ayuntamiento del municipio, en la que figura la intención de completar la senda peatonal descrita en los apartados anteriores. Se trata, por lo tanto, de un proyecto a futuro que puede tomar los cálculos y análisis realizados en este trabajo como punto de partida a la hora de comenzar la realización del mismo.

En segundo lugar, se pretende determinar qué tipo de pasarela de madera es la más adecuada y/o apropiada para la demografía concreta de Artziniega, tomando como referencia las dos estructuras más habituales para este tipo de casos (i.e. viga simple y celosía).

En tercer lugar, y ligado al punto anterior, se aspira a evaluar la rentabilidad de insertar una cubierta en las estructuras mencionadas anteriormente con respecto a la durabilidad e inversión económica que eso supone.

Por último, es importante analizar la durabilidad de cada modelo, pues esto favorece la determinación de la rentabilidad temporal de cada estructura con mayor precisión. Como es natural, se espera que la pasarela de madera a edificar dure lo máximo posible mediante un correcto diseño y construcción de la pasarela.

En conclusión, aunque son muchos los beneficios de examinar las ventajas y desventajas de los tipos de pasarelas de madera que hay en el mercado, además de seleccionar el más apropiado para el contexto al que esta se desea incorporar (Artziniega, en este caso); los más destacables son los enumerados en estas líneas. Estas ideas se elaborarán con mayor exactitud en los próximos apartados.

## 5 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

---

### 5.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Muy posiblemente los primeros puentes fueron simplemente rollizos poco labrados con los cuales el hombre trató de superar obstáculos naturales. Los primeros puentes de madera documentados cruzaban ríos tan importantes como el Nilo o el Tigris y Éufrates en los años 3000 a.C. dónde la forma y el sistema soportante estaban adoptados a las posibilidades y experiencias de la época.

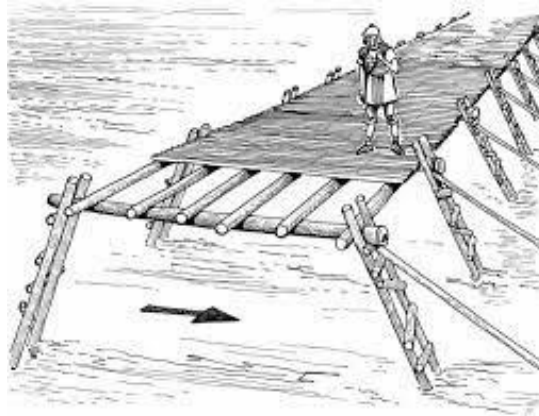


Ilustración 5.1 - Puente antiguo de madera

Se construía de acuerdo con la tradición que se transmitía de padres a hijos, adecuándose a las condiciones climáticas y geográficas del lugar y empleando los materiales de uso regional. Los puentes se iban adaptando y evolucionando a medida que nuevas innovaciones se introducían y que, posteriormente, se traspasaban a otros proyectos. Además, los daños y catástrofes permitían una mejora comprensión del sistema estructural y del comportamiento de un puente de madera.

La evolución técnica y el desarrollo de nuevas formas estuvieron en muchos casos relacionados con fines militares. En emplazamientos importantes se comenzó a reemplazar los pies derechos de madera, visibles en la Ilustración 5.1, por pilas macizas de piedra ubicadas a mayor distancia entre sí para que barcos de mayor tamaño pudiesen pasar por debajo. Ya en el siglo XIV se crearon puentes levadizos de los que hoy en día todavía se conservan un gran número.



Ilustración 5.2 - Antiguo puente levadizo de madera, Alemania

La mayoría de estos puentes no tuvieron gran durabilidad ya que estaban directamente expuestos a la intemperie y no tenía protección alguna. Además, el gran consumo de la madera condujo con el tiempo a una falta de material o se requerían cubrir distancias apreciables para poder suministrarlo.

Hasta hace aproximadamente 150 años, junto con los puentes de arco y bóvedas de piedra, todos los demás puentes eran de madera. Fue entonces cuando las posibilidades de la construcción de puentes se ampliaron con el desarrollo de nuevos materiales: hierro forjado, acero y hormigón armado. A las crecientes exigencias, el aumento de tráfico y las cargas y las mayores luces con menores deformaciones admisibles, correspondía mejor los materiales cuyas resistencias podían ser calculadas, en vez de la madera que se seguía utilizando de manera tradicional.

En los últimos años se ha registrado un auge en el uso de la madera en la construcción de puentes. Sin lugar a dudas, una de las principales razones se encuentra en el desarrollo de sistemas estructurales mejor adaptados las exigencias mecánicas, dinámicas y climáticas.

El hecho de que la madera expuesta permanentemente a la humedad es de poca duración es el mayor desafío a resolver en un puente de madera. La protección por diseño es de importancia primordial (cómo se verá en el apartado 5.6 Durabilidad). Éste no es sólo un problema de la madera, ya que la inspección de puentes en madera también ha mostrado daños significativos por corrosión de los elementos estructurales metálicos y de los herrajes de unión.

Finalmente, la evolución de las técnicas de encolado ha permitido la aparición de nuevos sistemas estructurales para la construcción de puentes de madera. De manera paralela, se ha producido una adaptación de los materiales de construcción por medio de la aplicación de nuevas tecnologías en los procesos de fabricación.

Junto con las posibilidades de diseño, la madera se aplicará más en el futuro, especialmente debido al bajo consumo energético y por la difícil eliminación de residuos en el caso de otros materiales.

## 5.2 TIPOS ESTRUCTURALES

El objetivo principal de este apartado es definir y establecer prototipos de puentes peatonales de madera que puedan ser transferidos a la realidad. Para lograr esta definición es importante conocer y definir los tipos estructurales más recurrentes, y que por su simpleza en la definición estructural son fácilmente aplicables a nuestro contexto.

Primero que nada, se presenta una clasificación general que establece dos grandes grupos de puentes en madera.

### 5.2.1 ESTRUCTURAS DE PLACAS DE MADERA

Son estructuras constituidas por elementos cuyo comportamiento se basa en la conformación de placas estas poseen una restricción que es la luz máxima que se puede alcanzar.

Esta estructura se basa en la conformación de placas rígidas a través de piezas de madera (aserradas o laminadas) dispuestas de canto longitudinalmente una al lado de la otra. Para garantizar la colaboración de todos los elementos entre si se emplean barras de acero que atraviesan transversalmente las piezas de madera y que luego son tensadas.

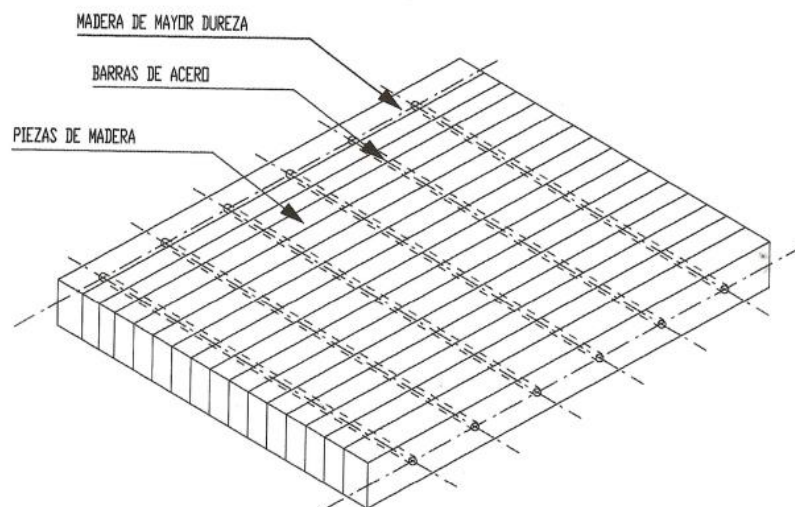


Ilustración 5.3 - Vista axonométrica de las placas de madera

En este caso, no se analizarán este tipo de puentes, ya que está más enfocado a puentes con tráfico rodado. Aunque es una de las más novedosas tecnologías en la construcción de puentes de madera, utilizando las mejores características de cada material, el acero y la madera.

### 5.2.2 ESTRUCTURAS DE MADERA EN BASE A BARRAS

La estructura principal de estos tipos de puentes se establece por piezas estructurales lineales o barras, abarcando luces que varían de acuerdo al tipo estructural utilizado. Todos los sistemas estructurales cuyo comportamiento se basa en la transmisión de las cargas a través de las barras

se encuentran en este apartado. Aquí se encontrarán la mayoría de sistemas estructurales conocidos.

Los tipos estructurales, en base a barras de madera, son los siguientes:

1. Sistema de vigas
2. Sistema apuntalado
3. Sistema de puente atirantado
4. Sistema de viga tensada
5. Sistema de viga reticulada
6. Sistema de puente en arco
7. Sistema de puente colgante

De estos 7 sistemas estructurales se van a analizar únicamente 4 que son la base para el desarrollo de los prototipos como puentes peatonales (o incluso vehiculares). Estos sistemas abarcarán luces desde los 9 hasta los 45 metros de luz.

### 5.2.2.1 Sistema de viga simple

Esta clasificación estructural consiste en el principio básico de un puente: Una viga que salva una distancia determinada entre dos puntos. Esto se logra a través de una viga de madera aserrada o mediante una viga de madera laminada encolada.

El largo total del puente dependerá del tipo y cantidad de apoyos a los que estén sujetas las vigas, que pueden ser: Viga simplemente apoyada (A), viga simplemente apoyada con voladizo (B), viga continua (C) o viga combinada, simplemente apoyada y con voladizos centrales (D) como muestra la Ilustración 5.4.

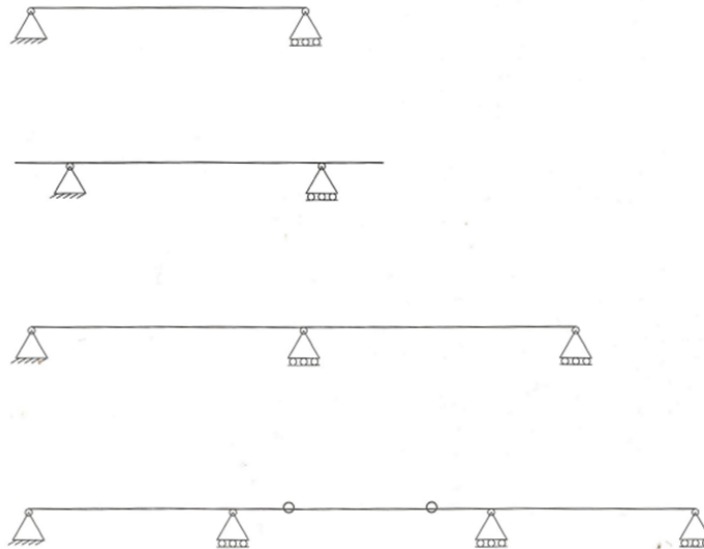


Ilustración 5.4 - Sistema de viga simple. En orden descendente: A, B, C y D

Esta solución estructural al ser la más simple se torna la más viable desde el punto de vista económico, solo las restricciones en cuanto a la luz máxima aparecen como una desventaja, y depende bastante del tipo de viga a utilizar (aserrada o laminada).

La disposición de las vigas podrá quedar bajo o sobre la plataforma de circulación, esta última es utilizada mayormente en puentes peatonales, ya que la estructura principal puede formar parte de la barandilla.

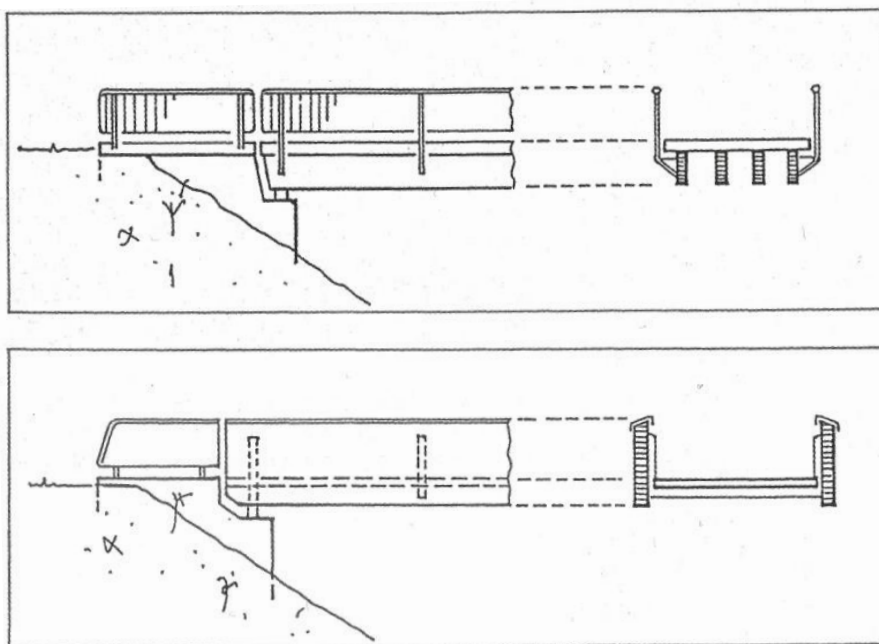


Ilustración 5.5 - Colocación de la estructura principal en pasarelas de viga simple

### 5.2.2.2 Sistema de puente atirantado

Este tipo de puente se entiende como una estructura basada en la incorporación de las vigas en V dispuestas en forma invertida, generalmente triarticuladas. La incorporación de tirantes permite suspender la subestructura que sustenta la plataforma de circulación, tal y como muestra la Ilustración 5.6.

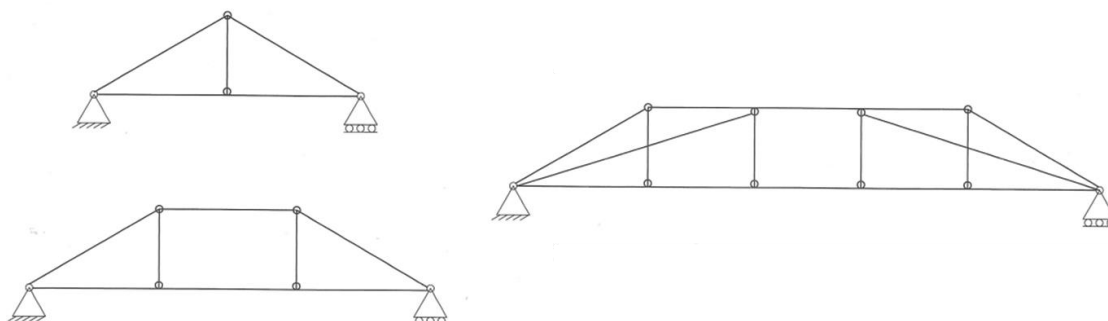


Ilustración 5.6 - Sistema de puentes atirantado

La subestructura está conformada por vigas horizontales transversales las cuales pueden estar colgadas de una estructura triangular, rectangular o trapezoidal superior. De acuerdo al número de tirantes de habla de puente colgado simple, doble o múltiple. Este tipo de estructuras, a excepción de la variante similar a una cercha requiere de una placa horizontal rígida, sin ella la estructura sería inestable fuera del plano, ocasionado por el pandeo lateral.

Para estas estructuras que quedan expuestas a la intemperie se requiere de un sistema de protección que evite el deterioro de las vigas.

### 5.2.2.3 Sistema reticulado

Consiste en la configuración de vigas planas organizadas por la unión de barras lineales que se unen tratando de alcanzar la máxima convergencia posible de los ejes de las barras que van a cada nudo, creando un sistema triangulado.

En este tipo estructural podemos encontrar la viga de cordones rectos, superior e inferior. La viga que posee el cordón superior curvo y el inferior recto, o ambos curvos. Estos reticulados pueden disponerse en forma vertical o también pueden inclinarse, esto dependerá del diseño final.

Generalmente, la plataforma de circulación se encuentra en el cordón inferior de la viga reticulada por lo que estos puentes se asocian a puentes cubiertos, ya que al quedar descubierta la estructura principal esta se protege a través de la techumbre. La incorporación de la cubierta lleva a considerar en el diseño y cálculo la sobrecarga del techo y los efectos del viento sobre este.

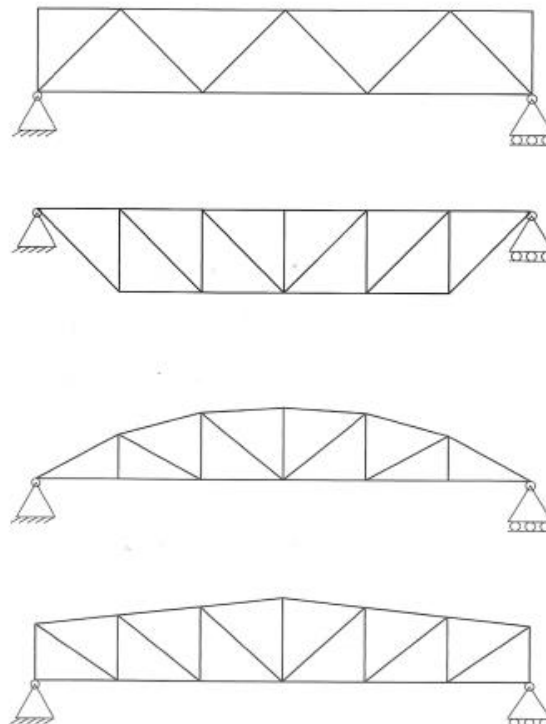


Ilustración 5.7 - Sistema de puentes reticulado



#### 5.2.2.4 Sistema en arco

Bajo el principio de generar una estructura de puente lo más continua posible nace la idea del arco de madera laminada como solución estructural. Generalmente se utiliza el arco triarticulado debido a su fácil transporte y que estructuralmente no presenta problemas en los cimientos, ya que el esfuerzo lateral es mínimo y el esfuerzo horizontal es resistido por estos mismos.

El arco normalmente es una parábola, un círculo o una línea sinusoidal. Estas se diferencian en su relación entre la altura y luz, desde un punto de vista estático más que óptico. La plataforma de circulación puede encontrarse en tres diferentes posiciones:

- **Arco con plataforma sobrepuesta:** la plataforma protege parte de la estructura de arcos
- **Arco con plataforma intermedia:** la ventaja principal es que la plataforma sirve como arriostramiento entre los dos arcos evitando así el volcamiento de estos
- **Arco con plataforma suspendida:** la estructura queda expuesta a los efectos del clima por lo que los arcos deben ser recubiertos en su totalidad.

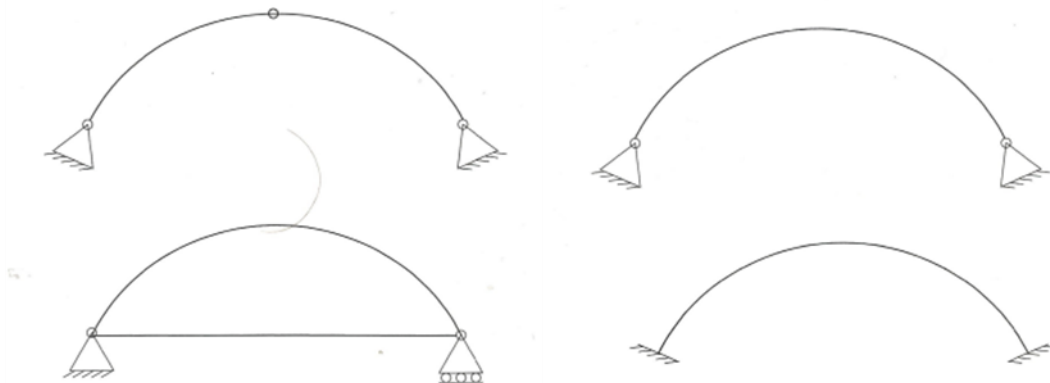


Ilustración 5.8 - Sistema de puente en arco

Los prototipos presentados en este capítulo pretenden constituir una referencia para el futuro diseño de puentes de madera, pero que en un diseño real es muy importante el lugar donde se encontrará el puente (el clima, la situación geográfica, etc.), además de la definición de las cargas al que va a estar sometido este. Estos dos condicionantes serán determinantes en el diseño y cálculo estructural de las pasarelas.

Es importante, como conclusión final destacar que el uso de la madera en la construcción de puentes se orienta, primero que nada, al uso de un material natural que cada día cobra más relevancia en la construcción por ser un material ecológico. Lo importante es darle el valor en nuestro contexto a través de diseños que refuercen sus cualidades y hagan de este un material más perdurable.

He aquí algunos ejemplos de los tipos mencionados anteriormente:

### SISTEMA DE VIGA SIMPLE

Puente peatonal  
Unterensiegen, Alemania



### SISTEMA DE VIGA RETICULADA

Puente peatonal  
Singen, Alemania (2000)

### SISTEMA DE PUENTE EN ARCO

Puente peatonal y ciclovía  
Tratt, Suiza (1992)



Ilustración 5.9 - Ejemplos reales de pasarelas de madera en base a barras

## 5.3 CRITERIOS DE DISEÑO

Los pasos previos a la realización de un proyecto son muy importantes, ya que condicionan el resto de pasos. Se debe, por tanto, tener varios criterios en cuenta para un correcto diseño de una pasarela de madera. En este caso, estos son los principales criterios que se han tenido en cuenta a la hora de realizar los diferentes diseños de la pasarela.

- **Estéticos:** Las pasarelas deben de integrarse en el entorno que las rodea y, en lo posible, poseerán características agradables al usuario.
- **Durabilidad:** La vida útil de las pasarelas para Caminos Naturales se establecerá, como mínimo, en 50 años, salvo justificación expresa. El proyecto debe considerar que dicha vida útil ha de alcanzarse minimizando los costes de conservación, con una adecuada elección del tipo estructural, materiales, diseño, protección y plan de mantenimiento.
- **Constructivos:** Gran parte de los elementos utilizados en la construcción de pasarelas metálicas y de madera son, o pueden ser, prefabricados. El empleo de este tipo de elementos implica una disminución de los costes asociados a estas estructuras, disminuyendo también el plazo de ejecución de las mismas. Se tendrá en cuenta cualquier otra circunstancia que pueda afectar a la ejecución de la estructura y, por tanto, limitar la solución elegida.
- **Económicos:** En relación a los criterios económicos, no solo hay que considerar el coste de la estructura, sino que también hay que tener en cuenta el mantenimiento necesario y su frecuencia, así como la posibilidad real de su realización, resultando normalmente más rentable un mayor coste de ejecución y menos mantenimiento, que lo contrario.
- **Medioambientales:** Durante la fase de diseño de la infraestructura se debe tener en cuenta la minimización del impacto (final y de ejecución) y la naturalidad de los elementos constituyentes de la estructura, utilizando materiales de la zona siempre que sea técnica y económicamente posible. Queda abierta la posibilidad de utilizar materiales provenientes de reciclado, siempre que cumplan los requerimientos propios de su función, o que puedan ser reutilizables en un futuro, al terminar su utilidad en la pasarela. Es por ello que las pasarelas a utilizar serán principalmente, siempre que técnicamente sea posible, de madera.
- **Funcionales:** En primer lugar, se deben definir cuáles serán las características esenciales de la pasarela, es decir, cuál será su función. En este sentido, será necesario especificar qué tipo de tránsito debe soportar: peatones, peatones y ciclistas, vehículos ocasionales (mantenimiento, emergencias, etc.) o vehículos con servidumbre de paso. Para todas las tipologías, habrá que especificar el número, considerando su simultaneidad en el tiempo. En general, las pasarelas están destinadas al uso de peatones y de ciclistas; sin embargo, en algunas ocasiones, es necesario el paso de vehículos de emergencias o de mantenimiento, debiendo considerarse este factor en el diseño de la sección tipo de la pasarela. Además, dentro del uso peatonal, será necesario definir si la pasarela se adapta a los criterios de accesibilidad (cumpliendo las especificaciones del Real Decreto 505/2007 y del Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB SUA) del Código Técnico de la Edificación) en cuanto a pendientes, tramos, pasamanos y protecciones.

## 5.4 PROYECTO DE LA ESTRUCTURA

### 5.4.1 NORMATIVA

La norma vigente para el cálculo de puentes de carretera en España es la “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” de 2011 (IAP). En el ámbito de aplicación de esta norma se incluyen las pasarelas para peatones, ciclistas y/o ciclomotores que salven la red de carreteras, así como las obras de acompañamiento como las escalera y rampas de acceso.

Sin embargo, la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) inició el trabajo de establecer un conjunto de normas técnicas armonizadas para el proyecto de edificaciones y obras de ingeniería civil, que sirva inicialmente, como una alternativa a las diferentes normas vigentes en los distintos Estados Miembros, con el objetivo final de sustituirlas. Estas normas son los denominados “Eurocódigos Estructurales”, que desde el año 1990 el Comité Técnico del CEN es el responsable.

El trabajo se desarrolla en los siguientes Eurocódigos, que a su vez se subdividen en varias partes:

- EN 1990 Eurocódigo: Bases para el cálculo de estructuras.
- EN 1991 Eurocódigo 1: Acciones en estructuras.
- EN 1992 Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón.
- EN 1993 Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero.
- EN 1994 Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras de mixtas.
- EN 1995 Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera.
- EN 1996 Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica.
- EN 1997 Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico.
- EN 1998 Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes.
- EN 1999 Eurocódigo 9: Proyecto de estructuras de aluminio.

En el cálculo de la pasarela a analizar, se utilizará, aparte de la IAP-11, el Eurocódigo 1, para las acciones en la estructura, y el Eurocódigo 5, sobre todo la parte 2 que consta sobre puentes de madera.

Además, también se tendrá en cuenta el Código técnico de la edificación (CTE), más concretamente, el Documento Básico de Seguridad Estructural sobre la madera (DB-SE-M) y la Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07) para las acciones sísmicas. Por último, se tendrá en cuenta la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 para las estructuras de hormigón armado en general, pero más concretamente para las cimentaciones. Se pueden observar todas las normativas utilizadas en este trabajo en los anexos (ANEXO A: Normativa aplicable).

El cálculo de la estructura será coherente con el proceso constructivo propuesto, contemplándose todas las etapas y situaciones transitorias que resulten relevantes para las sollicitaciones y comportamiento de la estructura o de sus partes.

## 5.4.2 REQUERIMIENTOS

El cálculo de la estructura comprende el estudio estructural del tablero, con sus componentes, así como de los soportes o pilas que lo sustentan. De acuerdo con la normativa vigente, se debe de recoger la comprobación del cumplimiento de los Estados Límite Últimos (estabilidad y resistencia) y el cumplimiento de los Estados Límites de Servicio (deformaciones y vibraciones).

El cálculo de la pasarela, en el Anejo correspondiente de la Memoria, deberá incluir los siguientes aspectos:

- Descripción de la estructura: definición de los pórticos que la componen (materiales, dimensiones, métodos de unión, existencia de atirantados, arriostramientos, tipología de barandillas, etc.), soportes o pilas intermedias, así como de su cimentación (zapatas, pilotes, dimensiones, uniones y encepados, etc.).
- Normativa de aplicación y referencia.
- Definición de las hipótesis de cálculo:
  - Hipótesis de carga: peso propio de la estructura y sus materiales, sobrecargas de uso, viento, sobrecarga de nieve, acciones térmicas y reológicas y acciones sísmicas.
  - Características de los materiales y durabilidad.
- Explicación de los modelos de cálculo empleado: definición del modelo programa, cálculos que se realizan, cargas introducidas, hipótesis asumidas, simplificaciones realizadas, restricciones impuestas, resultados y datos obtenidos.
- Establecimiento de los coeficientes de ponderación para el cálculo y comprobación de los Estados Límite Últimos (E.L.U.) y de los Estados Límite de Servicio (E.L.S.). Establecimiento de los coeficientes de minoración de la resistencia de materiales.
- Combinación de acciones de cálculo y factores de simultaneidad en la comprobación de E.L.U. y de E.L.S.
- En la comprobación de los Estados Límite Últimos, se deberá incluir la comprobación del agotamiento de las secciones por tensiones y la estabilidad local o global de la estructura. Se incluirá, en su caso, el estudio no lineal en elementos como son las pilas, frente al pandeo a compresión, o las vigas o jácenas, frente al pandeo lateral por flexión.
- Respecto al cumplimiento de los Estados Límite de Servicio, se comprobará si las deformaciones y el estado de vibraciones cumplen las limitaciones correspondientes.
- Los cálculos por ordenador irán acompañados por la correspondiente Memoria, donde se indiquen los modelos de cálculo empleado (2D o 3D, cargas introducidas, resultados obtenidos y su función), los gráficos o modelos explicativos con los elementos claramente identificados, los listados de salida de ordenador con los contenidos mínimos para la correcta identificación de elementos (nudos, barras, pilares, barandillas, secciones, etc.), las hipótesis de carga, las especificaciones de envolventes y valores obtenidos de envolventes, solicitaciones y momentos.
- Estabilidad de la estructura durante el proceso constructivo.

### 5.4.3 ACCIONES

Para todo ello es necesario determinar las acciones permanentes, las cuales se presentan continuamente sobre la estructura, y las variables, las cuales pueden variar su carga a lo largo del tiempo sobre la pasarela.

#### 5.4.3.1 Acciones permanentes

Las acciones permanentes son las producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte del puente. Se pueden diferenciar dos tipos:

- Peso propio de la estructura que se determinará dependiendo del material a utilizar
- Cargas muertas de los elementos anexos que no constituyen la estructura, como el pavimento, dotaciones viales, desagües, elementos de protección, etc.

En la norma UNE-EN 1991-2-1 (Bases de proyecto y acciones en estructuras: Densidades, pesos propios y cargas muertas) se incluyen los pesos específicos de los materiales que aparecen en todos los campos de la construcción. A continuación, se recogen los más habituales utilizados en la construcción de puentes (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 - Pesos específicos de materiales según CTE

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m <sup>3</sup>	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m <sup>3</sup>
<b>Materiales de albañilería</b>		<b>Madera</b>	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
<b>Fábricas</b>		<b>Metales</b>	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
<b>Mampostería con mortero</b>		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	<b>Plásticos y orgánicos</b>	
<b>Sillería</b>		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástico en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	<b>Otros</b>	
<b>Hormigones y morteros</b>		Adobe	16,0
Hormigón ligero	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal <sup>(1)</sup>	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

### 5.4.3.2 Acción del tráfico o sobrecarga de uso

En este caso no se tendrá en cuenta la acción de tráfico rodado ya que no estará permitido el acceso a vehículos. Tan sólo se tendrán en cuenta las cargas debidas al tráfico de peatones y bicicletas. Estas últimas son, generalmente, mucho más reducidas que al tráfico de personas, aunque se especifican las mismas cargas debido al uso frecuente de los carriles-bici por los peatones.

#### a) Tráfico de peatones y ciclistas

En puentes de carretera que soporten aceras o carriles-bici, el valor característico de la carga uniformemente distribuida en esas zonas será de:

$$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$$

Además, en las pasarelas se deberá tener en cuenta una fuerza horizontal  $Q_{f1k}$  actuando en la dirección del eje del tablero al nivel del pavimento de manera simultánea. Su valor será el 10 % de la carga total correspondiente a la carga uniformemente distribuida mencionada anteriormente:

$$Q_{f1k} = 0'5 \text{ kN/m}^2$$

En este caso se proyectarán obstáculos permanentes como pivotes o postes a la entrada de la pasarela para evitar que ningún vehículo de servicio o emergencias pueda acceder al puente. Es por ello que las cargas de estos vehículos no se tendrán en cuenta.

Asimismo, se deberá tener en cuenta las cargas dinámicas del tráfico de peatones. Este efecto en una pasarela depende de varios factores, como, por ejemplo, el número y la posición de las personas que se encuentran simultáneamente sobre la pasarela, así como las circunstancias externas ligadas a la ubicación de la pasarela.

En ausencia de una respuesta significativa de la pasarela, un peatón caminando normalmente ejerce sobre la pasarela las fuerzas periódicas simultáneas siguientes:

- Una vertical, con una frecuencia comprendida entre 1 y 3 Hz (un grupo de gente corriendo sobre la pasarela puede provocar una frecuencia de 3 Hz).
- Una horizontal, con una frecuencia comprendida entre 0,5 y 1,5 Hz.

Para evitar que el puente entre en resonancia produciendo una amplificación dinámica en la estructura y creando cargas dinámicas muy difíciles de estimar, se analizará la rigidez total de la pasarela en dirección vertical y horizontal para alejar la frecuencia natural de la pasarela de las frecuencias mencionadas anteriormente y así evitar un análisis dinámico.

#### b) Sobrecarga en las barandillas

Por otro lado, también se tienen que tener en cuenta las fuerzas aplicadas sobre las barandillas. En los casos en que no sea previsible la formación de aglomeraciones de personas, se

considerará para la comprobación de la barandilla una fuerza horizontal sobre el borde superior del elemento de 0,8 kN/m. En caso contrario el valor de esta acción será de 1,5 kN/m.

La altura sobre el pavimento a la que se considerará actuando dicha fuerza será la del elemento superior de la barandilla, salvo que dicha altura sea mayor a 1,5 metros, en cuyo caso se adoptará este valor como altura máxima de aplicación de la fuerza.

### c) Sobrecarga en la cubierta

Finalmente, se debe considerar la sobrecarga de uso en caso de que la pasarela tuviese una cubierta. Esta cubierta tan solo será accesible para mantenimiento, por lo que la carga no será concomitante con el resto de acciones. Según el CTE la cubierta pertenecería a la categoría de uso G1, teniendo una sobrecarga de uso de 0,4 kN/m<sup>2</sup>.

Tabla 5.2 - Valores característicos de las sobrecargas de uso (CTE)

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

### 5.4.3.3 Acción del viento

El efecto del viento se asimila, en general, a una carga estática. En aquellos casos en los que la acción del viento pueda originar fenómenos vibratorios importantes (estructuras muy flexibles, pasarelas con algún vano de luz superior a 100m, puentes colgantes o atirantados, etc.) se deberán justificar los métodos de cálculos y estudio que permitan prever la respuesta del puente sobre esa acción.

#### a) Velocidad de referencia, $v_{ref}$

La velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos, medida en una zona plana y desprotegida frente al viento, a una altura de 10 metros y con un periodo de retorno de 50 años. Su valor se puede extraer del siguiente mapa, el cual coincide con el CTE.



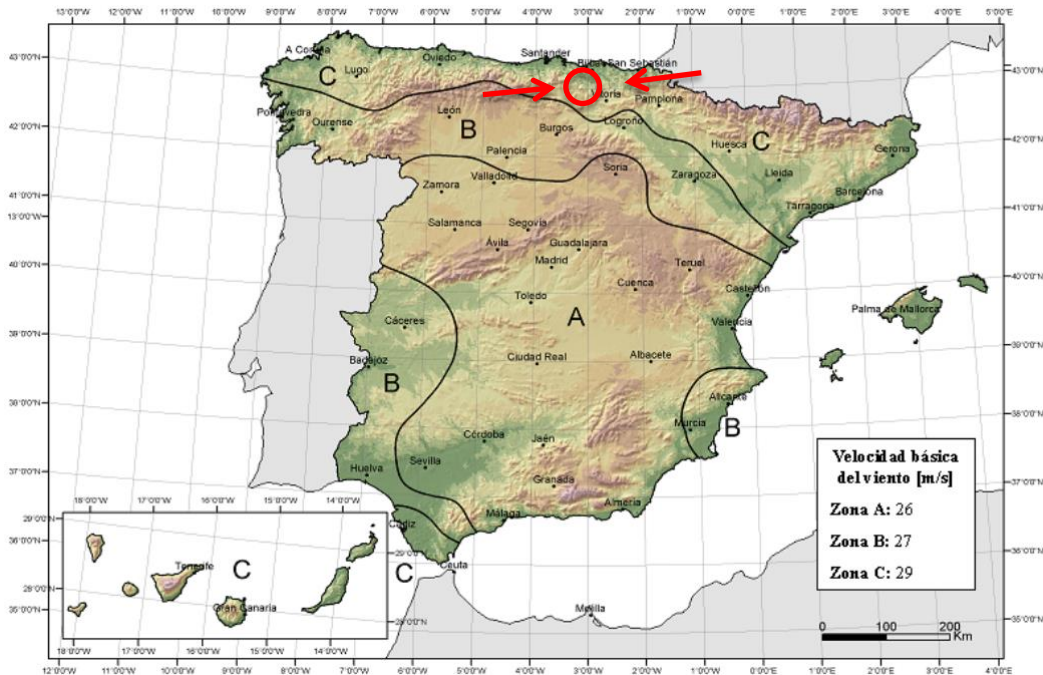


Ilustración 5.10 - Velocidad Básica del viento en España (CTE)

$$v_{ref} = 29 \text{ m/s}$$

### b) Velocidad de cálculo

Es la velocidad máxima de ráfaga que puede afectar el puente en su conjunto o a alguna de sus partes, con el periodo de retorno correspondiente a la situación de cálculo considerada. Se obtiene mediante esta expresión:

$$V_c = C_t \cdot C_r \cdot C_z \cdot C_g \cdot v_{ref}$$

Donde,

- $V_c$  es la velocidad de cálculo en m/s
- $v_{ref}$  es la velocidad de referencia en m/s
- $C_t$  es el factor de topografía que normalmente se le asigna un valor de 1,0 excepto en aquellos valles en los que puede producirse o no un efecto de encauzamiento del viento, en cuyo caso se le asignará el valor de 1,10. No es el caso.
- $C_r$  es el factor de riesgo, el cual permite variar el periodo de retorno de 50 años. Como se ha mencionado previamente, se mantendrá este periodo de retorno, así pues, el valor será unitario.
- $C_z$  es el factor de altura. En función de la altura del punto de aplicación del empuje del viento respecto al terreno mediante la siguiente expresión:

$$C_z = k_z \cdot \ln(z^{min}/z_0)$$

Dónde  $k_z$  es un coeficiente,  $z_0$  es la rugosidad y  $z_{min}$  es la altura mínima que se indica en la siguiente tabla en función del entorno del puente, que en el caso de la pasarela de Artziniega corresponde a una zona III.

Tabla 5.3 - Coeficientes  $k_z$ ,  $z_0$  y  $z_{min}$ , según el tipo de entorno

TIPO DE ENTORNO	$k_z$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0 Mar o zona costera expuesta al mar abierto	0,156	0,003	1
I Lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos	0,170	0,01	1
II Zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados, (árboles, construcciones pequeñas, etc.) con separaciones al menos 20 veces la altura de los obstáculos	0,19	0,05	2
III Zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con separaciones al menos 20 veces la altura de los obstáculos	0,216	0,3	5
IV Zona urbana en la que al menos el 15% de la superficie esté edificada y la altura media de los edificios exceda los 15m.	0,235	1,00	10

- $C_g$  es el factor de ráfaga obtenido de la siguiente expresión:

$$C_g = \sqrt{1 + \frac{7 \cdot k_z}{C_z \cdot C_t}}$$

Teniendo todo ello en cuenta, la velocidad de cálculo del viento es:

$$C_z = 0,216 \cdot \ln\left(\frac{5}{0,3}\right) = 0,608$$

$$C_g = \sqrt{1 + \frac{7 \cdot 0,216}{0,608 \cdot 1}} = 1,867$$

$$V_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,608 \cdot 1,867 \cdot 29 = 32,92 \text{ m/s}$$

### c) Empuje del viento

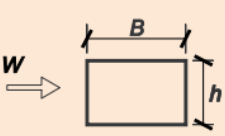

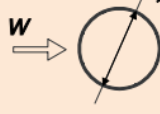

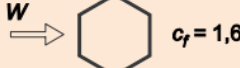





El empuje producido por el viento en Newtons se calculará por separado por cada elemento del puente mediante la siguiente expresión:

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_c^2 \cdot c_f \cdot A$$

Donde,

- $\rho$  es la masa específica del aire ( $1,25 \text{ kg/m}^3$ )
- $V_c$  es la velocidad de cálculo en m/s
- $c_f$  es el coeficiente de arrastre del elemento considerado, ver Tabla 5.4.

Tabla 5.4 - Coeficientes de arrastre para las secciones más usuales

	$\frac{B}{h}$	$\leq 0,2$	0,4	0,6	0,7	1,0	2,0	5,0	$\geq 10,0$
	$c_f$		2,0	2,2	2,35	2,4	2,1	1,65	1,0
 $c_f = 1,4$	 sección circular con superficie lisa y tal que: $\varnothing v_b(T) \sqrt{c_\theta(z)} > 6 \text{ m}^2/\text{s}$ $c_f = 0,7$	sección circular con superficie rugosa <sup>(*)</sup> , o lisa tal que: $\varnothing v_b(T) \sqrt{c_\theta(z)} < 6 \text{ m}^2/\text{s}$ $c_f = 1,2$							
 $c_f = 1,8$	 $c_f = 1,6$	 $c_f = 1,45$	 $c_f = 1,3$						
 $c_f = 1,6$	 $c_f = 2,2$		 $c_f = 2,0$						

- $A$  es el área neta total del elemento del elemento expuesta al viento y proyectada sobre un plano normal a este, en  $\text{m}^2$ .

Para la consideración de las áreas expuestas a la acción del viento se tendrá en cuenta el ocultamiento que produzcan unas sobre otras, además de tener en cuenta la acción del viento sobre las barandillas. Para ello, el coeficiente de arrastre de las no directamente expuestas se multiplicará por un coeficiente de ocultamiento,  $\eta$ .

Para ello es necesario determinar dos parámetros:

- Esparcimiento Relativo: distancia entre las dos superficies dividida por la altura que el elemento ocultador presenta al viento.

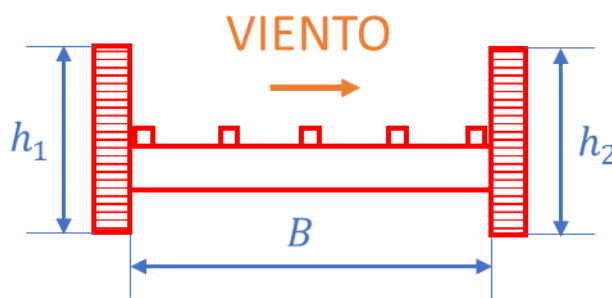
$$s_r = \frac{B}{h_1}$$

- Relación de solidez: área maciza expuesta a barlovento dividida por el área total de una superficie perpendicular a la dirección del viento que contuviera al elemento.

$$\lambda = \frac{h_1 \cdot L_1}{h_2 \cdot L_2}$$

**Tabla 5.5 - Coeficiente de ocultamiento,  $\eta$**

ESPACIAMIENTO RELATIVO $s_r$	RELACIÓN DE SOLIDEZ $\lambda$					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$\geq 0,6$
0,5	0,75	0,40	0,31	0,22	0,13	0,06
1	1,00	0,82	0,64	0,46	0,28	0,10
2	1,00	0,84	0,68	0,52	0,36	0,20
3	1,00	0,86	0,72	0,59	0,45	0,31
4	1,00	0,89	0,78	0,68	0,57	0,46
5	1,00	1,00	0,92	0,85	0,77	0,69
6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



**Ilustración 5.11 - Coeficientes para el nivel de ocultamiento**

Siempre que el viento actúe simultáneamente con las sobrecargas de uso, el valor resultante de la fuerza equivalente del viento se combinará con el resto afectado por los correspondientes factores de simultaneidad.

#### d) Dirección del viento

Para evaluar la acción del viento sobre la estructura se considerará su actuación en dos direcciones:

- Dirección transversal (X): Perpendicular al eje del tablero. Esta componente podrá ir acompañada de una componente asociada en dirección vertical (Z).
- Dirección longitudinal (Y). Paralela al eje del tablero.

En general, se considerará que la acción del viento en las direcciones transversal y longitudinal no es concomitante. La componente vertical del viento, dirección Z, se considerará concomitante sólo con la dirección transversal del viento.

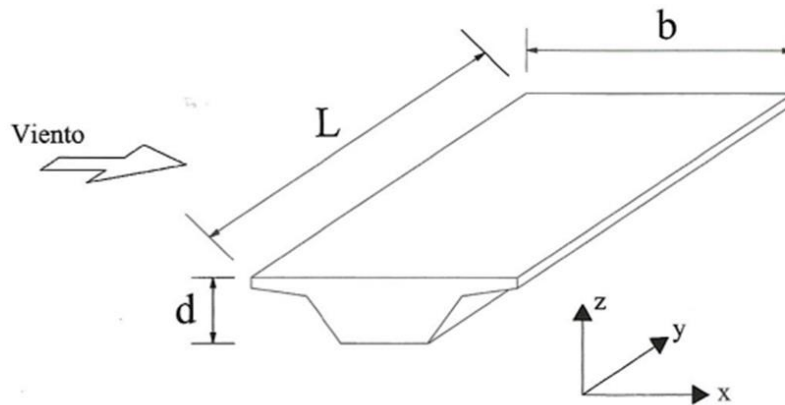


Ilustración 5.12 - Direcciones de la acción del viento en puentes

e) **Viento sobre el tablero**

- *Viento transversal*

En el caso de tableros de alma llena se considerará un área expuesta igual al producto de la longitud del tramo del puente considerado por la altura  $h_{eq}$ .

Para el cálculo del empuje transversal (dirección X) sobre estos tableros se entenderá que el área de referencia  $A_{ref,x}$  es el producto de la longitud del tramo de puente considerado por la altura equivalente  $h_{eq}$ .

A falta de datos experimentales, el coeficiente de fuerza en la dirección X se determinará mediante la expresión:

$$c_{f,x} = 2,50 - 0,3 \cdot \left( \frac{B}{h_{eq}} \right) \quad (1,30 \leq c_{f,x} \leq 2,40)$$

Donde,

- B es la anchura total del tablero [m]
- $h_{eq}$  es la altura equivalente [m] obtenido considerando, además del propio tablero (se considerará únicamente el elemento de mayor canto), la altura de cualquier elemento no estructural que sea totalmente opaco frente al viento o, si se tiene en cuenta la sobrecarga de uso, la altura de ésta, en caso de ser más desfavorable (1,25 m de altura sobre el pavimento en pasarelas).

En el caso de tableros de tipo celosía se calculará el empuje transversal de forma independiente para cada una de las celosías verticales y elementos opacos que existan en el puente. Se tendrá en cuenta la corrección por el coeficiente de ocultamiento definido anteriormente. Sin embargo, el empuje total así calculado no deberá ser mayor que el correspondiente a un tablero de sección rectangular de la misma anchura y altura equivalente.

En ambos casos, si las barreras de seguridad o las barandillas evitan el paso del viento, el empuje que soportan y transmiten se calculará de forma independiente. El coeficiente de arrastre a utilizar para las celosías dependerá de la forma de los elementos que la compongan. En este caso, como los perfiles son de caras planas se tomará  $c_{f,x} = 1,80$ .

Además de todo ello, se considerará un empuje vertical (dirección Z) sobre el tablero actuando en el sentido más desfavorable, de valor definido por la siguiente expresión:

$$F_w = \left( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_c^2 \right) \cdot 0,5 \cdot A_{ref,z}$$

Donde,

- $\rho$  es la masa específica del aire ( $1,25 \text{ kg/m}^3$ )
- $V_c$  es la velocidad de cálculo en m/s.
- $A_{ref,z}$  es el área en planta del tablero, en  $\text{m}^2$ .

- *Viento longitudinal*

Se considerará un empuje horizontal paralelo al eje del puente (dirección Y) sobre los elementos de desarrollo longitudinal (tablero, pretilos y barandillas).

Este empuje longitudinal será una fracción del empuje transversal producido por el viento transversal (dirección X), multiplicado por un coeficiente reductor. El valor de dicha fracción será:

- 25% para los elementos sólidos (tableros tipo cajón, losa o vigas, sistemas de contención no permeables, pantallas antiruido, sobrecarga de uso, etc.).
- 50% para los elementos que presenten huecos (tableros tipo celosía, sistemas de contención permeables, barandillas y, en su caso, sobrecargas de uso).

#### f) **Viento sobre la cubierta**

La instrucción IAP-11 no menciona ninguna sobrecarga de viento sobre la cubierta, en caso de que puentes carreteros o pasarelas. Es por ello, que para este apartado se utilizará la normativa del CTE.

En ella la acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, que puede expresarse como:

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

Donde,

- $q_b$  es la presión dinámica del viento que en la localidad de Artziniega es de  $0,45 \text{ kN/m}^2$ .
- $c_e$  es el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

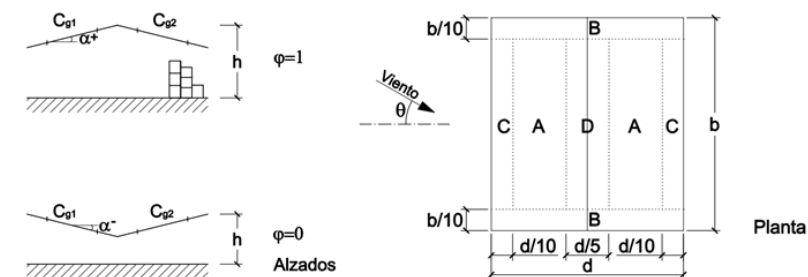
Tabla 5.6 - Valores del coeficiente de exposición,  $c_e$

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

La altura a utilizar será la máxima respecto al cauce del río para recrearlo lo más desfavorable posible. Por lo tanto, será la suma entre el cauce del río a la pasarela y la altura a la que se colocará la cubierta. Se estima que el valor rondará los 6 metros de altura.

- $c_p$  es el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. En el caso de la cubierta del puente se analizará como si fuese una marquesina a dos aguas donde el factor de obstrucción, que será determinado por la cubierta y la barandilla, y la pendiente de la cubierta son los factores a tener en cuenta.

Tabla 5.7 - Coeficientes de presión de una marquesina a dos aguas



Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Coeficientes de presión $c_{p,10}$			
			Zona (según figura)			
			A	B	C	D
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,8	1,3	0,4
	Arriba	0	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,7	1,8	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,9	1,9	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Arriba	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	1,9	1,6	0,5
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,3	1,9	1,6	0,7
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0

### g) Viento sobre las barandillas

En caso de que haya barandillas o barreras permeables se deben tener en cuenta en el cálculo de la acción del viento. A la hora de tener en cuenta la acción del viento sobre los elementos resistentes de la pasarela se deberá ampliar el área neta total en la ecuación del empuje del viento [(c) Empuje del viento], teniendo en cuenta la siguiente figura y tabla:

Tabla 5.8 - Altura a utilizar para el cálculo de  $A_{ref}$

Tipo de barrera	En un lado	En ambos lados
Parapeto o barrera de seguridad permeable (deja pasar el viento)	$d + 0,3m$	$d + 0,6m$
Parapeto permeable y barrera de seguridad permeable (en caso de puentes carreteros)	$d + 0,6m$	$d + 1,2m$
Parapeto o barrera de seguridad macizas	$d + d_1$	$d + 2 \cdot d_1$

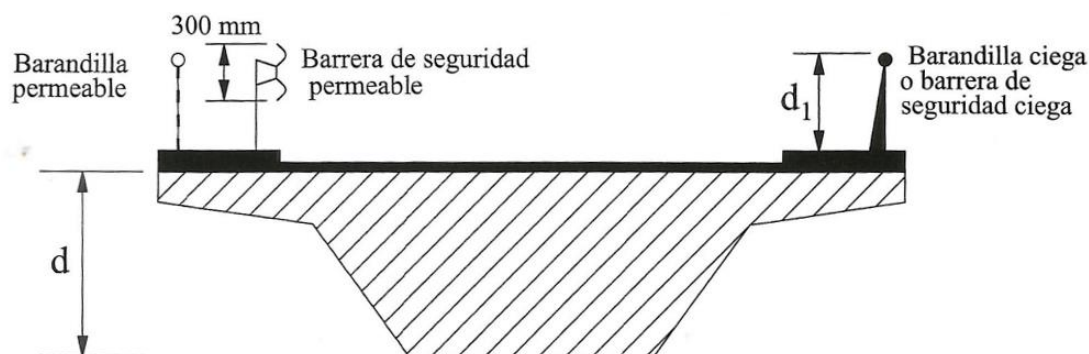


Ilustración 5.13 - Altura a utilizar para el cálculo de  $A_{ref}$

En las pasarelas a analizar se verá si hacen falta barandillas permeables o barandillas macizas para tener en cuenta o no la acción del viento.

#### 5.4.3.4 Acción de la nieve

Según el enfoque de la instrucción IAP-11 se considerará una sobrecarga de nieve actuando en todas las superficies del tablero sobre las que no se haya considerado la actuación de la sobrecarga de uso. Es decir, que la sobrecarga de uso y la sobrecarga de nieve son incompatibles sobre el tablero.

#### a) Sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal

En la Tabla 5.9 se indican los valores característicos de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal para cada una de las siete zonas climáticas (representadas en la Ilustración 5.14) en función de la altitud del terreno.



En el caso de Artziniega, es un municipio que, como ya se ha mencionado, se coloca a una altura sobre el nivel del mar de unos 210 metros. Además, está colocado en la zona climática 1, por lo que la sobrecarga de nieve en un terreno horizontal es de:

$$s_k = 0,5 \text{ kN}/\text{m}^2$$

Tabla 5.9 - Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal,  $s_k$  [kN/m<sup>2</sup>] (CTE)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-



Ilustración 5.14 - Zonas Climáticas de Invierno en España (CTE)

b) Sobrecarga de nieve sobre el tablero

Como valor característico de la sobrecarga de nieve sobre tableros  $q_k$ , se adoptará el definido por esta expresión:

$$q_k = 0,8 \cdot s_k$$

$$q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

La sobrecarga definida no tiene en cuenta acumulaciones eventuales de la nieve debidas, por ejemplo, a redistribuciones artificiales. Sin embargo, en este caso, no se tendrán en cuenta estas variables, ya que el tiempo transcurrido desde la nevada es muy corto y no se prevén grandes aglomeraciones.

### c) Sobrecarga de nieve sobre la cubierta

Es el valor de la carga de nieve sobre la cubierta que actúa verticalmente y se refiere a la proyección horizontal de la cubierta. Para las situaciones persistentes y transitorias el valor de carga de nieve sobre la cubierta se define con la siguiente expresión:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Dónde,

- $\mu_i$  es el coeficiente de forma de la cubierta, que depende principalmente de la facilidad de la nieve a deslizar sobre la cubierta y se define en la siguiente tabla:

Tabla 5.10 - Coeficiente de forma respecto al ángulo de la cubierta

Ángulo de la cubierta, $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0

En este caso la cubierta tendrá una inclinación sobre los  $30^\circ$ , por lo que se adoptará un valor de 0,8.

- $C_e$  es el coeficiente de exposición que depende de la topografía del terreno. Cómo se trata de un sitio bastante llano se adoptará un valor unitario.
- $C_t$  es el coeficiente térmico que tiene en cuenta la reducción de la carga de nieve debido a una elevada transmisión de calor de la cubierta. En este caso tampoco se tendrá en cuenta y se adoptará un valor unitario.

Por lo tanto, la carga de nieve tendrá el mismo valor en la cubierta que en el tablero:  $0,4 \text{ kN/m}^2$ .

Además, en el caso de cubiertas a dos aguas la distribución de la carga de nieve se considerará con los tres casos indicados en la siguiente figura, donde la distribución es completa en el primer caso y la mitad en los dos siguientes para cada lado de la cubierta.

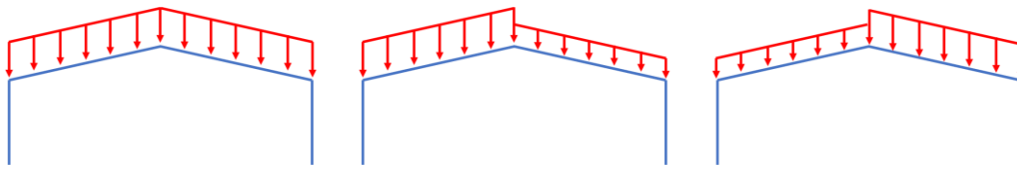


Ilustración 5.15 - Casos de carga de nieve en cubiertas a dos aguas

#### 5.4.3.5 Acciones térmicas

No es preciso considerar el efecto de la temperatura en los elementos estructurales de madera. Sin embargo, hay que tenerlo en cuenta en otros materiales que pueden formar parte de la estructura como el acero y el hormigón.

En el caso de la pasarela a analizar en el municipio de Artziniega se evitará la utilización del acero y tan solo se utilizará el hormigón para la cimentación de la pasarela, donde las acciones térmicas son menos desfavorables que sobre el tablero. Es por ello que no se tendrá en cuenta en el análisis de las pasarelas.

#### 5.4.3.6 Acciones debidas al agua

La instrucción IPA-11 establece un procedimiento para la determinación del efecto del empuje debido a la corriente del agua arrastres. Además, en el caso de que algunos elementos flotantes (tales como vegetación arrastrada por la corriente) puedan quedar retenidos por el tablero del puente se deberán tener en cuenta.

Sin embargo, cómo bien se ha especificado en el apartado anterior, la pasarela estará colocada en una zona y a una altura donde el agua no llegará en un tiempo de retorno de al menos 10 años, pudiendo llegar a la altura de los estribos con un tiempo de retorno de 100 años.

Es por ello que las acciones debidas al río tampoco se tendrán en cuenta en el análisis de pasarelas que se hará posteriormente.

#### 5.4.3.7 Acciones sísmicas

El Eurocódigo 8 “Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes” consta de una parte (Parte 2) dedicada a los puentes. Sin embargo, no quedan incluidos en el ámbito de aplicación de la norma los puentes de madera.

La instrucción IAP-11, por su parte, no hace mención específica al material empleado en la construcción del puente, aunque, es una norma pensada para el acero y hormigón.

Aun así, teniendo en cuenta la Norma de Construcción Sismorresistente del apartado de Puentes (NCSP-07), donde aclara las cargas de las acciones sísmicas, estas deberán considerarse cuando el valor de la aceleración de cálculo,  $a_c$ , sea superior a  $0,06 \cdot g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad.

En el caso de la localidad de la pasarela, en el municipio de Artziniega (Álava), se puede observar (Ilustración 5.16) que la aceleración de cálculo es menor al  $0,04 \cdot g$  por lo que tampoco se tendrá en cuenta a la hora de analizar las cargas sobre la pasarela.

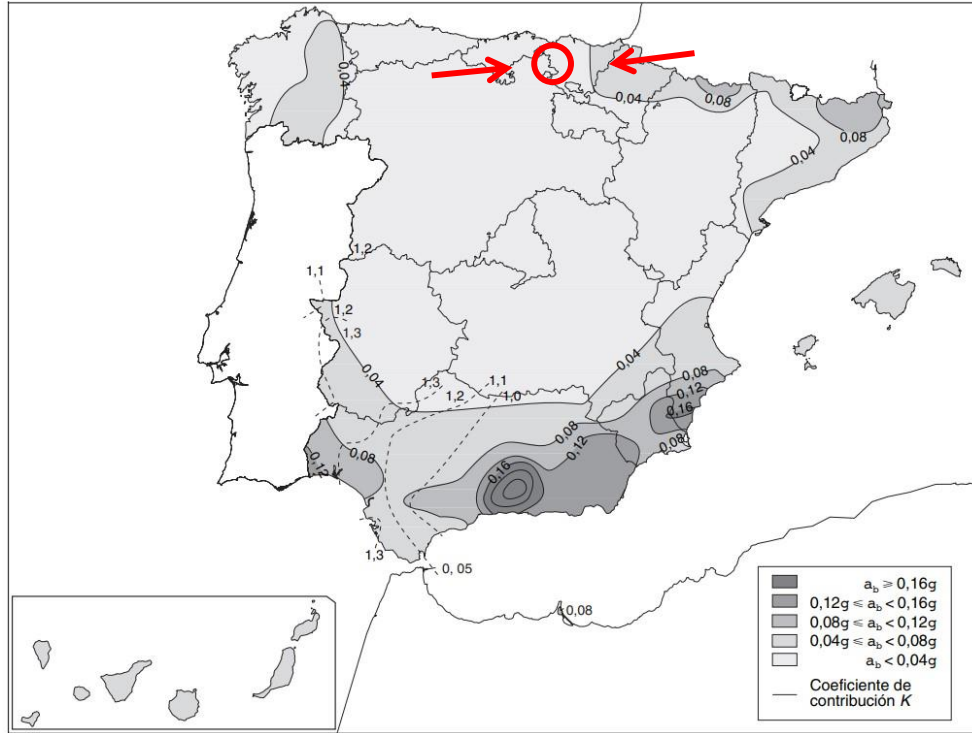


Ilustración 5.16 - Mapa sismorresistente de España (NCSE-02)

## 5.4.4 BASES DE PROYECTO: ACCIONES

### 5.4.4.1 Clases de acciones

Se consideran acciones sobre la estructura las fuerzas o cargas aplicadas directamente (acciones directas) o las deformaciones o aceleraciones impuestas por cambios de temperatura, asientos, movimientos de los apoyos, etc. (acciones indirectas).

Se consideran acciones permanentes las que actúan o pueden actuar en todo momento o durante largos periodos de tiempo con valor fijo en posición y magnitud.

- El peso propio (de elementos portantes y no portantes)
- El peso y empuje del terreno
- Las acciones térmicas debido a la temperatura
- Los asientos en las cimentaciones

Como acciones variables se consideran, entre otras:

- Cargas debido a ocupación (peatones, ciclistas, etc.)
- Acciones climáticas (Viento, nieve, variaciones de temperatura)
- Las cargas de ejecución en el periodo de montaje y construcción

Como acciones accidentales se pueden considerar:

- Explosiones de gas
- Sismo
- Incendio

### 5.4.4.2 Valores de cálculo

El valor de cálculo de una acción variable dominante (se entiende por tal aquella acción de entre las variables que provoca el efecto más desfavorable en la estructura portante o elemento estructural o unión) queda definido por la relación:

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k$$

Donde,

- $\gamma_Q$  es el coeficiente parcial para las acciones variables (según \_\_\_\_)
- $Q_k$  es el valor característico de una acción variable

Tabla 5.11 - Coeficientes parciales para las acciones

<b>Acción</b>	<b>Efecto Desfavorable</b>	<b>Efecto Favorable</b>
<i>Permanente</i>	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 0,80$
<i>Variable</i>	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$

El valor de cálculo de una acción variable concomitante con la acción variable dominante depende de su probabilidad de aparición simultánea. A efectos prácticos la verificación de la capacidad portante, dicho valor podrá ser representado a través de uno de los tres valores siguientes:

- **Valor de combinación ( $\Psi_0$ ):** Será el valor de la acción cuando actúe con alguna otra acción variable, para tener en cuenta la pequeña probabilidad de que actúen simultáneamente los valores más desfavorables de varias acciones independientes.
- **Valor frecuente ( $\Psi_1$ ):** Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil del puente. Periodo de retorno de una semana.
- **Valor casi-permanente ( $\Psi_2$ ):** Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante gran parte de la vida útil del puente.

El valor de los factores de simultaneidad serán diferentes según la acción de la que se trate. Se adoptarán los valores siguientes:

Tabla 5.12 - Factores de simultaneidad,  $\Psi$

ACCIÓN		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
Sobrecarga de uso	Vehículos pesados	0,75	0,75	0	
	gr 1, Cargas verticales	Sobrecarga uniforme	0,4	0,4	0 / 0,2 <sup>(1)</sup>
		Carga en aceras	0,4	0,4	0
		gr 2, Fuerzas horizontales	0	0	0
	gr 3, Peatones	0	0	0	
	gr 4, Aglomeraciones	0	0	0	
	Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0	
Viento	$F_{wk}$	En situación persistente	0,6	0,2	0
		En construcción	0,8	0	0
		En pasarelas	0,3	0,2	0
Acción térmica	$T_k$	0,6	0,6	0,5	
Nieve	$Q_{Sn,k}$	En construcción	0,8	0	0
Acción del agua	$W_k$	Empuje hidrostático	1,0	1,0	1,0
		Empuje hidrodinámico	1,0	1,0	1,0
Sobrecargas de construcción	$Q_c$	1,0	0	1,0	

## 5.4.5 BASES DE PROYECTO: MATERIAL

### 5.4.5.1 Clases de servicio

La humedad de la madera influye significativamente en las propiedades mecánicas y debe tenerse en cuenta en el cálculo. Como ya se ha expuesto en el tema anterior, al aumentar el contenido de humedad disminuyen las propiedades mecánicas.

Para ello, las estructuras quedan asignadas a una de las clases de servicio definidas a continuación:

- **Clase de servicio 1:** Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 65% unas pocas semanas al año.
- **Clase de servicio 2:** Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 85% unas pocas semanas al año.
- **Clase de servicio 3:** Condiciones ambientales que conduzcan a contenido de humedad superior al de la clase de servicio 2.

Los puentes o las pasarelas que se encuentren protegidas del agua o de la exposición directa a la intemperie pueden asignarse a la clase de servicio 2. Como ejemplos de protección de la exposición directa de la intemperie se encuentran los puentes cubiertos con techo y los tableros que actúan como cubierta de la estructura inferior.

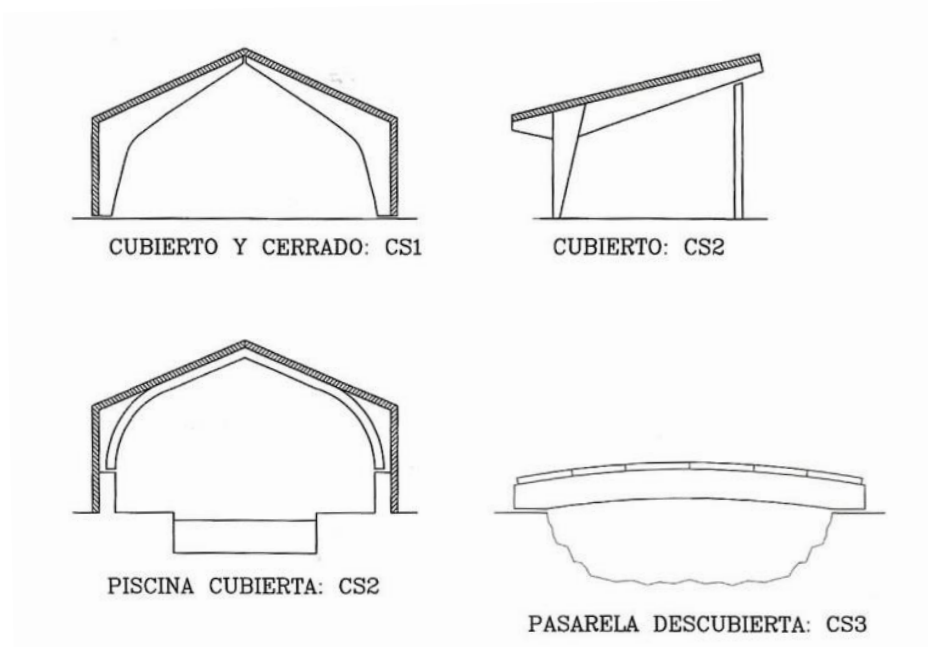


Ilustración 5.17 - Ejemplos de clases de servicio

### 5.4.5.2 Clases de duración de la carga

La duración de la carga influye significativamente en la resistencia de la madera, cuanto mayor es la duración menor es la resistencia. Este es un factor de gran importancia en el cálculo de estructuras de madera. Se pueden diferenciar en las siguientes clases:

Tabla 5.13 - Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
<b>Permanente</b>	más de 10 años	Permanente, peso propio
<b>Larga</b>	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
<b>Media</b>	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
<b>Corta</b>	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
<b>Instantánea</b>	algunos segundos	sismo

Las acciones variables debido al paso de peatones y ciclistas deberán considerarse de corta duración.

Las clases de duración de la carga se caracterizan por el efecto de una carga constante actuando por un determinado periodo de tiempo. En las acciones variables la clase de duración correspondiente de determinará basándose en la interacción entre la variación típica de la carga con el tiempo y las propiedades reológicas del material.

### 5.4.5.3 Valores de cálculo

El valor de cálculo,  $X_d$ , de una propiedad de un material (resistencia) se define como:

$$X_d = k_{mod} \cdot \left( \frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

Donde,

- $X_k$  es el valor característico de la propiedad del material
- $\gamma_M$  es el coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material definido en la Tabla 5.14
- $k_{mod}$  es el factor de modificación, cuyos valores figuran en la Tabla 5.15 teniendo en cuenta, previamente, la clase de duración de la combinación de carga y la clase de servicio.

Tabla 5.14 - Coeficientes parciales de seguridad para el material,  $\gamma_M$

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0



Tabla 5.15 - Valores del factor  $k_{mod}$

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1:2016	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080:2013	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374:2005,	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	UNE-EN 14279:2007+A1:2009	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

De manera análoga se define el valor de la capacidad de carga de cálculo (referida a una unión o un sistema estructural),  $R_d$ :

$$R_d = k_{mod} \cdot \left( \frac{R_k}{\gamma_M} \right)$$

## 5.4.6 COMBINACIÓN DE ACCIONES

### 5.4.6.1 Estados límites últimos

Las expresiones recomendadas para las combinaciones de acciones en los estados límite últimos varían según las diferentes situaciones de cálculo. Es por ello que solo se analizarán las situaciones de cálculo persistentes y transitorias.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde,

- $G_{k,j}$  es el valor característico de una acción permanente
- $Q_{k,1}$  es el valor característico de una de las acciones variables (dominante)
- $Q_{k,i}$  es el valor característico de acción variable (concomitante con la dominante)
- $\Psi_{0,i}$  es el coeficiente para el valor de combinación de la acción variable  $i$ .
- $\gamma_{G,j}$  es el coeficiente parcial de seguridad para la acción permanente  $j$ .
- $\gamma_{Q,1}$  es el coeficiente parcial de seguridad para la acción variable dominante, 1.
- $\gamma_{Q,i}$  es el coeficiente parcial de seguridad para la acción variable  $i$ .

Como puede observarse en estas ecuaciones, además de los coeficientes parciales  $\gamma_Q$ , se presentan coeficientes de combinación  $\Psi_0$ , que adoptan valores dependientes de la categoría de la construcción, definidos anteriormente.

### 5.4.6.2 Estados límites de servicio

Si se superan las condiciones límite del servicio, afectarán directamente a la comodidad de los usuarios y al buen funcionamiento de la infraestructura. Estas situaciones están relacionadas con las deformaciones y vibraciones del edificio.

Para ello, se analizará la combinación característica, para la determinación de los efectos de corta duración que pueden resultar irreversibles:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde,

- $G_{k,j}$  es el valor característico de una acción permanente
- $Q_{k,1}$  es el valor característico de una de las acciones variables (dominante)
- $Q_{k,i}$  es el valor característico de acción variable (concomitante con la dominante)
- $\Psi_{0,i}$  es el coeficiente para el valor de combinación de la acción variable  $i$ .

Independiente del material constitutivo de la pasarela se deben de fijar una serie de limitaciones de servicio a cumplir.

- Limitaciones de deformaciones (flechas y curvatura).
- Limitaciones a las frecuencias propias de vibración, para evitar las vibraciones inadmisibles.

#### a) Limitación de la deformación

La limitación de la deformación (dada por la norma prEN 1995-2) está determinada por unos rangos de valores límite debidas al tráfico en vigas con luces  $l$ , que se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 5.16 - Valores límite para las deformaciones en puentes

<i>Parte de la construcción</i>	<i>Acción</i>	<i>Límite</i>
<i>Sistema principal</i>	Carga de tráfico	$\frac{L}{400} \leq \frac{L}{500}$
	Carga peatonal y de tráfico ligero	$\frac{L}{200} \leq \frac{L}{400}$

#### b) Limitación de la deformación

Las fuentes posibles de vibraciones que, en general, deben considerarse en el cálculo son el andar, los movimientos sincronizados de la gente, la maquinaria y las acciones de viento.

Para que no se supere el estado límite de servicio de la estructura o de un elemento estructural sometido a vibraciones, la frecuencia natural de las vibraciones de la estructura deberá mantenerse por encima de unos valores que dependen de la función del edificio y de la fuente de vibración.

Si la frecuencia natural de las vibraciones de la estructura es inferior al valor apropiado, deberá llevarse a cabo un análisis más preciso de la respuesta dinámica de la estructura, incluyendo la consideración del amortiguamiento.

En el anexo B de la norma prEN 1995-2 se incluye un método simplificado para calcular la aceleración producida por el tráfico de peatones en vigas de alma llena o de celosía simplemente apoyadas, que se recoge a continuación. No será necesario realizar este análisis si  $f_{vert}$  o  $f_{hor}$  se encuentran por encima de los valores indicados.

- *Vibraciones verticales:*

En el caso de una persona circulando por el puente, la aceleración vertical producida por un solo individuo será la siguiente:

$$a_{vert,1} = \begin{cases} \frac{200}{M \cdot \xi} & \text{para } f_{vert} \leq 2,5 \text{ Hz} \\ \frac{100}{M \cdot \xi} & \text{para } 2,5 \text{ Hz} < f_{vert} \leq 5,0 \text{ Hz} \end{cases}$$

Y si la persona va corriendo, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$a_{vert,1} = \begin{cases} \frac{600}{M \cdot \xi} & \text{para } 2,5 \text{ Hz} < f_{vert} \leq 3,5 \text{ Hz} \end{cases}$$

Donde,

- $M$  es la masa total del puente en kg.
- $\xi$  es el factor de amortiguamiento que es 0,015 para estructuras con uniones mecánicas
- $f_{vert}$  es la frecuencia natural fundamental con la deformación vertical del puente.

En el caso de varias personas atravesando el puente, la aceleración vertical del puente deberá calcularse según la siguiente expresión:

$$a_{vert,n} = 0,23 \cdot a_{vert,1} \cdot n \cdot k_{vert}$$

Donde,

- $n$  es el número de peatones, que será igual a  $0,6 \cdot A$  ( $n_{min} > 13$ ), siendo  $A$  la superficie transitable del puente
- $a_{vert,1}$  es la aceleración vertical para una persona cruzando el puente
- $k_{vert}$  es un coeficiente que depende de la frecuencia natural fundamental vertical,  $f_{ver}$

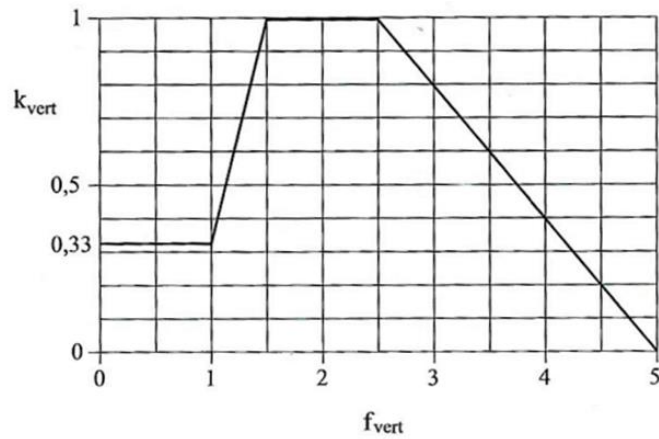


Ilustración 5.18 - Relación entre la frecuencia natural fundamental vertical  $f_{vert}$  y el coeficiente  $k_{vert}$

- *Vibraciones horizontales:*

En el caso de una única persona cruzando el puente la aceleración horizontal se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$a_{hor,1} = \begin{cases} 50 \\ M \cdot \xi \end{cases} \quad \text{para } 0,5 \text{ Hz} < f_{hor} \leq 2,5 \text{ Hz}$$

En el caso de varias personas atravesando el puente, la aceleración horizontal del puente deberá calcularse según la siguiente expresión:

$$a_{hor,n} = 0,18 \cdot a_{hor,1} \cdot n \cdot k_{hor}$$

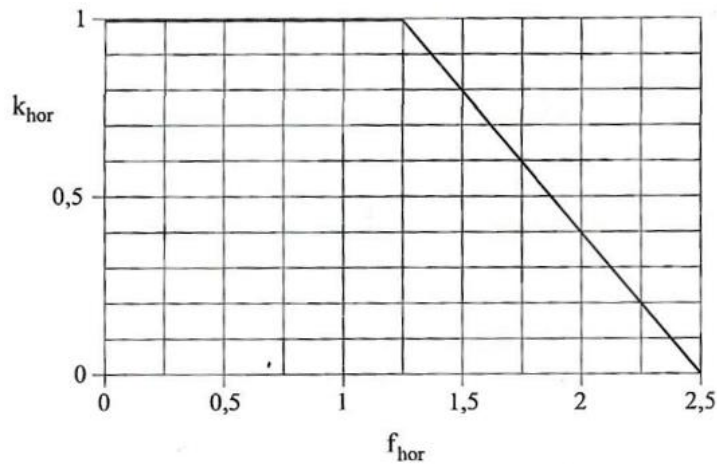


Ilustración 5.19 - Relación entre la frecuencia natural fundamental horizontal  $f_{hor}$  y el coeficiente  $k_{hor}$

## 5.5 PROCESO CONSTRUCTIVO

En los Proyectos Constructivos que incluyan una pasarela, la parte de la documentación necesaria deberá estar incluida en cada uno de los documentos correspondientes.

En los Anejos, se definirán aquellos puntos o estudios que son importantes dentro de la particularidad de cada pasarela. Entre otros y en caso de ubicaciones difíciles, se procederá a la definición de accesos, ejecución de obras temporales necesarias en su caso, restituciones del entorno cuando la obra esté acabada, etc.

Además, se suministrarán planos con detalle suficiente para su posterior ejecución en taller, según se refleje en el Pliego de Prescripciones. Es necesario también incluir en el mismo el proceso constructivo correspondiente, de tal forma que quede definido en el proyecto las posibles incidencias que se puedan presentar en el momento de ejecución de la obra.

### 5.5.1 ESTRUCTURA DE MADERA

#### 5.5.1.1 Materiales

Antes de su transporte a obra, la madera deberá de haberse secado correctamente hasta alcanzar su equilibrio higroscópico. Se evitará el contacto directo con el terreno en el acopio del tajo. Para cada partida se podrá identificar el tipo de elemento estructural con su clase resistente y marcado según la UNE EN 386.

El incumplimiento de las especificaciones de un producto, especialmente en lo referente a su resistencia mecánica y durabilidad, será condición para la no aceptación del producto o de la partida.

#### 5.5.1.2 Adhesivos

Los documentos de uso de adhesivos e incompatibilidades estarán disponibles para su inspección. Se comprobará la adecuación de estos materiales al uso estructural y la clase de servicio de la estructura.

#### 5.5.1.3 Uniones

Las uniones se ejecutarán con elementos mecánicos de fijación a base pernos, tornillos y placas de asiento o de testa en acero. Éstos quedarán protegidos con pintura anticorrosión similar en material, en su caso, a las placas y vigas de acero. Se especificará en el proyecto las resistencias a tracción del acero y la correcta geometría de las piezas de unión para su fabricación.

## 5.5.2 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y GESTIÓN DE RESIDUOS

En todos los trabajos de ejecución de pasarelas se tendrá muy presente la gestión de los residuos. Todos los productos resultantes procedentes de demoliciones, restos de elementos metálicos, electrodos, pletinas, casquillos o restos de medios auxiliares tendrán un destino final de entrega a gestor autorizado por el organismo ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Durante las obras se protegerá adecuadamente el resto de elementos adyacentes con lonas protectoras, mallas de seguridad, balizamientos, etc. Estos elementos se anclarán convenientemente de forma que no tengan libre movimiento, especialmente ante el viento. El destino final de los restos de estos elementos que no sean aprovechables será el mismo que el destino de los residuos de la obra (gestor autorizado).

En ningún caso se permitirá el vertido al cauce de productos resultantes del proceso de ejecución. Para ello será necesaria la colocación de plataformas auxiliares o andamios que posean la estanqueidad suficiente para evitar la caída de restos, incluso de forma accidental, y faciliten su recogida para entrega a gestor autorizado.

## 5.5.3 MEDICIONES

Existirá un control de las cantidades o mediciones de las diferentes operaciones que se ejecuten. Las unidades de obra dentro del Proyecto estarán claramente definidas en su descripción, en su unidad de medición y en las cantidades valoradas en Presupuesto. Si fuese necesario, en aquellas partidas donde sea difícil la cuantificación de los materiales a emplear, se efectuarán estimaciones valoradas a falta de un cómputo de lo realmente ejecutado.

## 5.5.4 PRUEBA DE CARGA

La documentación del proyecto deberá incluir un anejo que defina la prueba de carga que se deberá realizar sobre la estructura antes de su puesta en servicio. La prueba será definida en función de las características de la pasarela, pudiendo ser estática o dinámica.

En el anejo se deberá determinar las cargas de prueba, estados de carga, escalonamiento, puntos de medición, valores esperados y criterios de aceptación o rechazo.

## 5.6 DURABILIDAD

Un puente de madera puede tener una larga vida si la protección por diseño ha sido adecuada, como queda demostrado por algunos ejemplos, que aun hoy en día siguen en pies después de más de 200 años, especialmente en los Alpes.

La construcción con madera, y especialmente en puentes, requieren de una planificación y construcción cuidadosa. Las cualidades de la madera y las condiciones de los sistemas estructurales requieren que todos los participantes en el desarrollo de un proyecto tengan conocimientos y experiencia en el diseño de estructuras de madera. Es por ello que el nivel de protección requerido y las medidas constructivas de protección pasiva deben establecerse en el comienzo del proceso del proyecto con el fin de conocer los costos y adecuarlos a las exigencias del proyecto.

Todos los materiales de construcción tienen sus puntos débiles, cómo la carbonatación del hormigón o la corrosión del acero. La madera, por su parte, ofrece ventajas fundamentales bajo el punto de vista ecológico, pero algunos malos ejemplos mantienen los prejuicios existentes: la madera se pudre, se quema y falla con facilidad.

### 5.6.1 PROTECCIÓN DE LA MADERA

Los daños a puentes y pasarelas de madera se explican casi exclusivamente por una insuficiente protección de la madera. Por eso es indispensable considerar todos los aspectos de la protección durante la fase de proyecto y la fabricación, cómo es la elección de materiales, la protección por diseño, las medidas de protección química, el tratamiento de las superficies, etc.

Una característica principal de la madera es su degradación biológica, por la acción de organismos como los hongos e insectos. En principio es una característica positiva, ya que los restos son biodegradables, pero en el caso de construcciones deben protegerse los elementos constructivos contra esta degradación.

Tanto los hongos como los insectos necesitan para su crecimiento un cierto clima y contenido de humedad. No obstante, en general no se pueden descartar ataques de insectos con contenidos de humedad por debajo del punto de saturación.

El riesgo de ataques por insectos es mínimo si los elementos están tratados químicamente y están protegidos contra la influencia directa de la intemperie. El ataque por hongos, por su parte, depende del contenido de humedad de la madera, dónde no habría ningún riesgo si la humedad de la madera es inferior al 20 %.

Con un diseño adecuado y una fabricación cuidada se puede garantizar que el contenido de humedad de la madera en servicio no supera ese límite y esta es, precisamente, la base de la estrategia para la protección de la madera. La solución más sencilla es proteger toda la construcción contra la influencia directa de la intemperie, aunque hay que tener en cuenta todos los detalles, ya que de nada sirve proteger la viga principal si la conexión de la barandilla es insuficiente y la viga queda expuesta a la penetración de agua.

Se pueden diferenciar dos categorías de elementos protegidos: elementos totalmente protegidos, dónde, es imposible una saturación con agua (cómo el entramado de un techo cubierto sin filtraciones) y elementos extensamente protegidos que solamente están expuestos al agua en caso de lluvias muy fuertes. Solamente los elementos directamente expuestos, como son las barandillas y las tablas del pavimento son elementos no protegidos, que deben ser considerados como elementos sometidos al desgaste y deben ser instalados de tal manera que puedan ser reemplazados fácilmente sin generar costes elevados.

Todos los demás elementos, específicamente los elementos soportantes deben construirse como elementos protegidos. Para estos existe solamente la necesidad de una protección química preventiva contra los ataques de insectos.

## 5.6.2 PROTECCIÓN QUÍMICA

Para garantizar la durabilidad de la madera de un puente de madera es indispensables proteger la madera contra su deterioro. La madera es un material higroscópico que absorbe y cede agua al ambiente para lograr un equilibrio con el ambiente. Las consecuencias del cambio del contenido de humedad por debajo del punto de saturación son la hinchazón y la contracción de la madera con la aparición de fendas y la disminución de resistencias mecánicas.

La protección química preventiva consiste en una impregnación con sales tóxicas y cumple con el segundo aspecto básico de la impregnación de la madera: la limitación del riesgo de ataques de hogos e insectos.

Los tratamientos superficiales con productos que no incluyen componentes biocidas influyen poco en la durabilidad de la madera, pero disminuyen la velocidad de absorción de agua y en consecuencia cumplen con los siguientes objetivos:

- Impiden un deterioro superficial
- Disminuyen la magnitud de cambios dimensionales
- Disminuyen la magnitud de fendas

## 5.6.3 PROTECCIÓN POR DISEÑO

La calidad de la protección por diseño es el factor determinante en la durabilidad de un puente o pasarela de madera. La madera hay que protegerla contra los agentes climáticos como son la radiación solar y la humedad. La protección por diseño consiste en reducir al máximo la exposición de los elementos de madera a la intemperie.

Con una protección por diseño se pueden asignar ciertos elementos a clases de menor riesgo y evitar la disminución de las resistencias en el cálculo estructural.

Los puentes más antiguos de la zona alpina muestran claramente que la mejor protección es dotar a los puentes de techumbre y recubrirlos lateralmente, por ejemplo, de vidrio templado, cómo fue el caso del puente en Remseck.





Ilustración 5.20 - Puente sobre el río Neckar en Remseck, Alemania

Además, recientemente se han establecido y aplicado sistemáticamente una serie de soluciones constructivas de gran ayuda para la protección por diseño. En este apartado se describen las medidas oportunas en elementos protegidos y no protegidos.

### 5.6.3.1 Medidas preventivas para elementos protegidos

Con las siguientes medidas se pueden considerar los elementos constructivos de un puente de madera como protegidos. La solución más antigua y todavía aplicada exitosamente es techar los puentes. Como inconveniente de esa incorporación, hay que considerar las cargas adicionales de viento, uso y nieve en la cubierta añadida, que incrementan el peso y el coste.

Las grandes luces conducen a una estructura con un canto o altura de la sección muy elevada, lo que permite con incorporar el techo con facilidad.

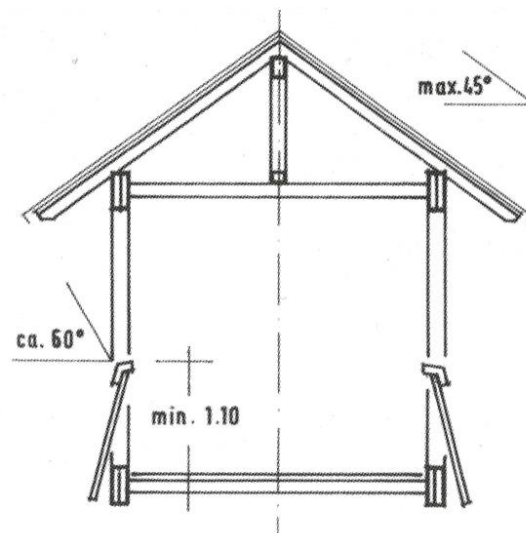


Ilustración 5.21 - Sección Transversal de un puente techado

Los techos deben sobresalir con vuelos a los lados para garantizar una protección contra la intemperie de los elementos estructurales que quedan por debajo del techo en un ángulo de

60°. También debe limitarse la inclinación del techo a 45° para no exponer una superficie demasiado grande a la acción del viento y para no influir negativamente en la apariencia arquitectónica. Aunque debe tener una inclinación suficiente para poder evacuar el agua y para que se acumule el menor volumen de nieve. Es decir, se debe efectuar una techumbre parecida a la expuesta en la Ilustración 5.21.

En general, el techo es una estructura independiente, puesta encima de la estructura principal, que no se considera para resistir las cargas verticales de uso. Las cargas resultantes de la acción del viento en el techo deben sumarse a las cargas de la estructura principal. Según el tipo constructivo de la estructura principal, existen distintas posibilidades de formar la cubierta, como se puede ver en la Ilustración 5.22.

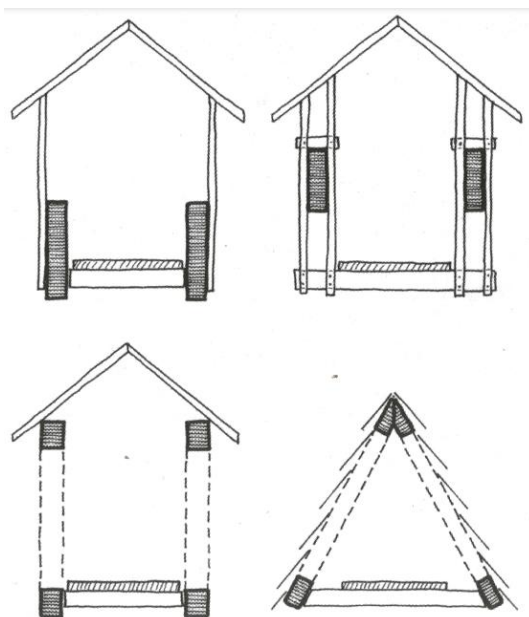


Ilustración 5.22 - Posibilidades de formar una cubierta

Estas son las principales medidas a adoptar en elementos protegidos de la intemperie:

- El techo debe sobresalir lo suficiente para que al menos la estructura portante principal esté resguardada de la lluvia.
- Intentar evitar colocar las barandillas en el interior de la estructura principal, ya que el agua de la lluvia va directamente a los encuentros entre las piezas.



Ilustración 5.23 - Barandillas en el interior de la estructura

- Un correcto diseño de las barandillas puede cambiar la duración de toda la estructura. Dejar pasar el agua o evitar que penetre dentro de la estructura variará la protección y la durabilidad del puente.

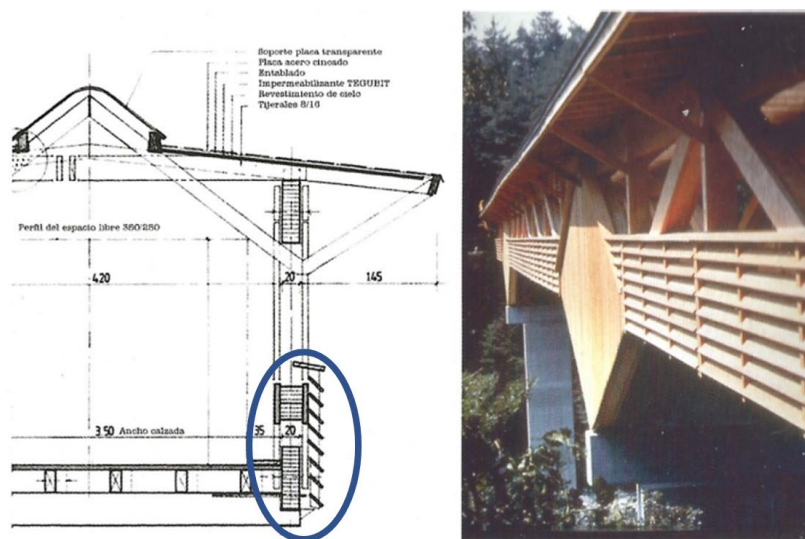


Ilustración 5.24 - Diseño de las barandillas para que pase el aire, pero limitar las filtraciones de agua

- Intentar utilizar tejas de madera para la composición del techo, para minimizar la estética y el peso sobre la estructura. También se puede utilizar vidrio para dejar pasar la luz al interior, aunque tiene la desventaja de tener un elevado peso.

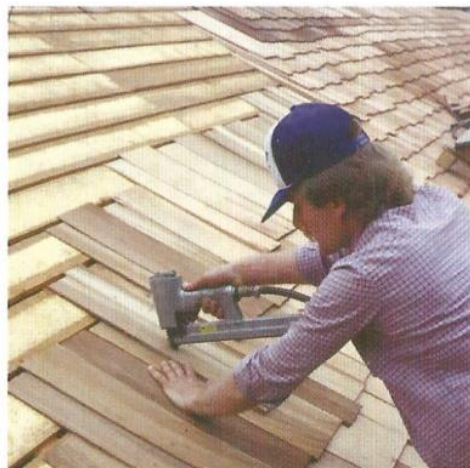


Ilustración 5.25 - Incorporación de tejas de madera para la cubierta

- Permitir una suficiente circulación del aire para que cualquier resto de humedad se seque con la mayor brevedad posible.

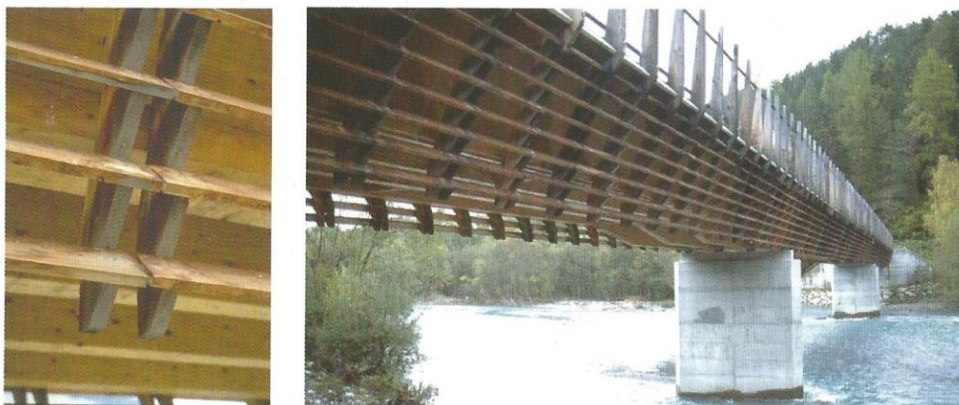


Ilustración 5.26 - Recubrimientos laterales de madera para proteger las vigas principales, Pradella (Suiza)

- En el caso que sea muy difícil techar los elementos principales se pueden proteger con una chapa metálica continua.



Ilustración 5.27 - Vigas de un puente protegidas con una chapa continua, Stuttgart (Alemania)

- Diseñar correctamente los desagües y drenajes para una correcta evacuación del agua. Para ello es recomendable utilizar en todo momento la pendiente tanto en sentido longitudinal como transversal
- Intentar evitar las superficies horizontales y si no cubrirlas con chapas metálicas.



Ilustración 5.28 - Superficies horizontales protegidas por chapa metálica y laterales por recubrimientos de madera, San Nicla (Suiza)

### 5.6.3.2 Medidas preventivas para elementos no protegidos

Cuando no existe la posibilidad de cubrir la pasarela totalmente, a veces se incorpora un revestimiento parcial en la cara superior de los elementos principales, con el objetivo de evitar la presencia de humedad de forma permanente. El desafío siempre radica en evitar la presencia de agua o alta humedad permanente.

Una protección en la cara superior es indispensable y en cada caso deberá determinarse si es necesaria la protección lateral de las piezas. A continuación, se recogen varias medidas de protección adicionales, que consideradas individualmente pueden parecer de poca importancia, pero en conjunto influyen decisivamente en el nivel de protección obtenido:

- Siempre se deberá estudiar la evacuación del agua, ya sea con pendientes o drenajes.
- Las tablas deberán tener un canto redondeado y se deberá dejar una cámara de aire ventilada bajo el entablado.
- Se pueden colocar elementos de desgaste para evitar que la estructura principal se perjudique con el tiempo.
- Las testas de los postes deberán estar protegidos y/o con una pendiente para evacuar el agua.

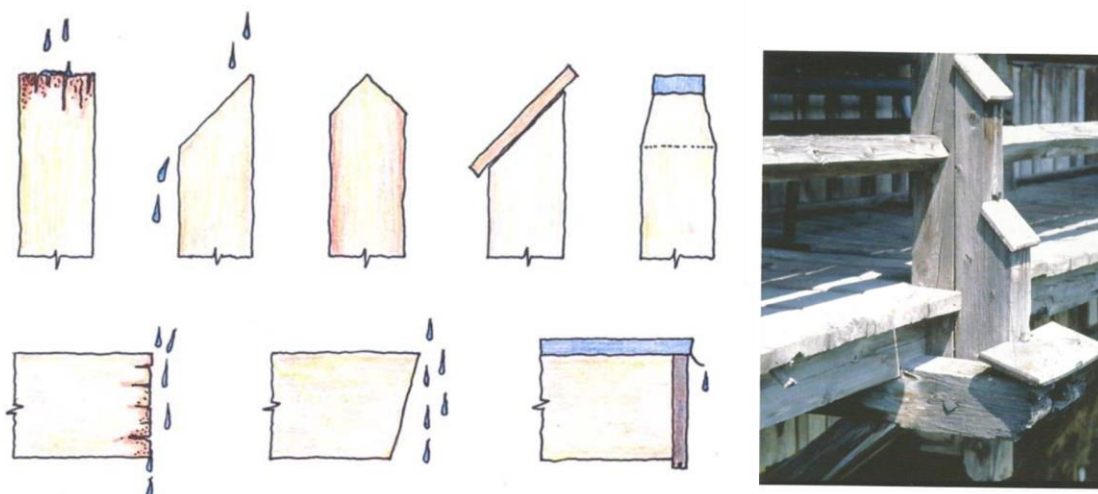


Ilustración 5.29 - Protección de las testas de columnas y vigas

- Las vigas longitudinales y transversales pueden quedar recubiertas con chapas de acero galvanizado u otro material.

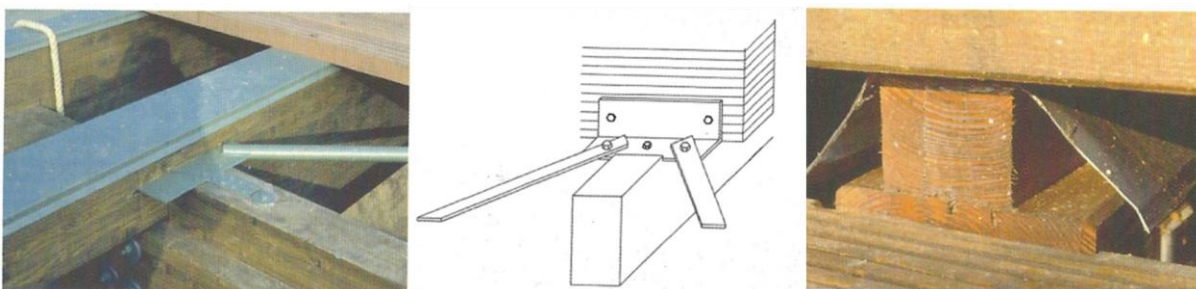


Ilustración 5.30 - Utilización de chapas metálicas para proteger uniones o elementos principales

- Los pasadores se ubican por el lado que no está expuesto a la intemperie.
- Diseño de las uniones que impidan que el agua pueda quedar retenida y evitar el uso de madera aserrada para disminuir la cantidad de fendas por la que el agua pueda penetrar.

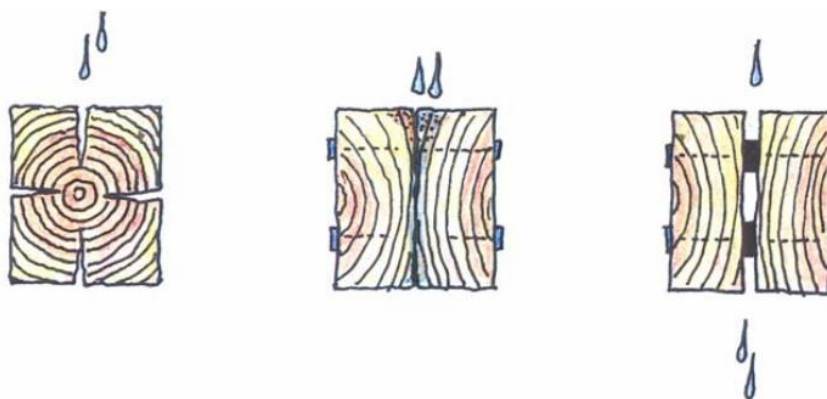


Ilustración 5.31 - Correcto diseño de las uniones para evacuar el agua

- Las ranuras necesarias para introducir las placas de unión y las perforaciones se recubren con listones o tarugos de madera unidos con adhesivos para prevenir la entrada de agua.
- Evitar un contacto directo de la madera con la tierra o el suelo e intentar que el suelo drene lo mejor posible el agua para evitar una humedad excesiva en el pie del pilar. La distancia mínima de los elementos de madera al suelo debe ser de 30 cm, por lo menos, para evitar salpicaduras de lluvia.

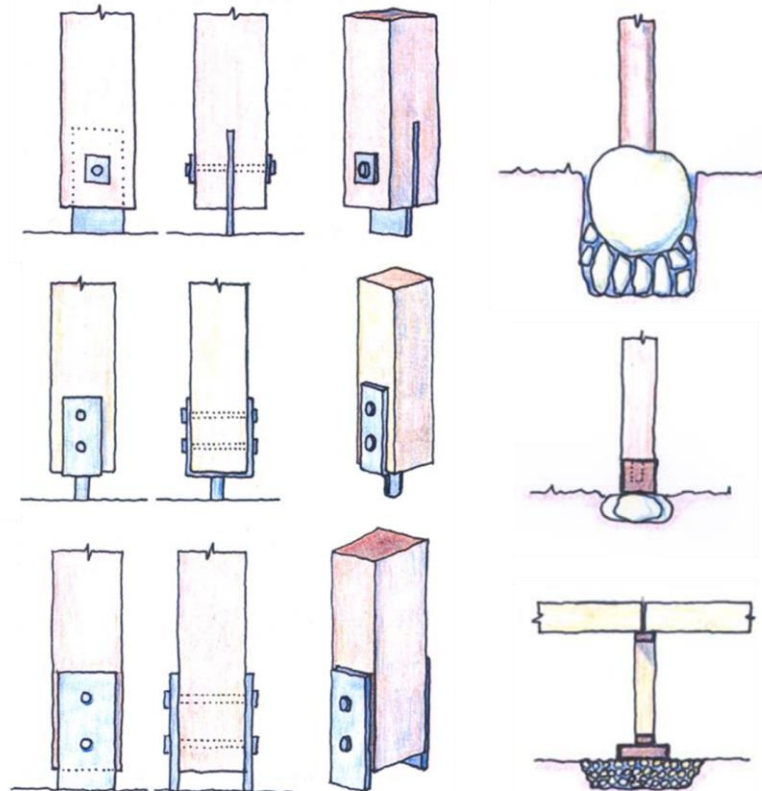


Ilustración 5.32 - Protección en uniones suelo con pilar

Los elementos secundarios, como son la barandilla y la madera del pavimento, no suelen protegerse por diseño. Estos elementos son los que sufren un mayor desgaste y es aconsejable proyectar la rápida evacuación del agua sin retenciones. En todo caso, se usarán las maderas más duraderas y protegidas químicamente.

Respecto al pavimento se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- La anchura de estas tablas deberá estar entre 12 y 24 cm
- Las secciones rectangulares son mejores que las cuadradas.
- La orientación de las tablas debe ser tal que la cara interna queda hacia arriba con el fin de evitar que las fendas queden en posición de retener el agua de lluvia.
- Colocar listones longitudinales (Rastreles) debajo de las tablas para evitar el riesgo de deformaciones en sentidos opuestos.
- Es necesario asegurar una pendiente en dirección de las tablas para que el agua pueda salir y para minimizar el riesgo de resbalones.

- Volar las láminas del pavimento o al menos dejar que sus testas se aireen.
- Incluir una separación entre entablados para un correcto secado y así evitar acumulaciones de agua y humedad.
- Disponer también de un goterón a aproximadamente 3 cm del borde de la tabla.

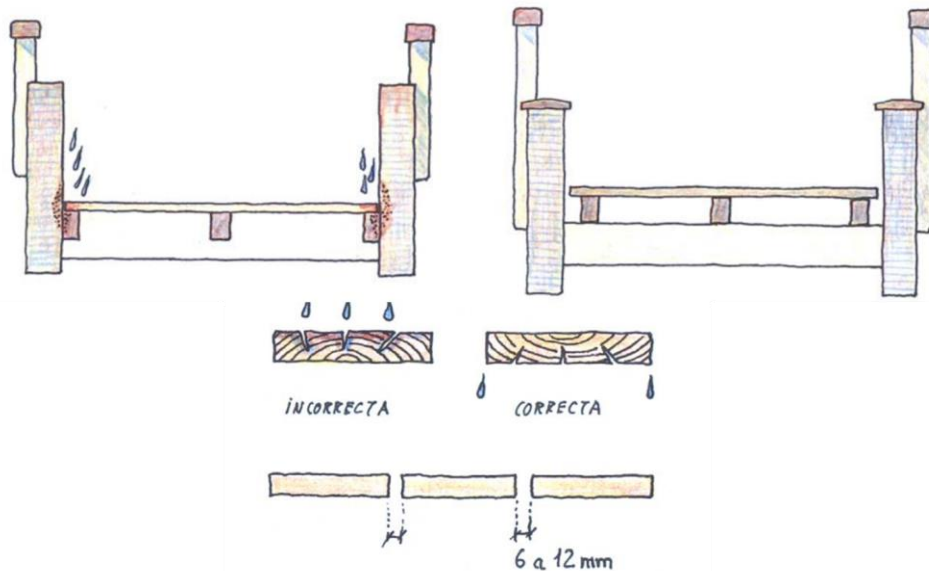


Ilustración 5.33 - Colocación del entablado del pavimento de la pasarela

Por otro lado, estas son las recomendaciones respecto a la barandilla:

- Usar secciones pequeñas ya que se secan más rápidamente
- Asegurar una pendiente en todos los elementos
- Cubrir las testas de los postes
- La unión de la barandilla puede estar incrustada en el interior de la madera, para evitar filtraciones.

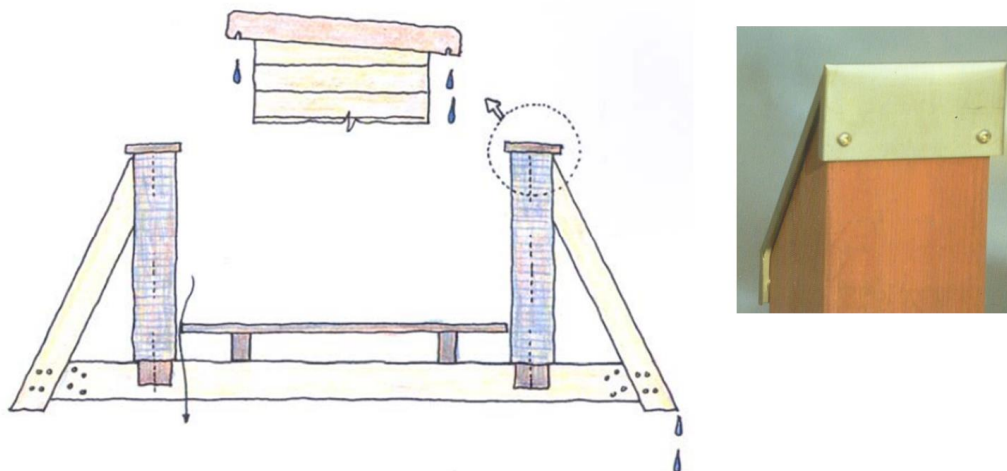


Ilustración 5.34 - Colocación de la barandilla para una correcta durabilidad



## 5.6.4 MANTENIMIENTO E INSPECCIONES

No se pueden evitar fallos y daños en la vida de un puente, pero un sistema de mantenimiento e inspección mediante revisiones anuales y una inspección más detallada cada cinco años, permiten detectar los daños en un estado en el que la reparación es fácil y sencilla.

Es por ello que el proyecto deberá incluir un plan de mantenimiento de estas estructuras, que deberá constar de un calendario de revisiones, con su periodicidad, alcance y controles a realizar, así como de una valoración de su coste.

Durante las inspecciones tienen que considerarse los aspectos específicos de la madera como el contenido de humedad, delaminaciones de piezas de madera laminada encolada, hinchamientos de elementos compuestos, deterioros de superficies, astillamientos, grietas y ataques de hongos e insectos.

Es frecuente que por falta de precaución exista un riesgo de aumento de la humedad en las partes de la estructura más cercanas al suelo, debido al crecimiento de la vegetación que dificulta la ventilación, así como por efecto de las salpicaduras de agua de lluvia.

De acuerdo a estudios realizados últimamente en Alemania y Suiza, se ha constatado que los costos de mantenimiento de un puente de madera no difieren significativamente con respecto al de un puente de otro material, siempre que se haya provisto una protección adecuada de la madera. Para lograr una competitividad económica es indispensable una planificación detallada y cuidadosa.

## 6 CASO DE ESTUDIO

Cómo bien se ha determinado en los apartados anteriores, el análisis de diferentes tipos de pasarelas de madera se hará acorde a un caso real en el municipio de Artziniega. En él se prevé la colocación de una pasarela de madera y mediante este caso de estudio se decidirá la mejor tipología, dimensionamiento, localización, etc. de la misma.

Primeramente, se especificará correctamente las dimensiones de la pasarela a localizar en el municipio de Artziniega. También se encontrará la mejor ubicación para la pasarela mediante un estudio hidrológico del río a sobrepasar. Finalmente se determinarán cuáles serán los tipos estructurales a analizar en el trabajo.

### 6.1 DIMENSIONES GENERALES

La determinación de la anchura y altura libre en la pasarela depende de la intensidad de tráfico de la ruta. En general pueden diferenciarse las siguientes categorías (Jutila, 1996):

- Camino recreativo
- Vía para peatones y ciclistas (un solo carril)
- Vía para peatones y ciclistas con dos sentidos diferenciados

También habrá que comprobar que la pasarela no suponga un estrangulamiento o estrechez al camino, pues forma parte de él. Otro de los aspectos a considerar en relación a las dimensiones de anchura y altura libres es la posibilidad del acceso a vehículos de emergencia o a vehículos de mantenimiento sobre la pasarela. Un camión normal de mantenimiento necesita una anchura libre de 3,5 m y una altura libre de 3,0 m. En la siguiente tabla se incluyen las anchuras y alturas libres recomendadas.

Tabla 6.1 - Valores de anchuras y alturas libres para los diferentes usos  
 (Fuente: "Puentes de madera", de Kurt Schwaner)

Categoría	Empleo	Anchura libre mínima (m)	Altura libre mínima sobre la pasarela (m)	Acceso vehículo de emergencia
Ancha	Peatones y Ciclistas (alta densidad de tráfico)	4,50	3,00	Si
Normal	Peatones y Ciclistas (densidad intermedia de tráfico)	3,50	3,00	Si
Estrecha	Peatones y Ciclistas (baja densidad de tráfico)	2,50	2,20	No

En el caso de la pasarela de Artziniega no se permitirá el paso al tráfico, ni de mantenimiento ni de emergencia, ya que el camino recreativo será accesible por ambos lados y no es necesario cruzar la pasarela para poder acceder al otro lado del río.

Es por ello que la pasarela estará limitada únicamente a ciclistas y peatones mediante elementos de contención como son pivotes o postes para evitar que ningún vehículo de servicio o emergencias pueda acceder al puente.

## 6.2 UBICACIÓN DE LA PASARELA

Por otro lado, en el caso de cruces sobre otras vías, ferrocarriles, cauces, etc., se deberá preservar un gálibo mínimo de acuerdo a los criterios establecidos por los organismos administrativos competentes, con los que se deberá consultar previamente.

En este caso, como la pasarela debe pasar sobre el cauce de un río, la longitud y altura de la pasarela se debe determinar teniendo en cuenta la inundabilidad de la zona en la que se plantea la pasarela.

### 6.2.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RIO ARTZINIEGA

Para determinar la posición y geometría de la pasarela, además del tipo de estructura a emplear, es necesario analizar la inundabilidad del río Artziniega, ya que la pasarela está diseñada para salvar el cauce.

En los casos en los que la pasarela se realice sobre un cauce fluvial, como es el caso, es necesario realizar un estudio hidrológico e hidráulico, donde se recogen todos los condicionantes que puedan afectar a la superestructura de la pasarela y, especialmente, a su cimentación.

Para ello, se estiman las precipitaciones máximas y caudales previsibles para un determinado periodo de retorno de acuerdo con la normativa aplicable y las especificaciones de la Administración competente en la materia.

Como norma general, los cálculos se realizan para un periodo de retorno (T) de 500 años para pasarelas ubicadas en suelo urbano y de 100 años para las ubicadas en suelo rústico, aunque deberá siempre atenderse a las indicaciones que establezca la Confederación competente, en función del tipo de cauce y la localización de la pasarela.

Una vez completado el estudio hidrológico se deberá proceder a realizar el consiguiente análisis hidráulico. Se calcularán los parámetros del flujo a través de los apoyos de la pasarela, es decir, se deducirá la altura de la lámina de agua, velocidad, régimen o número de Froude. El análisis hidráulico implicará la previa realización de una topografía del cauce por secciones transversales cada 25 metros, al menos 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo de la pasarela.

Además, para evitar la erosión de los estribos o pilas, se incluirán las pertinentes medidas protectoras, que se concretan en un mayor empotramiento de la zapata o encepado o en la colocación de una escollera suelta o embebida en hormigón, gaviones o una losa protectora del cauce. Todas estas medidas serán compatibles con la estética general del cauce y con el medio ambiente.

En el caso real que se estudia en este trabajo, el estudio hidrológico se hará extrayendo los datos hidrológicos desde la web de GeoEuskadi, dónde se almacenan todos los datos de la CAPV. De

esta manera, sin realizar un levantamiento taquimétrico del terreno, permite definir topográficamente el entorno donde se va a situar la pasarela.



Ilustración 6.1 - Inundabilidad del río Artziniega

Para ello, se han determinado dos posibles ubicaciones para colocar la pasarela, antes de que el río Artziniega y el afluente Urabala confluyan en un mismo arroyo. Como se puede ver en la Ilustración 6.1, la *Posición 1* se coloca tal y como el PGOU dictaminaba en los planos mencionados anteriormente (ver los planos en los anexos: E.IV Plan General de Ordenación urbana de Artziniega (PGOU)). La *Posición 2* está determinada por la menor distancia de paso elevado que es necesario salvar entre un lado y otro de las orillas.

Como ambas opciones pueden ser realizadas, ya que no entorpece el paso a ninguna estructura existente, se analizarán la viabilidad de ambas para concretar su ubicación y geometría.

#### 6.2.1.1 Perfil hidrológico en ubicación 1

Primeramente, se analizará la Posición 1, que es la especificada por los planos del Plan General de Ordenación Urbana del municipio de Artziniega, como se puede ver en esta ilustración:

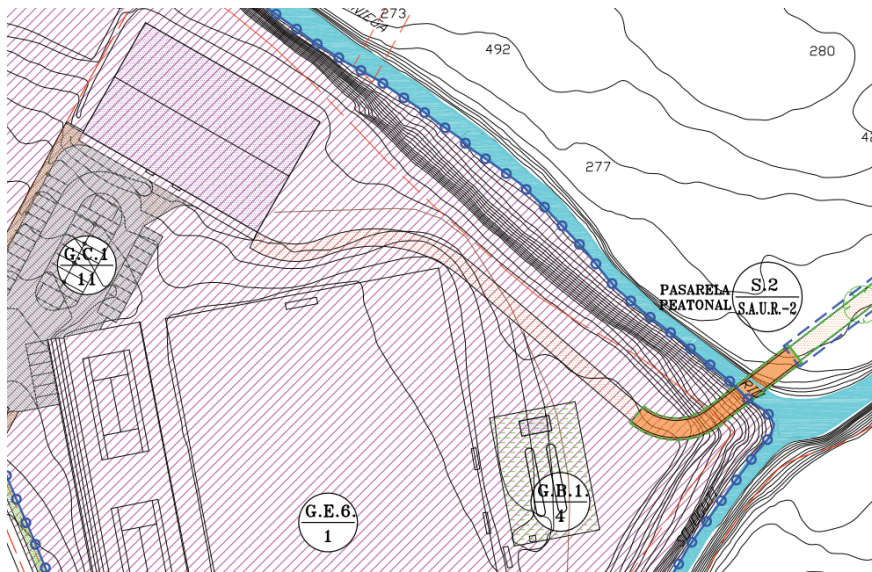


Ilustración 6.2 - Localización de la pasarela de madera de Artziniega según el PGOU

Analizando los datos de hidrológicos de GeoEuskadi, justo en la zona donde el PGOU dictamina a hacer la pasarela podemos observar el siguiente perfil.

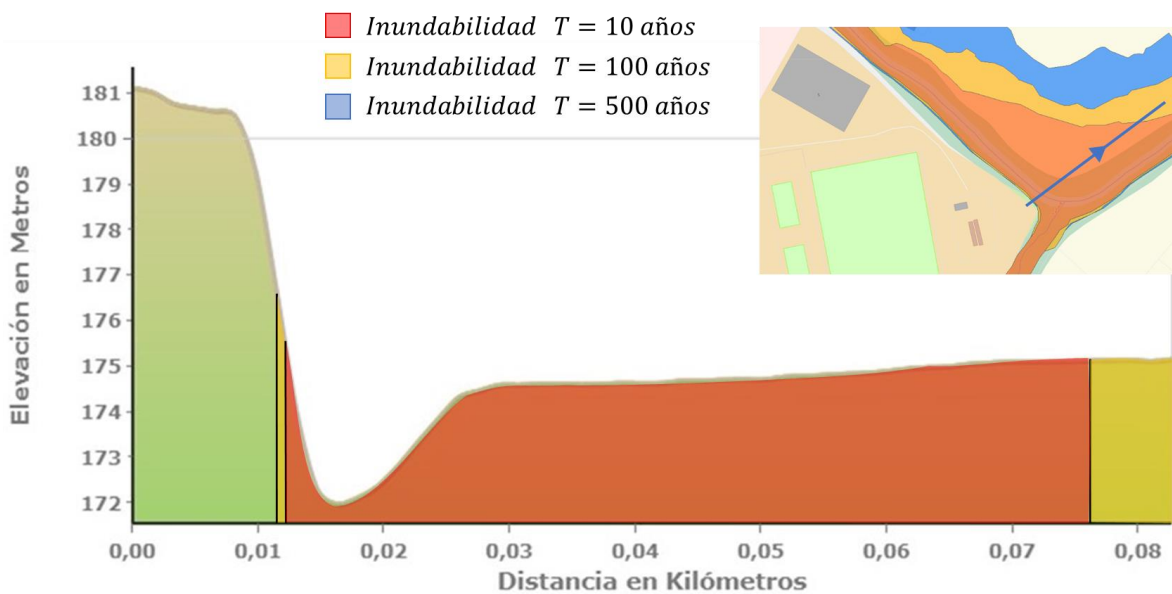


Ilustración 6.3 - Perfil hidrológico de la posición 1

En él se puede observar cómo la inundabilidad de la zona con un periodo de retorno de 10 años es muy extensa, teniendo que sortear unos 65 metros de luz si se quisiese evitar esa zona. Las zonas con una inundabilidad con un periodo de retorno de 100 años están muy separadas entre ellas por la horizontalidad del terreno en la margen norte del río.

En este caso, se tendría que buscar una tipología que tuviese pilas en medio de la pasarela para poder así sortear la distancia total sin que las acciones del agua afectasen a la pasarela. En estas pilas sin embargo se tendrán que calcular las cargas producidas por el río además de ser bastante más costosa y difícil de realizar.

Otra posibilidad es colocar la pasarela con unas dimensiones más reducidas dentro de esta zona de riesgo con probabilidad de que en menos de 10 años se inunde. Si se tienen en cuenta las cargas hidráulicas producidas por el río se podría realizar. Aun así, habría que tener en cuenta la topografía del cauce aguas arriba para determinar que objetos arrastrados por el río no golpeen a la pasarela realizando una acción accidental no considerada.

### 6.2.1.2 Perfil hidrológico en ubicación 2

La segunda localización se encuentra a unos 50 metros aguas arriba de la anterior posición, dónde se evita el agua proveniente del afluente Urabala y se consigue el siguiente perfil hidrológico:

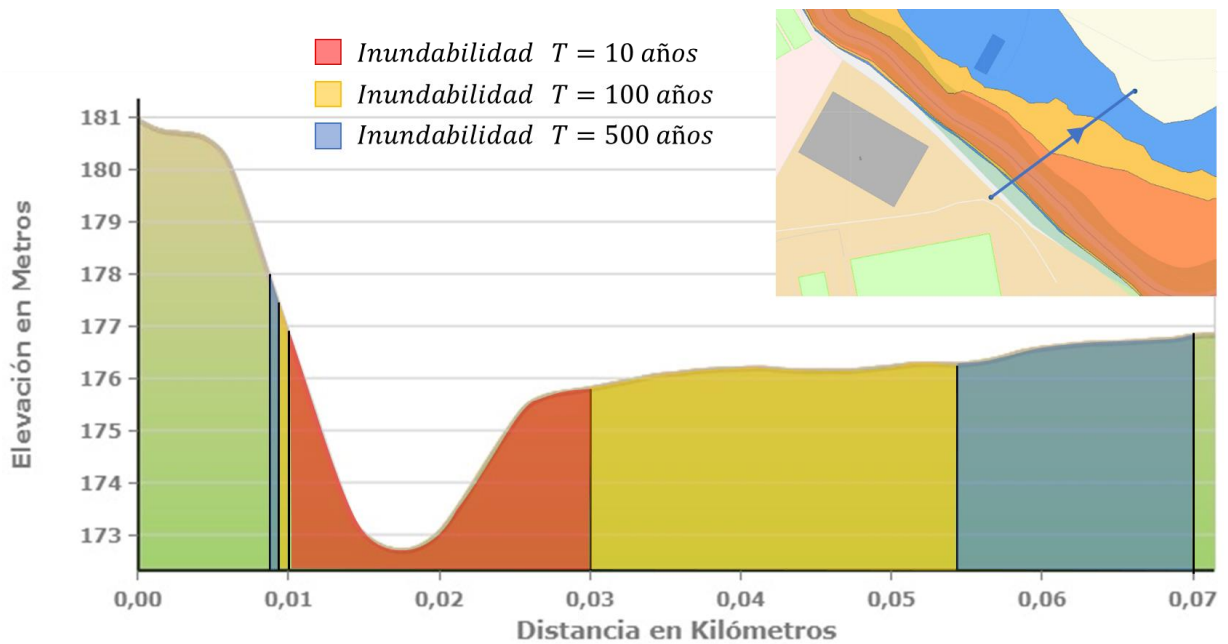


Ilustración 6.4 - Perfil hidrológico de la posición 2

En este perfil se puede observar cómo la cuenca del río está mucho más profunda que la anterior, dejando las zonas con una inundabilidad con un periodo de retorno de 100 años mucho más cercanas que la anterior. Para ser exactos, en una distancia de aproximadamente 20 metros se puede evitar la inundabilidad con un periodo de retorno de 10 años.

De esta manera, las acciones producidas por el río pueden ser despreciadas y simplificar el cálculo. Además, el hecho de no necesitar pilas en medio del río facilita el cálculo y minimiza los costes.

Es por ello que se elegirá como emplazamiento de la pasarela de madera la posición 2, desechando la propuesta especificada en el PGOU. Así pues, una vez concretada la ubicación se debe realizar un análisis topográfico para determinar la distancia y altura a salvar.

## 6.2.2 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Una vez escogido el lugar, y mediante el perfil topográfico extraído de GeoEukadi se puede analizar las acciones a realizar en la ubicación.

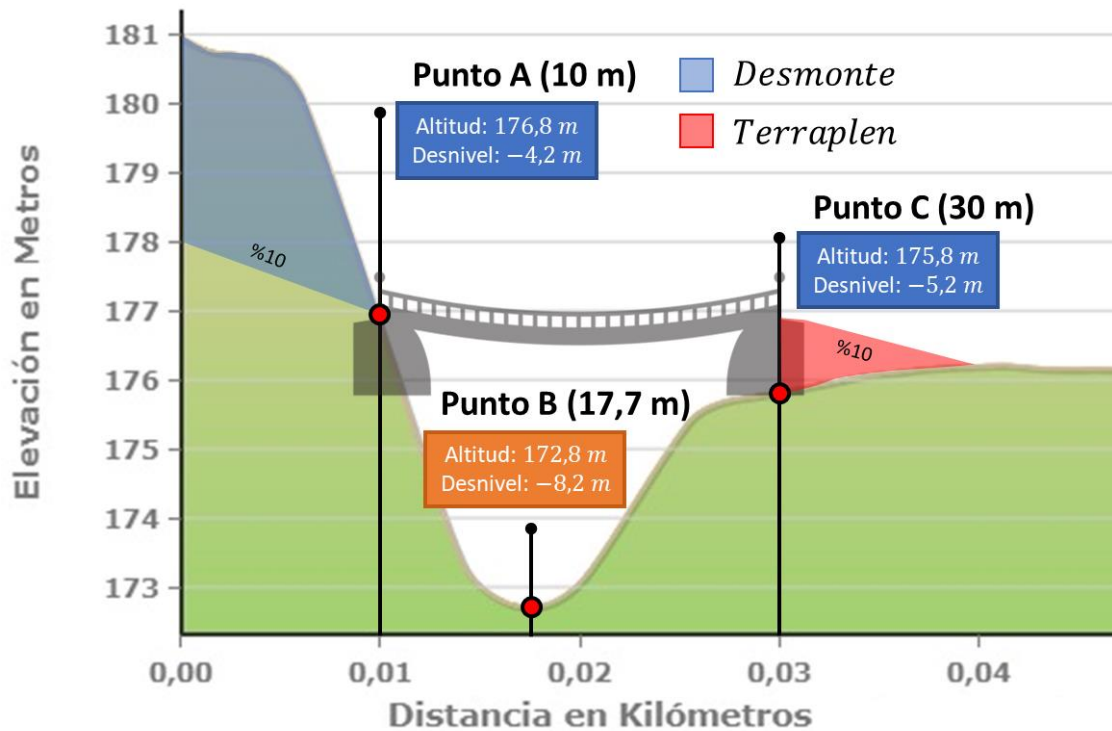


Ilustración 6.5 - Perfil topográfico de la posición 2

Cómo bien se ha mencionado, entre las dos márgenes del río hay una separación de 20 metros, con un diferencial de altura de tan sólo 1 metro, fácilmente solucionable por un terraplén. El desnivel máximo desde la pasarela hasta el cauce del río es de unos 3 metros, suficiente para evitar todo tipo de escombros que pudiera llevar el río.

Por la margen sur del río Artziniega, se deberá realizar un desmonte para evitar tener unas pendientes excesivas por medio de rampas y escaleras.

Otras cuestiones a tener en cuenta en la pasarela son las siguientes:

- En una pasarela peatonal las deformaciones deben estudiarse en detalle, dada la sensibilidad peatonal, así como la posible aparición de vibraciones, pues, aunque no sean peligrosas ni las deformaciones alcanzadas ni las vibraciones que se produzcan, pueden transmitir sensación de inseguridad en los usuarios.
- Adicionalmente, habrá que tener en cuenta que la altura de las barandillas será distinta en función de los usuarios de la pasarela. Por ejemplo, la altura de la barandilla será de 1,15 m para peatones, mientras que deberá elevarse hasta 1,25 m si el camino está previsto también para uso ciclista.

- También es recomendable que el pavimento de la pasarela tenga una rugosidad tal que el coeficiente de rozamiento longitudinal tenga al menos, un valor  $f = 0,32$ . Este valor será de obligado cumplimiento en el caso que exista un tráfico ciclista para evitar resbalones. Además, se deberá realizar la evacuación del agua lo más rápido posible.

### 6.3 TIPOS ESTRUCTURALES A ANALIZAR

Como se ha podido observar hay diferentes alternativas a utilizar para que un puente o pasarela sea soportado. Los diferentes tipos estructurales mencionados en el apartado “5.2 Tipos estructurales” pueden ser completamente válidos para salvar una distancia entre dos puntos.

Es por ello que, de todos los tipos estructurales, se escogerán los que probablemente sean los más usuales para realizar pasarelas de madera, cómo son los siguientes:

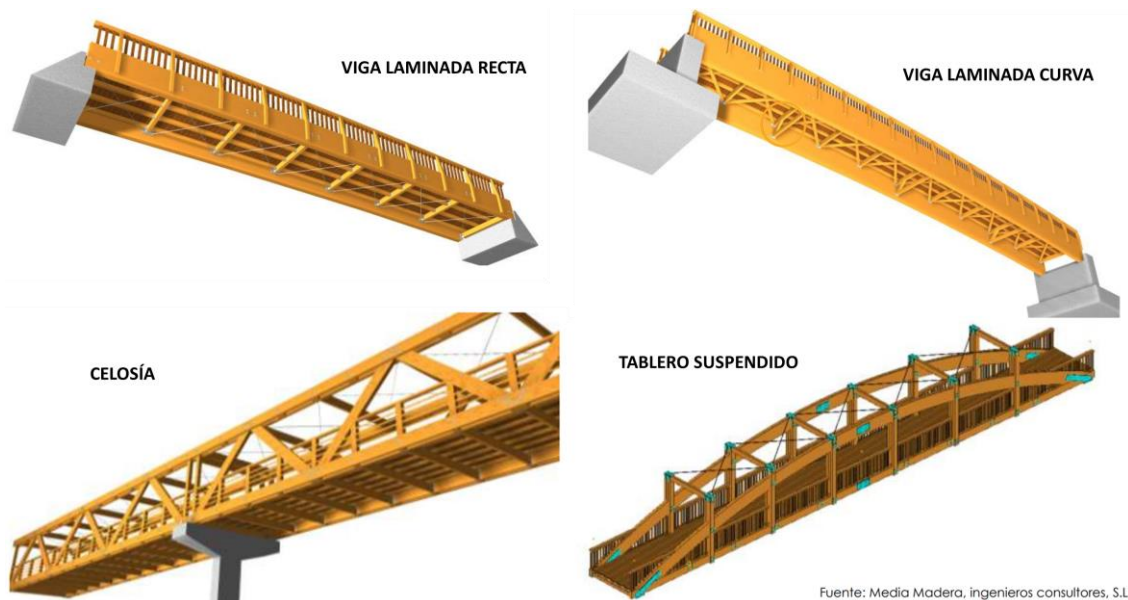


Ilustración 6.6 - Tipos estructurales más usuales para pasarelas de madera

Sin embargo, en el caso práctico que se va a analizar, se van a escoger dos de esos tipos para ver un análisis más detallado de sus características y respuesta frente a un caso real. Además, se estudiará las diferencias que aporta un cuidado de la madera mediante la cubrición total de la pasarela.

Para ello se tendrá en cuenta las dimensiones concretadas en el apartado anterior, cómo son la luz a librar entre las dos orillas del río, que asciende hasta los 20 metros; la diferencia de altura entre las dos orillas, que con una diferencia de tan sólo un metro es tiene una fácil solución mediante un desmonte; la altura libre al fondo del río, que colocando la pasarela en la ubicación 2 tiene una altura de 3 metros y la anchura de la pasarela que asciende hasta los 2 metros.

Teniendo todo esto en cuenta, se ha decidido analizar los tipos estructurales cómo son la viga simple de madera laminada y la celosía. La decisión de analizar estos dos tipos estructurales es





la similitud que tienen los dos tipos estructurales en cuanto a distribución y transmisión de cargas, ya que la celosía no deja de comportarse como una viga simple con aligeraciones en su interior.

Aun así, la cantidad de madera a utilizar, la cantidad de uniones, la superficie de madera a proteger o las dimensiones de la estructura principal variará lo suficiente como para que el análisis sea interesante de estudiar.

## 7 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

---

Como bien se ha decidido en el apartado anterior, se van a realizar el análisis de dos tipos estructurales, como son la viga simple y la celosía. Además, se analizarán también estos dos tipos estructurales con una cubierta total de la pasarela para analizar cómo de rentable sería añadir una cubierta a la pasarela. Por lo tanto, se analizarán 4 modelos estructurales distintos:

- MODELO I: Viga simple sin cubierta
- MODELO II: Viga simple con cubierta
- MODELO III: Celosía sin cubierta
- MODELO IV: Celosía con cubierta

Una vez aclarado cuales van a ser los modelos a analizar, se deben diseñar teniendo en cuenta la protección pasiva por diseño, como bien se explica en el apartado “5.6.3 Protección por diseño” e intentando realizar los diseños lo más parecidos posibles para evitar cálculos estructurales innecesarios.

Todos los cálculos necesarios para validar cada elemento o módulo están realizados mediante el software “CYPE 3D”, que ofrece un cálculo estructural sobre elementos de madera con la última normativa vigente. Los cálculos finales de cada elemento se pueden obtener en los anexos (ANEXO A: Normativa aplicable).

Finalmente, es importante destacar que los cálculos realizados para cada tipo de elemento han sido obtenidos a partir de las barras más desfavorables, con la combinación de acciones más crítica y en el punto más crítico de la barra.

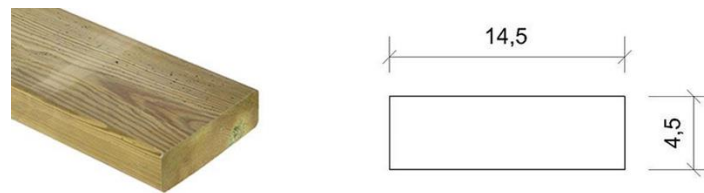
### 7.1 DISEÑOS GENERALES

Para realizar el menor de cálculos posibles se hará un diseño muy similar de algunos de los elementos de la pasarela. Es decir, se aplicarán los mismos diseños (con ligeros cambios en algunos de los modelos) de ciertos elementos para que se utilicen en todos los modelos a analizar. A continuación, se redactan los elementos que tendrán un diseño general.

#### 7.1.1 ENTARIMADO Y RASTRELES

Por un lado, el entarimado, que es el suelo de la pasarela por la que peatones y ciclistas cruzarán el río, será igual para cada modelo. Estará constituido de madera aserrada C18 para que pueda ser reemplazado en caso de ser necesario y deberá tener un coeficiente de rozamiento apto para evitar resbalones.

El entarimado estará formado por tabloncillos de madera de la marca “Fitor Forestal”. Más concretamente, se utilizarán tabloncillos Flandes tratados y cepillados para exterior con autoclave (clase de uso 4).



REF. PRODUCTO	b (mm)	a (mm)	L (cm)
FL095045000P4	45	95	(240-450)*
FL120060000P4	60	120	(240-450)*
FL145035000P4	35	145	(240-450)*
FL145045000P4	45	145	(240-480)*
FL145070000P4	70	145	(240-450)*

\*Según largos disponibles

**Ilustración 7.1 - Tablones Flandes para el entarimado**

Las dimensiones serán de 14,5 cm por 4,5 cm y con una largura total de 250 cm. La distancia que se dejará entre tablones de madera será de medio centímetro, completando así una distancia entre tablones de 15 cm. También se dejará una separación en las testas de cada tablón para permitir que se seque y no producir aglomeraciones de humedad.

El cálculo de este entarimado no es necesario realizar ya que en prácticamente todas las pasarelas o paseos de madera llevan este tipo de tablones por lo que no será necesaria su cálculo.

Por otra parte, los rastreles, son viguetas de madera que unen todos los tablones y son los encargados de llevar las cargas que actúan sobre el tablero a las riostras. En el caso de estas sí que se deben calcular ya que depende mucho la distancia entre rastreles y la anchura de la pasarela.

Para este cálculo solo se debe tener en cuenta las cargas debidas al propio peso de los rastreles, el peso muerto del entarimado, la sobrecarga de uso y la sobrecarga de nieve (en caso de que esté sin cubrir). Como la sobrecarga de uso y la de nieve no son concomitantes, y la de uso es bastante más elevada que la de la nieve, esta última no se tendrá en cuenta.

Así pues, tras calcularlo en un modelo de Cype3D, se llega a la siguiente conclusión:

Los rastreles serán de madera aserrada C18 tratada en autoclave (clase de uso 4) de dimensiones cuadradas, más concretamente de 12 x 12 centímetros con una luz entre riostras de dos metros y medio. La distancia entre ejes será de 60 centímetros salvo las distancias de los extremos. Así pues, se deja una distancia de 5 centímetros por cada lado del entarimado para poder airear la zona, evitando pudriciones.

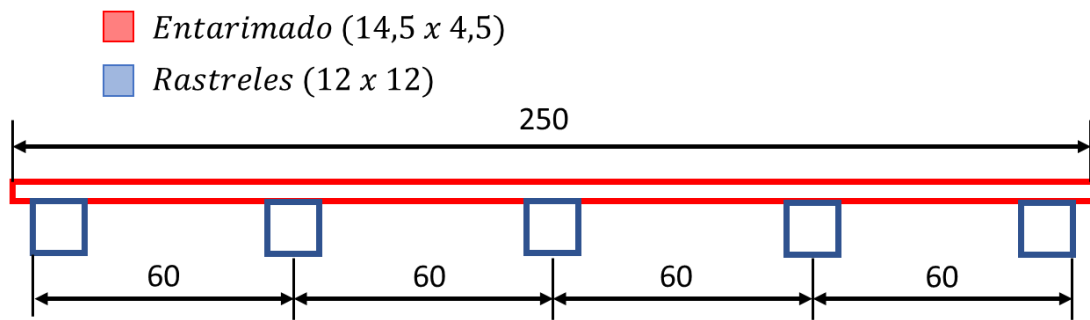


Ilustración 7.2 - Disposición de los rastreles

Con esta configuración, el modelo de Cype3D nos da un aprovechamiento de la resistencia del 81,59 %. Además, no se ha tenido en cuenta para este cálculo las dimensiones de la riostra, lo que hace que la luz de los rastreles disminuya, haciendo que el cálculo realizado sea aún más desfavorable. Para observar el cálculo completo acudir a los Anexos (B.I.1)

## 7.1.2 CUBIERTA

La cubierta de los dos tipos que se mencionarán a continuación, son totalmente independientes a la pasarela, es decir, son estructuras que no forman parte de la estructura resistente del puente, y que aguantan las solicitaciones generadas únicamente sobre ella.

Se ha decidido recrear una misma cubierta que sirva para los dos tipos de modelo a analizar y, aunque la unión entre la estructura resistente principal y la cubierta no se comporte del mismo modo, la disposición y dimensionamiento de los elementos que conforman la cubierta serán idénticos el uno del otro.

La estructura resistente principal de la cubierta se ha decidido recrear completamente de madera para seguir con la misma estética que el resto de la pasarela. Cómo la madera va a estar más protegida en su interior se ha decidido utilizar madera aserrada en lugar de madera laminada encolada para las viguetas interiores. Sin embargo, para secciones más elevadas, cómo las vigas longitudinales o los pilares (para el caso del modelo 1) se ha decidido utilizar madera laminada encolada para garantizar la calidad de los elementos a utilizar.

La cubierta estará formada de 4 vanos de 5 metros de longitud tapando así la pasarela al completo. Por lo tanto, se crearán 5 pórticos que transferirán la carga desde la cubierta hasta la estructura resistente de la pasarela. Sin embargo, la cubierta por los extremos sobresaldrá 1 metro para proteger la pasarela y la cubierta de la lluvia que pueda llegar longitudinalmente.

La cubierta tendrá una inclinación de unos 30°, necesaria para poder evacuar el agua y la nieve, pero también perfecta para poder cubrir los elementos que albergan en su interior. Esto es importante para saber las cargas de viento que tendrá sobre la cubierta (Tabla 5.7). Para hacer más efectivo la cubrición de la pasarela, la cubierta también tendrá unos aleros para poder proteger la madera del interior.

Mediante el programa Cype3D se ha calculado la estructura, introduciendo las siguientes cargas sobre la cubierta:

Tabla 7.1 - Cargas sobre la cubierta de madera introducidas en Cype3D

Tipo de carga	Descripción	Zona	Magnitud
Carga Muerta	Debida al peso sobre la cubierta de listones de madera y tejuelas de madera (5 cm de espesor) con una densidad de 5 kN/m <sup>3</sup> .	Toda la cubierta	0,25 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de uso	Cubierta accesible únicamente para conservación formada por correas.	Toda la cubierta	0,40 kN/m <sup>2</sup>
Viento	Viento aplicado lateralmente (paralelo al cauce del río) sobre una marquesina a dos aguas (30° de inclinación) y con un factor de obstrucción de valor unitario:	A	0,819 kN/m <sup>2</sup> -0,882 kN/m <sup>2</sup>
		B	1,197 kN/m <sup>2</sup> -1,197 kN/m <sup>2</sup>

		C	$1,008 \text{ kN/m}^2$ $-0,882 \text{ kN/m}^2$
		D	$0,441 \text{ kN/m}^2$ $-1,26 \text{ kN/m}^2$
Nieve	Sobrecarga de nieve a una altura de 200 metros en la zona climática 1 (Teniendo en cuenta los tres casos de carga).	Toda la cubierta	$0,40 \text{ kN/m}^2$ $(0,20 \text{ kN/m}^2)$

Teniendo estas cargas en cuenta el programa Cype3D realiza los cálculos teniendo en cuenta todos los requerimientos que se necesitaban. Se pueden encontrar los cálculos de la cubierta en los Anexos B.I.2.

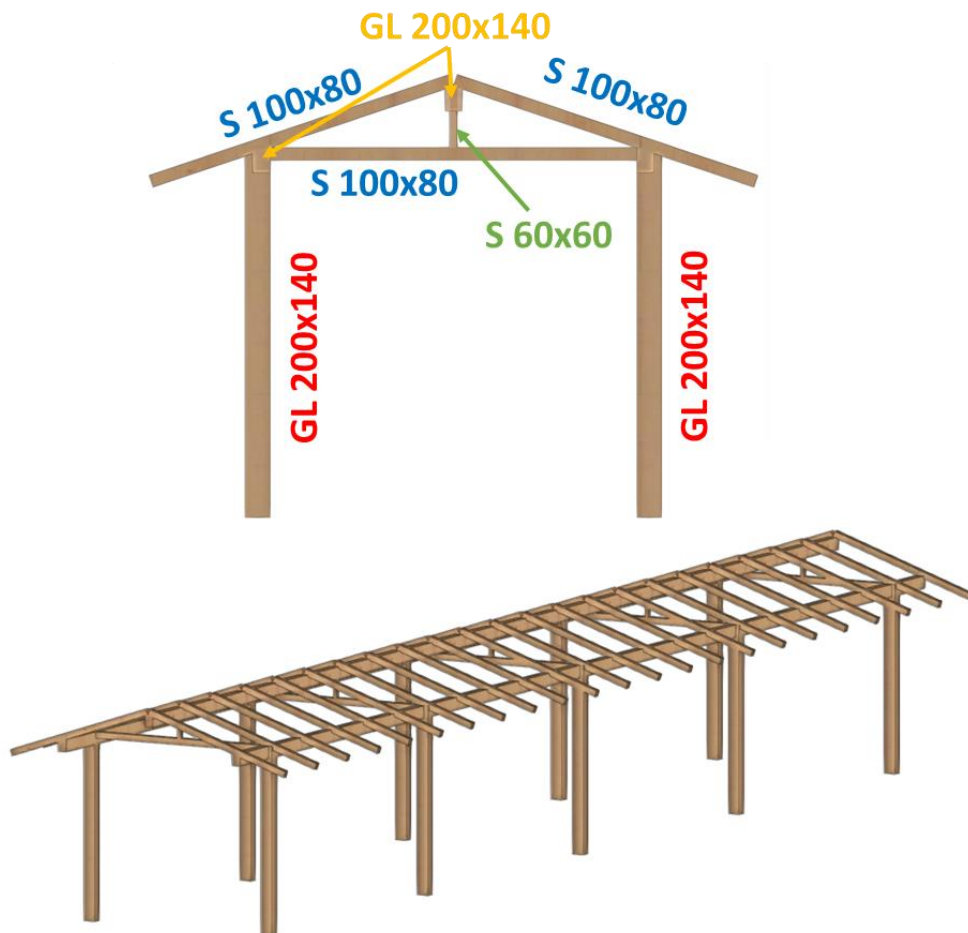


Ilustración 7.3 - Diseño de la cubierta de madera

### 7.1.3 BARANDILLA

La barandilla será similar para los dos tipos de modelos a analizar, por lo que su cálculo y dimensionamiento estará determinado por los dos modelos.

Para el caso de la pasarela de Artziniega se adoptará una carga de 0,8 kN/m lineal de barandilla a una altura de 1,25 metros que es la acorde con una pasarela por dónde pasaran ciclistas y peatones.

Se ha decidido hacer un diseño de madera para seguir con la estética de toda la pasarela. Este diseño es muy similar para los dos tipos de modelo de pasarelas para evitar excesivos cálculos. El diseño consta de pilastras colocadas cada 2,5 metros, sobre las riostras y unido a un lado de la estructura principal resistente:

- En el caso del tipo A, la barandilla está unida a las vigas principales y, además, algunas de las pilastras se utilizarán para albergar posteriormente la cubierta.

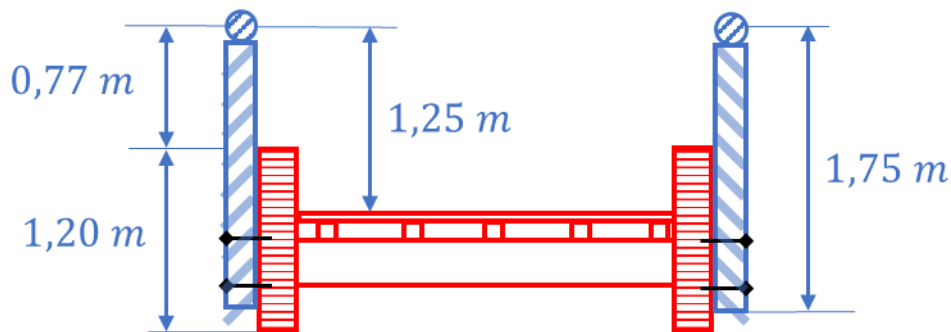


Ilustración 7.4 - Altura de la barandilla en el Tipo A

- En el caso del tipo B, las pilastras de la barandilla están unidas al cordón inferior de las dos celosías.

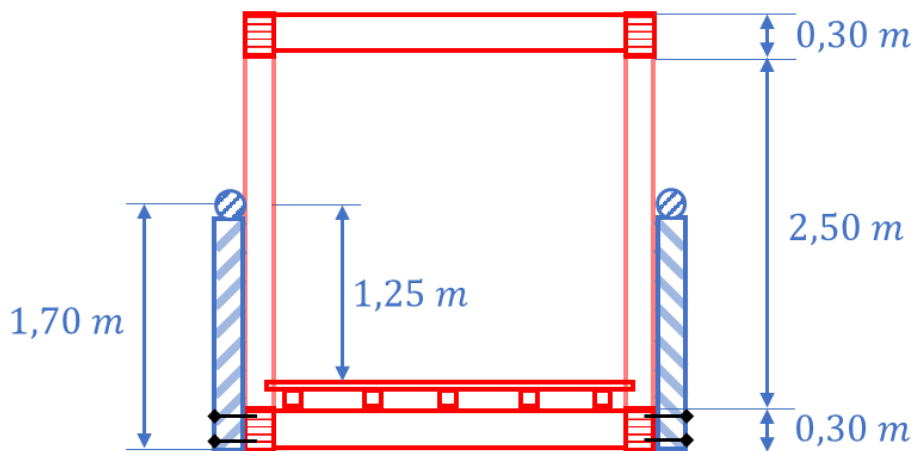


Ilustración 7.5 - Altura de la barandilla en el tipo B

La barandilla estará compuesta por pilastras colocadas cada 2,5 metros y que serán las encargadas de llevar todas las cargas de sobrecarga de uso debido al tráfico o las acciones del viento a la estructura principal.

Las pilastras estarán unidas en su coronación por una barra redonda que sirve como pasamanos y evita acumulaciones de agua en la parte superior de la barandilla. Debajo del pasamanos se colocará una balaustrada longitudinal que estará inclinada 45 grados para proteger la madera del interior de la pasarela.

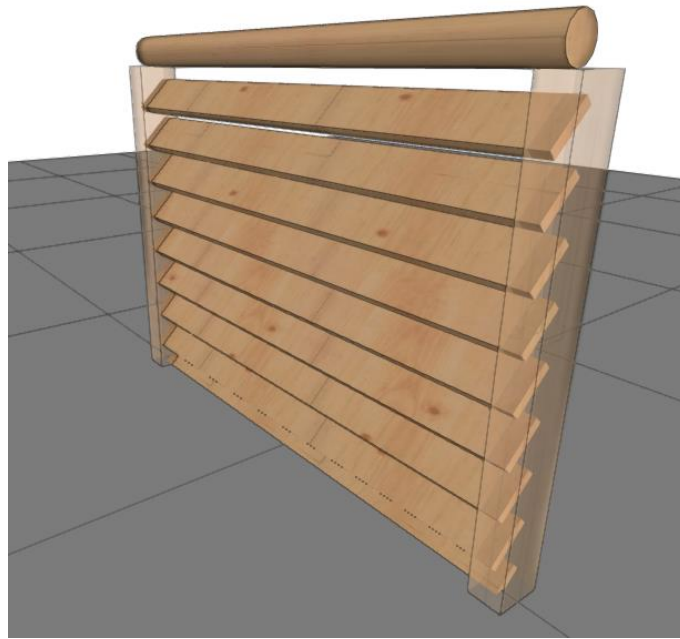


Ilustración 7.6 - Diseño de un módulo de la barandilla

Estos módulos serán colocados cada 2,5 metros a lo largo de todo el puente y, a su vez, a la entrada y salida de la pasarela para realizar una protección extra a los elementos que se encuentran próximos a las entradas y salidas.

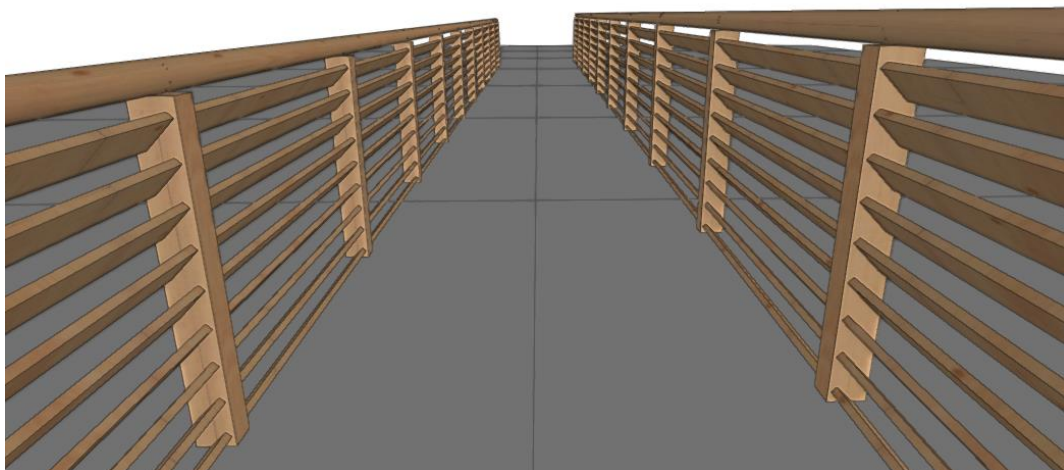


Ilustración 7.7 - Diseño de la barandilla con varios módulos unidos





Para el cálculo de la barandilla se han dispuesto las siguientes cargas:

Tabla 7.2 - Cargas sobre las barandillas

Tipo de carga	Descripción	Zona	Magnitud
Sobrecarga de uso (todas simultaneas)	Debida al tráfico de peatones y ciclistas una carga vertical descendente.	Sobre el pasamanos	1,50 $kN/m$
	Debida al tráfico de peatones y ciclistas una carga horizontal perpendicular al pasamanos.	Sobre el pasamanos	0,80 $kN/m$

Se pueden observar los cálculos pertenecientes a la barandilla en el "ANEXO A:" (concretamente en el B.1.3).

## 7.2 TIPO A: VIGA SIMPLE

Como bien se ha mencionado anteriormente, el primer tipo a analizar es una pasarela que se compone a base de dos vigas laminadas encoladas que transcurren a lo largo de toda la pasarela manteniendo una sección constante. Estas vigas compondrán la estructura resistente principal de la pasarela, ya que son las encargadas de transmitir todos los esfuerzos al terreno.

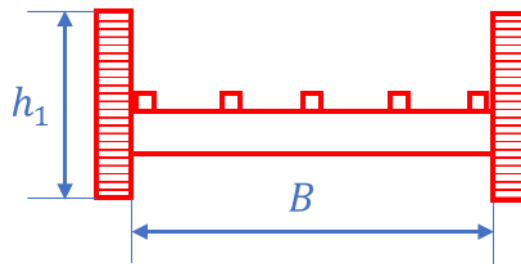


Ilustración 7.8 - Ejemplo esquemático de una pasarela de viga simple

Por otro lado, la estructura resistente principal necesitará elementos secundarios para un correcto funcionamiento, haciendo que las dos vigas se comporten de manera unísona para que las cargas se transmitan de la una a la otra, evitando así diferencias de cargas y tensiones.

Es importante destacar, que para este tipo estructural de viga simple se han diseñado los elementos para que sirvan de manera unísona para los dos modelos distintos, tanto el cubierto como el de sin cubrir.

### 7.2.1 ESTRUCTURA RESISTENTE PRINCIPAL

La estructura principal, que está formada por dos vigas simples, están biapoyadas a cada lado del cauce del río mediante un apoyo articulado y otro deslizante que serán colocados sobre los estribos de hormigón que se realizarán a cada lado del río.



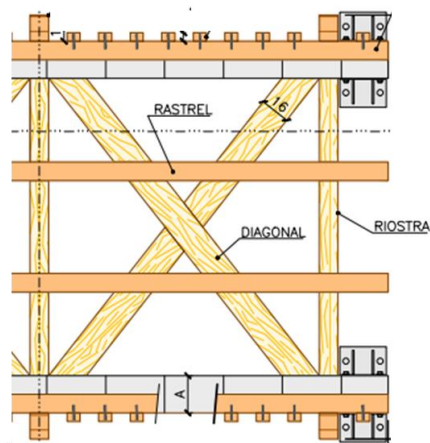
Ilustración 7.9 - Ejemplo de apoyo de viga simple sobre estribo, Artziniega

Sobre estas vigas de 20 metros de longitud recaerá todas las cargas definidas en el apartado 5.4.3 Acciones. Por lo tanto, estas deberán tener un canto suficiente para soportar esas cargas a lo largo de toda la luz. Como previamente se ha explicado, los cálculos estructurales se realizarán mediante el software CYPE 3D y se podrán encontrar los cálculos de dicho elemento en los anexos del trabajo.

La viga simple tendrá un canto de 1200 mm con una anchura de 240 mm, haciendo una sección resistente de 2880 cm<sup>2</sup>. Estas dimensiones serán iguales para cada modelo, pero como las cargas son distintas, los modelos tendrán diferentes cálculos (véase B.II.1 para el modelo sin cubierta y B.III.1 para el modelo con cubierta).

## 7.2.1 ELEMENTOS SECUNDARIOS

Además del elemento resistente principal, se utilizarán elementos secundarios, tales como las riostras y las diagonales, que servirán para arriostrar y evitar que la pasarela, bajo cargas en funcionamiento, pandee fuera de su plano, llevando a una situación estructural no recomendable ni considerada.



**Ilustración 7.10 - Elementos secundarios en el modelo de viga simple**

Las riostras son barras que se colocan perpendicularmente a las vigas simples para que estas trabajen conjuntamente. Además, son las encargadas de llevar las cargas que se crean sobre el entarimado a las vigas simples. En el caso práctico a analizar las riostras se colocan cada 2 metros y medio, haciendo que la distancia de pandeo sea reducida de 20 metros a tan solo 2,5 m.

Las riostras tienen una longitud de 2,5 metros que es la anchura real del entarimado de la pasarela. Las riostras tienen un canto de 300 mm por 160 mm de altura (B.II.2 y B.III.2).

Por otro lado, las diagonales se encargan de arriostrar todo el conjunto de las pasarelas, mediante una cruz de San Andrés. Estas son las encargadas de reconducir las cargas perpendiculares a la pasarela, trabajando únicamente a tracción o compresión, ya que no recae ninguna carga sobre estas diagonales. La distancia de las diagonales es de 3550 mm con un canto de 80 mm y una anchura de 160 mm (B.II.3 y B.III.3).

## 7.3 TIPO B: VIGA EN CELOSÍA

El segundo tipo estructural a analizar es la viga en celosía que tiene una función similar a la analizada anteriormente, aunque el aprovechamiento del material es mayor, ya que permite tener una viga en celosía de mayor canto y y, por lo tanto, con mejores prestaciones mecánicas utilizando menos material.

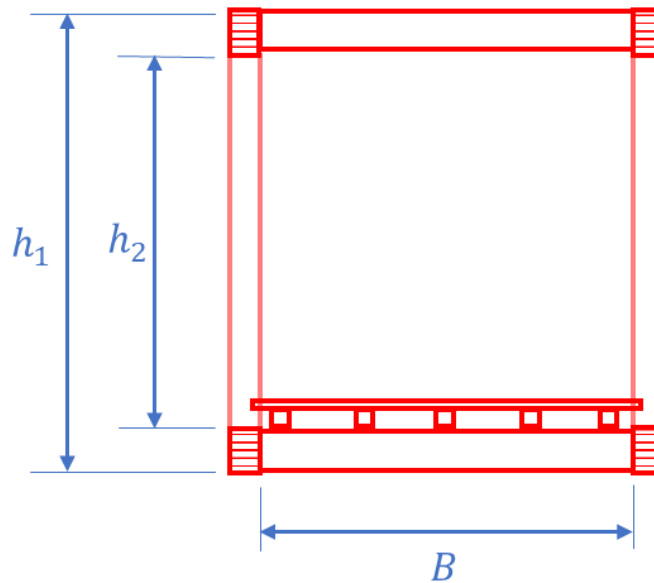
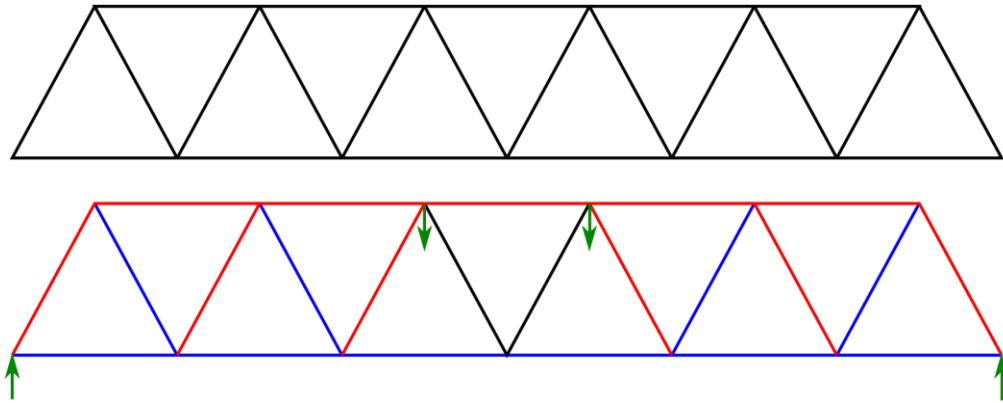


Ilustración 7.11 - Ejemplo esquemático de una pasarela en celosía

Al igual que en modelo anterior, este tipo de diseño estructural es idéntico para los dos modelos de pasarelas, tanto para el cubierto como para el de sin cubrir. Esto hará que en ocasiones un elemento en un modelo esté sobredimensionado y en otro sea más restrictivo, pero es una manera sencilla de evitar cálculos estructurales.

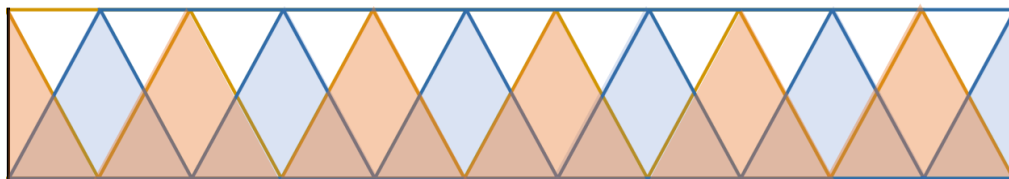
### 7.3.1 ESTRUCTURA RESISTENTE PRINCIPAL

Son varios los tipos de puentes o pasarelas realizados mediante distintos tipos de celosía y el análisis daría para otro trabajo de investigación, pero de todas ellas se ha escogido la celosía tipo Warren que tiene una buena relación de cargas distribuidas y aprovechamiento de material frente a las otras. Además, es una de las pasarelas más utilizadas en la historia de las celosías.



**Ilustración 7.12 - Esquema de una celosía Warren (rojo, comprimidas; y azul, traccionadas)**

Para evitar puntos de fallo último de la pasarela, se han desplazado las dos celosías para que trabajen de manera uniforme a lo largo de la pasarela, de esta manera, se consigue que algunas de las barras no tengan que soportar tensiones tan grandes en comparación con las otras y se reduce la sección del conjunto de barras.



**Ilustración 7.13 - Las dos celosías desplazadas una frente a la otra**

Además de las diagonales del interior de la celosía que son las encargadas de unir el cordón superior con el inferior para que trabajen simultáneamente y así conseguir una “viga” de canto mayor, también se colocarán unos pilares en los extremos de las celosías que unirán los dos cordones, superior e inferior, y darán una finalización a la pasarela.

Tanto el cordón superior como el inferior tienen una misma sección para evitar mayores cálculos y así hacer una pasarela más uniformizada. Esta sección de 600 cm<sup>2</sup> tiene un canto de 300 mm por 200 mm de ancho con una longitud total de 20 metros.

Las diagonales del interior de las celosías tienen también una anchura de 200 mm para respetar una misma anchura para cada celosía a lo largo de todo el puente. Sin embargo, estas barras soportan menos cargas que los cordones superiores e inferiores, y tienen un canto de 160 mm. Los pilares, sin embargo, tienen la misma sección que los cordones superiores e inferiores.

### 7.3.2 ELEMENTOS SECUNDARIOS

Como bien se ha explicado en el apartado anterior, los elementos secundarios sirven para anclar y arriostrar los elementos principales resistentes para que trabajen tal y como se han diseñado sin que sean afectados por cargas o situaciones no contempladas.



Por lo demás, el tablero está formado por las mismas secciones y dimensiones que el tipo estructural 1: viga simple, recién explicado. Los rastreles, riostras, entarimado y diagonales son idénticas al primer tipo estructural. La única diferencia es que, en este caso, las riostras se colocarán tanto en el cordón inferior como en el superior, realizando así una conexión total entre las dos celosías de tipo Warren.

## 8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este apartado se van a analizar los diferentes resultados obtenidos de los 4 diferentes modelos que se han analizado en este trabajo. Al finalizar se clarificará cuál de ellos es el que mejor encaja en el caso práctico de la senda peatonal de Artziniega.

Hay que clarificar que este estudio sirve para este caso práctico en concreto y que puede que en otras situaciones o ubicaciones el estado de estos resultados varíe, ya sea porque el tipo de madera, las acciones o las dimensiones son distintas.

Los modelos se compararán entre ellos atendiendo a distintos criterios como son el volumen de la madera, los kilogramos de CO<sub>2</sub> retenidos, el peso total de la estructura, la durabilidad, etc.

Para el análisis económico, se ha tenido en cuenta únicamente el precio de cada tipo de madera y su tratamiento, dejando fuera todo el análisis económico de las uniones, cimentaciones, transporte, personal, construcción, mantenimiento, seguridad y salud, etc. Esta decisión ha sido tomada porque el análisis económico total de una estructura es muy grande.

Para un análisis de los resultados más detallado, se puede dirigir a los anexos (ANEXO D: Análisis de los resultados), donde se encuentran todas las tablas de todos los modelos.

### 8.1 MODELO 1: VIGA SIMPLE SIN CUBIERTA

El primer modelo a analizar es la viga simple sin cubierta, que a priori es la más simple de diseñar y calcular. Estos son los diferentes elementos que se han utilizado para su diseño, la cantidad de cada uno y sus dimensiones principales:

Tabla 8.1 - Elementos del Modelo 1

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Entarimado	134	45	145	1498
Rastreles	40	120	120	2500
Diagonales	16	80	160	3550
Riostras	9	300	160	2500
Vigas Principales	2	1200	240	20000
<b>BARANDILLA:</b>				
- Pilastras	22	200	140	1750
- Pasamanos	20	150 $\phi$		2500
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360
<b>Total</b>	<b>403</b>			

Con estas dimensiones se puede calcular fácilmente el volumen total de madera utilizado para cada elemento y la superficie de contacto con el exterior para analizar el coste del tratamiento que se le debe ofrecer a cada elemento.

Tabla 8.2 - Volumen y superficie del tipo de madera del modelo 1

Nombre	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Superficie Total (m <sup>2</sup> )	Tipo de Madera	Tipo de Protección
Entarimado	1,31	78,03	C-18	4
Rastreles	1,44	49,15	GL-24h	3.2
Diagonales	0,73	27,67	GL-24h	3.2
Riostras	1,08	21,56	GL-24h	3.2
Vigas Principales	11,52	116,35	GL-24h	3.2
<b>BARANDILLA:</b>				
- Pilastras	1,08	27,41	GL-24h	3.2
- Pasamanos	0,88	94,95	C-18	4
- Balaustrada Longitudinal	3,02	183,81	C-18	3.2
<b>Total</b>	<b>21,06</b>	<b>598,94</b>		

Por último, se puede aclarar cuál será el precio de la madera teniendo en cuenta el tipo de madera y el tratamiento que se le quiere dar a su superficie. Para ello, se ha tenido en cuenta el “Generador de precios” de Cype que permite calcular el precio de cualquier medida de elementos constructivos.

Hacer hincapié que en estos precios tan solo se tiene en cuenta el precio de la madera a utilizar, quedando fuera el precio de las uniones o cimentaciones del modelo. También se ha añadido una columna indicando porcentaje del Estado Límite Último de cada elemento más desfavorable para analizar cómo de arriesgada es la sección de las barras propuesta en el diseño.

Tabla 8.3 - Precios y estado de los elementos del modelo 1

Nombre	Precio Unitario (€/m <sup>3</sup> )	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	756,43	990,75 €	
Rastreles	1051,02	1.513,47 €	81,6%
Diagonales	1051,02	764,13 €	90,3%
Riostras	1051,02	1.135,10 €	65,8%
Vigas Principales	1051,02	12.107,75 €	87,1%
<b>BARANDILLA:</b>		- €	
- Pilastras	1051,02	1.133,00 €	42,0%
- Pasamanos	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>Total</b>		<b>20.502,38 €</b>	<b>90%</b>

Una vez aclarados los resultados, estos son los temas más importantes a destacar de este modelo:

- Este modelo se caracteriza por tener el menor número de uniones, observable por el número de elementos totales que presenta ante los demás modelos. Esto equivale a un menor precio final, ya que, prácticamente todas las uniones se pueden realizar en fábrica y tan solo las uniones a las cimentaciones y el entarimado se tendrían que



resolver en obra. Por lo tanto, seguramente sea el modelo que menos inversión requiere para salvar la distancia sobre el río.

- Aunque parezcan una gran cantidad de elementos, la mayoría de ellos pertenecen a entarimados y barandillas, lo que hace que las uniones con más tensiones como son las riostras o diagonales sean mínimas.
- El ELU máximo aparece en las diagonales de las vigas simples al 90% de su capacidad en la barra y situación más desfavorable. Es algo que, a priori, no debería dar problemas ya que no es un elemento primordial en el soporte de cargas de la pasarela, pero sí en su estabilidad. En su mantenimiento se tiene que revisar que no haya fisuras en estos elementos, ya que probablemente sea el elemento donde puedan comenzar las primeras patologías.
- Respecto al transporte es una de las pasarelas más rápidas de colocación, ya que, al no requerir de cubierta se puede trasladar en un solo trayecto, habiendo hecho prácticamente todas las uniones antes del trayecto, asique podemos decir que es uno de los mejores modelos respecto a transporte.
- Probablemente, aunque sea uno de los modelos con menos inversión requerida, tendrá una durabilidad muy por debajo de las esperadas, ya que, aunque el tratamiento esté a la altura de las solicitudes, siempre será mejor tapar la pasarela mediante una cubierta aprovechando así la protección por diseño. La diferencia de tiempo de vida de la pasarela podría fácilmente pasar de los 50 años estipulada sobre cálculo a los 20-30 años.

## 8.2 MODELO 2: VIGA SIMPLE CON CUBIERTA

El segundo modelo a analizar es la viga simple con cubierta, que a priori es el tipo estructural más simple, pero tiene una cubierta para aumentar su protección. Estos son los diferentes elementos que se han utilizado para su diseño, la cantidad de cada uno y sus dimensiones principales:

Tabla 8.4 - Elementos del Modelo 2

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Entarimado	134	45	145	1498
Rastreles	40	120	120	2500
Diagonales	16	80	160	3550
Riostras	9	300	160	2500
Vigas Principales	2	1200	240	20000
<b>BARANDILLA:</b>				
- Pasamanos	20	150 $\phi$		2500
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360
<b>CUBIERTA:</b>				
- Pilares	10	200	140	3000
- Tirantes	5	100	80	2980
- Pares	46	100	80	2600
- Pendolones	5	60	60	500
- Viga Longitudinal	2	200	140	22000
<b>Total</b>	<b>449</b>			

Con estas dimensiones se puede calcular fácilmente el volumen total de madera utilizado para cada elemento y la superficie de contacto con el exterior para analizar el coste del tratamiento que se le debe ofrecer a cada elemento.

Tabla 8.5 - Volumen y superficie del tipo de madera del modelo 2

Nombre	Volumen Total (m³)	Superficie Total (m²)	Tipo de Madera	Tipo de Protección
Entarimado	1,31	78,03	C-18	4
Rastreles	1,44	49,15	GL-24h	3.1
Diagonales	0,73	27,67	GL-24h	3.1
Riostras	1,08	21,56	GL-24h	3.1
Vigas Principales	11,52	116,35	GL-24h	3.1
<b>BARANDILLA:</b>				
- Pasamanos	0,88	94,95	C-18	4
- Balaustrada Longitudinal	3,02	183,81	C-18	3.2
<b>CUBIERTA:</b>				
- Pilares	0,84	20,96	GL-24h	3.2



- Tirantes	0,12	5,44	C-18	3.1
- Pares	0,96	43,79	C-18	3.1
- Pendolones	0,01	0,64	C-18	3.1
- Viga Longitudinal	1,23	30,03	C-18	3.1
<b>Total</b>	<b>23,14</b>	<b>672,40</b>		

Por último, se puede aclarar cuál será el precio de la madera teniendo en cuenta el tipo de madera y el tratamiento que se le quiere dar a su superficie, teniendo en cuenta el “Generador de precios” de Cype anteriormente mencionado.

Hacer hincapié de nuevo que en estos precios tan solo se tiene en cuenta el precio de la madera a utilizar, quedando fuera el precio de las uniones o cimentaciones del modelo. También se ha añadido una columna indicando porcentaje del Estado Límite Último de cada elemento más desfavorable para analizar cómo de arriesgada es la sección de las barras propuesta en el diseño.

Tabla 8.6 - Precios y estado de los elementos del modelo 2

Nombre	Precio Unitario (€/m³)	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	756,43	990,75 €	
Rastreles	987,98	1.422,69 €	81,6%
Diagonales	987,98	718,30 €	93,8%
Riostras	987,98	1.067,02 €	66,8%
Vigas Principales	987,98	11.381,53 €	96,3%
<b>BARANDILLA:</b>			
- Pasamanos	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>CUBIERTA:</b>			
- Pilares	1051,02	882,86 €	74,0%
- Tirantes	661,88	78,90 €	36,3%
- Pares	661,88	633,29 €	67,7%
- Pendolones	661,88	5,96 €	2,0%
- Viga Longitudinal	661,88	815,44 €	84,4%
<b>Total</b>		<b>20.854,90 €</b>	<b>96%</b>

Una vez aclarados los resultados, estos son los temas más importantes a destacar de este modelo:

- Este modelo se caracteriza, al igual que el anterior, por tener un número de uniones muy bajo respecto a los elementos de la estructura resistente principal. Aun así, al tener una cubierta presenta muchas más uniones que, aunque no sean igual de exigentes en lo que a fuerzas se refieren, hace que el precio de la pasarela aumente frente a la del modelo 1.
- Quizá el peor criterio a analizar en este modelo es su alto ELU ya que es el máximo de todos los modelos, un 96%. Además, el estado límite último máximo, es decir, dónde primero surgiría una rotura de los elementos, es en las vigas principales que es el elemento resistente principal de la estructura, algo nunca recomendable y menos en una pasarela. Un fallo en este elemento produciría un colapso general de la estructura, echando abajo todo el puente.

- Respecto al transporte es una de las pasarelas que se puede transportar rápidamente, pero es necesario su trabajo en obra sobre todo por la cubierta. La cubierta, debe ser un módulo aparte, ya que requeriría un transporte especial por su anchura o, otra opción, es realizar la unión de todos los elementos de la cubierta en obra, que no se requiere de transporte especial, pero si de un mayor número de constructores o de tiempo.
- Este modelo tendrá una duración mucho más extensa que la anterior, ya que la cubierta hace que todos los elementos que estén bajo él sean protegidos. Esta protección por diseño hará que la estructura llegue a tener una vida útil mayor haciendo que la inversión y el gasto en mantenimiento sea reducido en consideración con el modelo anterior.
- Respecto al precio, resulta que es el modelo más caro de los 4, ya que es el modelo que más madera utiliza. Sin embargo, no se queda lejos del modelo 1 que, a pesar de tener menor cantidad de madera, el hecho de tener que proteger con un mayor tratamiento encarece su uso.

### 8.3 MODELO 3: CELOSÍA SIN CUBIERTA

El tercer modelo a analizar es la celosía sin cubierta, que es un diseño que requiere más atención respecto al cálculo y diseño que los dos modelos anteriores. Estos son los diferentes elementos que se han utilizado para su diseño, la cantidad de cada uno y sus dimensiones principales:

Tabla 8.7 - Elementos del Modelo 3

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Entarimado	134	45	145	1498
Rastreles	40	120	120	2500
Diagonales	16	120	160	3500
Riostras Superiores	9	260	180	2500
Riostras Inferiores	9	260	180	2500
Celosía Cordón Superior	2	300	200	20000
Celosía Cordón Inferior	2	300	200	20000
Celosía Diagonales	16	160	200	3500
Celosía Pilares	4	300	200	2500
<b>BARANDILLA</b>				
- Pilastras	22	200	140	1750
- Pasamanos	20	150	φ	2500
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360
<b>Total</b>	<b>434</b>			

Con estas dimensiones se puede calcular fácilmente el volumen total de madera utilizado para cada elemento y la superficie de contacto con el exterior para analizar el coste del tratamiento que se le debe ofrecer a cada elemento.

Tabla 8.8 - Volumen y superficie del tipo de madera del modelo 3

Nombre	Volumen Total (m³)	Superficie Total (m²)	Tipo de Madera	Tipo de Protección
Entarimado	1,31	78,03	C-18	4
Rastreles	1,44	49,15	GL-24h	3.2
Diagonales	1,08	31,97	GL-24h	3.2
Riostras Superiores	1,05	20,64	GL-24h	3.2
Riostras Inferiores	1,05	20,64	GL-24h	3.2
Celosía Cordón Superior	2,40	40,24	GL-24h	3.2
Celosía Cordón Inferior	2,40	40,24	GL-24h	3.2
Celosía Diagonales	1,79	41,34	GL-24h	3.2
Celosía Pilares	0,60	10,48	GL-24h	3.2
<b>BARANDILLA</b>				
- Pilastras	1,08	27,41	GL-24h	3.2
- Pasamanos	0,88	94,95	C-18	4

- Balaustrada Longitudinal	3,02	183,81	C-18	3.2
<b>Total</b>	<b>18,11</b>	<b>638,92</b>		

Por último, se puede aclarar cuál será el precio de la madera teniendo en cuenta el tipo de madera y el tratamiento que se le quiere dar a su superficie. Para ello, se ha tenido en cuenta el "Generador de precios" de Cype que permite calcular el precio de cualquier medida de elementos constructivos.

Hacer hincapié que en estos precios tan solo se tiene en cuenta el precio de la madera a utilizar, quedando fuera el precio de las uniones o cimentaciones del modelo. También se ha añadido una columna indicando porcentaje del Estado Límite Último de cada elemento más desfavorable para analizar cómo de arriesgada es la sección de las barras propuesta en el diseño.

Tabla 8.9 - Precios y estado de los elementos del modelo 3

Nombre	Precio Unitario (€/m³)	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	756,43	990,75 €	
Rastreles	1051,02	1.513,47 €	81,6%
Diagonales	1051,02	1.130,06 €	88,7%
Riostras Superiores	1051,02	1.106,72 €	79,5%
Riostras Inferiores	1051,02	1.106,72 €	86,7%
Celosía Cordón Superior	1051,02	2.522,45 €	69,3%
Celosía Cordón Inferior	1051,02	2.522,45 €	63,7%
Celosía Diagonales	1051,02	1.883,43 €	82,7%
Celosía Pilares	1051,02	630,61 €	86,3%
<b>BARANDILLA</b>			
- Pilastras	1051,02	1.133,00 €	42,0%
- Pasamanos	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>Total</b>		<b>17.397,83 €</b>	<b>89%</b>

Una vez aclarados los resultados, estos son los temas más importantes a destacar de este modelo:

- Este modelo utiliza un tipo estructural diferente a los dos mencionados anteriormente, y cómo se puede observar necesita una menor cantidad de madera para salvar la distancia de la pasarela. Aun así, este tipo estructural tiene un mayor número de elementos totales en comparación con los modelos ya analizados. Esto equivale a un mayor precio final, ya que, el incremento del número de estos elementos son de una estructura resistente principal que conlleva a una fuerzas y tensiones más grandes y, por lo tanto, requiere de unas uniones más complejas y caras.
- Estas uniones que se mencionan serán de acero que en estos tipos estructurales se llevan gran parte del presupuesto, al ser bastante más caro que la madera (en relación a su volumen). Por lo tanto, aunque a priori sea el modelo con menos presupuesto necesario, se tendría que evaluar la cantidad de acero necesario para cada unión para hacer un análisis más realista.
- El ELU máximo aparece en las diagonales que unen las dos celosías con un 89% de su capacidad en la barra y situación más desfavorable. Es algo que, a priori, no debería dar

problemas ya que no es un elemento primordial en el soporte de cargas de la pasarela, pero podría llegar a serlo en su estabilidad. Es el modelo que tiene un ELU menor, por lo que sería el que mejor aguantaría las acciones que recaen sobre él.

- Respecto al transporte este tipo estructural requiere de transporte especial si se quiere llevar en un solo trayecto. Esto hace que se encarezca el precio total de la construcción de la pasarela. Otra opción es transportarlo mediante módulos y realizar las uniones pertinentes en obra. Requiere de más tiempo y constructores, pero el transporte sería más sencillo.
- Este modelo es uno de los que más presupuesto necesitaría, ya que la cantidad y dimensiones de las uniones haría encarecer el precio de la pasarela. Además, toda esa inversión no sería muy rentable, ya que el puente tendrá una durabilidad muy por debajo de las esperadas, por prescindir de la protección por diseño mediante una cubierta.
- Respecto al precio, resulta que es el modelo más barato de los 4, ya que es el modelo que menos madera utiliza. Sin embargo, no se queda lejos del modelo 4 que, a pesar de tener mayor cantidad de madera, el precio final no es tan elevado por prescindir de tratamientos químicos.

## 8.4 MODELO 4: CELOSÍA CON CUBIERTA

El tercer modelo a analizar es la celosía con cubierta, que es el modelo que requiere más atención respecto al cálculo y diseño. Estos son los diferentes elementos que se han utilizado para su diseño, la cantidad de cada uno y sus dimensiones principales:

Tabla 8.10 - Elementos del Modelo 4

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Entarimado	134	45	145	1498
Rastreles	40	120	120	2500
Diagonales	16	120	160	3500
Riostras Superiores	9	260	180	2500
Riostras Inferiores	9	260	180	2500
Celosía Cordón Superior	2	300	200	20000
Celosía Cordón Inferior	2	300	200	20000
Celosía Diagonales	16	160	200	3500
Celosía Pilares	4	300	200	2500
<b>BARANDILLA</b>				
- Pilastras	22	200	140	1750
- Pasamanos	20	150	φ	2500
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360
<b>CUBIERTA:</b>				
- Tirantes	5	100	80	2980
- Pares	46	100	80	2600
- Pendolones	5	60	60	500
<b>TOTAL</b>	<b>490</b>			

Con estas dimensiones se puede calcular fácilmente el volumen total de madera utilizado para cada elemento y la superficie de contacto con el exterior para analizar el coste del tratamiento que se le debe ofrecer a cada elemento.

Tabla 8.11 - Volumen y superficie del tipo de madera del modelo 4

Nombre	Volumen Total (m³)	Superficie Total (m²)	Tipo de Madera	Tipo de Protección
Entarimado	1,31	78,03	C-18	4
Rastreles	1,44	49,15	GL-24h	3.1
Diagonales	1,08	31,97	GL-24h	3.1
Riostras Superiores	1,05	20,64	GL-24h	3.1
Riostras Inferiores	1,05	20,64	GL-24h	3.1
Celosía Cordón Superior	2,40	40,24	GL-24h	3.1
Celosía Cordón Inferior	2,40	40,24	GL-24h	3.2
Celosía Diagonales	1,79	41,34	GL-24h	3.2





<b>Celosía Pilares</b>	0,60	10,48	GL-24h	3.2
<b>BARANDILLA</b>				
- Pilastras	1,08	27,41	GL-24h	3.2
- Pasamanos	0,88	94,95	C-18	4
- Balaustrada Longitudinal	3,02	183,81	C-18	3.2
<b>CUBIERTA:</b>				
- Tirantes	0,12	5,44	GL-24h	3.1
- Pares	0,96	43,79	C-18	3.1
- Pendolones	0,01	0,64	C-18	3.1
<b>TOTAL</b>	<b>19,19</b>	<b>688,79</b>		

Por último, se puede aclarar cuál será el precio de la madera teniendo en cuenta el tipo de madera y el tratamiento que se le quiere dar a su superficie. Para ello, se ha tenido en cuenta el "Generador de precios" de Cype que permite calcular el precio de cualquier medida de elementos constructivos.

Hacer hincapié que en estos precios tan solo se tiene en cuenta el precio de la madera a utilizar, quedando fuera el precio de las uniones o cimentaciones del modelo. También se ha añadido una columna indicando porcentaje del Estado Límite Último de cada elemento más desfavorable para analizar cómo de arriesgada es la sección de las barras propuesta en el diseño.

Tabla 8.12 - Precios y estado de los elementos del modelo 4

Nombre	Precio Unitario (€/m³)	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	756,43	990,75 €	
Rastreles	987,98	1.422,69 €	81,6%
Diagonales	987,98	1.062,28 €	90,4%
Riostras Superiores	987,98	1.040,34 €	86,9%
Riostras Inferiores	987,98	1.040,34 €	91,5%
Celosía Cordón Superior	987,98	2.371,15 €	79,6%
Celosía Cordón Inferior	1051,02	2.522,45 €	63,7%
Celosía Diagonales	1051,02	1.883,43 €	93,3%
Celosía Pilares	1051,02	630,61 €	93,0%
<b>BARANDILLA</b>			
- Pilastras	1051,02	1.133,00 €	42,0%
- Pasamanos	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>CUBIERTA:</b>			
- Tirantes	987,98	117,77 €	36,3%
- Pares	661,88	633,29 €	67,7%
- Pendolones	661,88	5,96 €	2,0%
<b>TOTAL</b>		<b>17.712,23 €</b>	<b>93%</b>

Una vez aclarados los resultados, estos son los temas más importantes a destacar de este modelo:

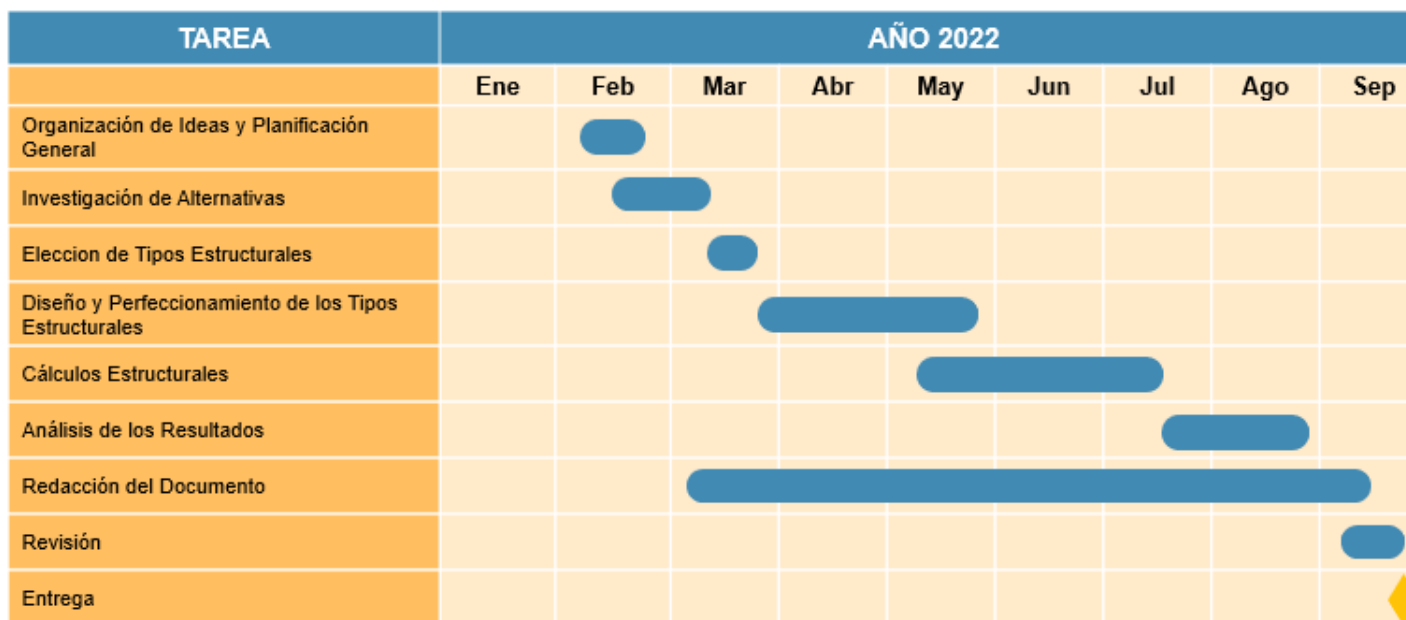
- Este modelo utiliza un tipo estructural idéntico al modelo anterior, pero con el añadido de una cubierta con techumbre. Cómo se puede observar necesita una mayor cantidad de madera que el anterior modelo, pero está bastante alejado de los dos primeros modelos dónde se utiliza el tipo estructural de viga simple.
- Respecto a las uniones, este modelo es el que más elementos presenta a lo largo de toda la pasarela, ya que, a parte de ser una celosía tiene una cubierta que protege toda la pasarela. De esta manera, aunque el precio sea muy competitivo respecto a la madera, sería el más exigente en el tema de uniones de acero, ya que sería el modelo que más peso e inversión de uniones tendría.
- El ELU máximo, en este caso, aparece en las diagonales y pilares del interior de las celosías, es decir, en el interior de la estructura resistente principal. El valor de 93% aunque no sea el más elevado, el hecho de que sea en elementos importantes hace que su riesgo aumente. Sin embargo, los cordones superiores e inferiores tienen todavía mucho margen resistente, así pues, una mayor sección de los pilares y diagonales de la celosía solucionarían la diferencia de cargas entre los dos cordones de las celosías.
- Respecto al transporte este tipo estructural requiere de transporte especial si se quiere llevar en un solo trayecto, aunque no es lo más recomendable. Otra opción mucho más rentable es transportarlo mediante módulos y realizar las uniones pertinentes en obra. Requiere de más tiempo y constructores, pero el transporte sería más sencillo.
- Este modelo es el modelo que más presupuesto necesitaría, ya que la cantidad y dimensiones de las uniones es la mayor de todos los modelos. Esto hace encarecer el precio de la pasarela considerablemente, aunque, toda esa inversión sería más rentable, ya que el puente tendrá una durabilidad mayor, por la utilización de la protección por diseño mediante una cubierta.
- Respecto al precio, aunque no sea el modelo más barato, no queda lejos del modelo 3, ya que, aunque utilice más madera, al utilizar la cubierta cómo modo de protección abarata el precio de los tratamientos químicos necesarios para la madera. Así pues, la diferencia de precio de la madera no es tan elevada cómo uno se podría imaginar.

## 9 PLAN DE PROYECTO Y PLANIFICACIÓN

La tabla que se muestra a continuación (Tabla 9.1) expone la cronología de tareas que se ha seguido en la elaboración de este Trabajo de Fin de Máster durante los meses de enero a septiembre del año 2022.

Sin lugar a duda, la tarea que más esfuerzo y tiempo ha requerido ha sido la redacción y composición de este documento. El resto de tareas que figuran en la tabla, pese a demandar menos tiempo, son igual de importantes para la correcta elaboración del trabajo (i.e. organización de ideas, investigación, selección, revisión, etc.).

Tabla 9.1 - Diagrama de Gantt del TFM



## 10 CONCLUSIONES

---

En conclusión, los resultados se posicionan en favor de la techumbre, independientemente de si esta cubre una estructura de viga simple o una celosía. Al insertar una cubierta se asume un gasto de madera superior, tanto monetario como cuantitativo. No obstante, mediante los resultados obtenidos, está demostrado que, al eliminar la cubierta, la inversión económica realizada para esa madera extra recae en tratamientos químicos para la conservación de la madera ante la necesidad de aumentar su tratamiento protector. Es decir, invertir en madera supone evitar el uso de químicos, lo que contribuye al medio ambiente y a la sostenibilidad de la estructura.

El hecho de que se invierta más en el uso de la madera que en químicos hace que pase de contaminarse el entorno a usar reservas naturales de carbono dióxido. De hecho, según el *European Panel Federation*, gracias a la fotosíntesis, los árboles de un bosque pueden atrapar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y almacenarlas en forma de madera. En cada metro cúbico de madera, hay atrapadas alrededor de unas 0,9 t de CO<sub>2</sub>. En la mayoría de los casos, la energía necesaria para la transformación y el transporte de la madera es menor que la energía almacenada mediante la fotosíntesis en la propia madera.

Por otra parte, una mayor disgregación de los elementos, como es el caso de la celosía, hace que se requieran menos kilogramos de madera, pero se necesita un mayor número de uniones, es decir, más kilogramos de acero que en la viga simple. Evidentemente, es preferible invertir en madera dada su sostenibilidad, y no en acero, por las razones opuestas. Al fin y al cabo, al producir acero se libera CO<sub>2</sub> al planeta y, sin embargo, al utilizar madera se retiene CO<sub>2</sub>.

En definitiva, este trabajo plantea una conclusión con dos principales, las cuales giran en torno a la amortización de la estructura (*payback*). La primera opción sería la de crear una viga simple sin cubierta, que requiere una inversión monetaria menor, pero pecando de durabilidad. La segunda opción, sería la de crear una celosía con cubierta, que *a priori* requiere una mayor inversión económica, pero garantiza una mayor durabilidad. Básicamente, y de acuerdo con la amortización y rentabilidad es mejor en la segunda opción, ya que, aunque se invierta más dinero, a la larga sale más rentable porque está dispuesta para tener una vida útil superior. Además, este gasto extra también se vería reflejado en una menor inversión en mantenimiento, o en rehacer la pasarela, si procediera.

No se debe terminar este trabajo sin antes mencionar que las ideas proyectadas en estas páginas no son sino un punto de partida por desarrollar, con las carencias que eso conlleva, si en algún punto se quisiera llevar a cabo el proyecto. Por ejemplo, el trabajo carece de un estudio monetario y cuantitativo de las uniones necesarias para edificar los distintos tipos estructurales, ya que está principalmente centrado en el uso y análisis de la madera. Aspectos como estos deben tenerse en cuenta a la hora de realizar el proyecto, si alguna vez se ejecutara. Como se ha dicho, se trata de una aproximación al proyecto, una propuesta construida sobre una idea existente; pero bajo ningún concepto es una planificación detallada.

## 11 BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

---

- Arriaga, F. (1996). *Estructuras de Madera, diseño y calculo*. Madrid, España: AITIM.
- Arriaga-Martitegui, F. (1999). *Pasarelas de madera laminada encolada*. Madrid, España.
- Bancalari Cornejo, A. (2004). *Protección por diseño en puentes de madera* (Tesis de Grado, Universidad del Bío-Bío).
- Baño, V. (2019). *Puentes de Madera*. Media Madera, Ingenieros Consultores, S.L.
- Committee on History and Heritage of American Civil Engineering. (1976). *American Wooden Bridges*. New York: American Society of Civil Engineers.
- Fonseca, G. M. (2000). Pasarela peatonal sobre el río Cidacos. La Rioja. *Boletín de información técnica de AITIM*, (203), 20.
- Grupo Tragsa. (2010). *Proyecto de Ejecución de Pasarela Peatonal de Madera en la Marjal de Gandía (Valencia): Anejo de Cálculo de Módulos de Pasarela*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Henriksen, K. (1997). *Guidelines for wood protection by design and chemical wood protection of timber bridges*. Nordic Timber Council.
- Holm, L. (1997). *Prefabricated foundation for pedestrian timber bridges*. Estocolmo, Suecia: Nordic Timber Bridge Project.
- López, A. M. (2021). Artziniegako Kirol Instalazioen Birmoldaketa (Trabajo de Fin de Grado, Universidad del País Vasco).
- Menéndez de la Vega & Y Pardo, R. (1993). Un puente peatonal de madera laminada. *AITIM* (166), 75-81. Madrid, España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). *Manual de Aspectos Constructivos de Caminos Naturales*. Caminos Naturales.
- Parada, F. R. (2010). Razón y Ser de las Pasarelas de Madera Cubiertas. *Boletín de información técnica de AITIM*, (265), 26.
- Ritter, M. A. (1990). *Timber bridges: Design, construction, inspection, and maintenance*. US Department of Agriculture, Forest Service, Engineering Staff.
- Rodríguez Nevado, M. A. (1999). Diseño estructural en madera Una aproximación en imágenes al estado del arte europeo a finales del siglo XX. *AITIM*. Madrid, España.
- Roig, J. (1996). *Nuevos puentes*. Madrid, España: Editorial Gustavo Gili.

Sánchez, F. P. (2001). Protección preventiva de la madera. *AITIM*. Madrid, España.

Savolainen, A., Rautakorpi, H., & Jutila, A. (1999). *Example Drawings for Timber Bridges Arch Bridges for Pedestrian Traffic*. Estocolmo, Suecia: Nordic Timber Bridge Project.

Schawaner, K. (2004). *Puentes de madera*. Madrid, España: Artes Gráficas Palermo S.L.

Thelandersson, S., & Larsen, H. J. (2003). *Timber engineering*. Centrum Hout, Holanda: John Wiley & Sons.

## ANEXO A: NORMATIVA APLICABLE

A continuación, se muestran las diferentes normativas vigentes aplicable al cálculo de pasarelas que se han tenido en cuenta a lo largo de todo el trabajo:

### A.1.1 ACCIONES

- Norma IAP-11. Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera. En ella, se contemplan las acciones para pasarelas peatonales, ciclistas, etc.
- Según Orden Circular 1/2019 del Ministerio de Fomento, sobre la aplicación de los Eurocódigos a los proyectos de carreteras, cuando la pasarela esté sobre una carretera, se utilizarán exclusivamente las Normas UNE vigentes, que son todos los Eurocódigos que puedan afectar a los cálculos.
- Eurocódigo 1. Acciones en estructuras.
- Norma de Construcción Sismorresistente. Puentes (NCSP-07), para las acciones sísmicas.
- Código Técnico de la Edificación. CTE. Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación.

### A.1.2 PASARELAS DE MADERA

- Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
- Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes.
- Código Técnico de la Edificación. CTE. Documento Básico SE-M Seguridad Estructural. Madera.

### A.1.3 CIMENTACIONES

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), para estructuras de hormigón armado en general.
- Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera. Ministerio de Fomento, 2009.
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Ministerio de Fomento, 2005.
- Código Técnico de la Edificación. CTE. Documento Básico SE-C. Seguridad Estructural. Cimentación.
- Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructiva.

## ANEXO B: CÁLCULOS

### B.I DISEÑOS GENERALES

#### B.I.1 RASTRELES

Barra N1/N2

Perfil: S-120x120 Material: Madera (C18)									
Nudos	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> )		
N1	N2		2.500	144.00	1728.00	1728.00	2903.04		
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme									
		Pandeo		Pandeo lateral					
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.	
β		1.00		1.00		0.00		0.00	
L <sub>k</sub>		2.500		2.500		0.000		0.000	
C <sub>1</sub>						1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	N <sub>1,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>1,0,d</sub>	M <sub>2,d</sub>	V <sub>1,0,d</sub>	V <sub>2,d</sub>	M <sub>1,0,d</sub>	M <sub>1,0,d</sub> M <sub>2,d</sub>	N <sub>1,0,d</sub> M <sub>1,0,d</sub> M <sub>2,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>1,0,d</sub> M <sub>2,d</sub>	M <sub>1,0,d</sub> V <sub>1,0,d</sub> V <sub>2,d</sub>	
N1/N2	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 81.6	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 48.5	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 81.6
Notación: N <sub>1,0,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>1,0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>2,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>1,0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>2,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>1,0,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>1,0,d</sub> M <sub>2,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>1,0,d</sub> M <sub>1,0,d</sub> M <sub>2,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>1,0,d</sub> M <sub>2,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>1,0,d</sub> V <sub>1,0,d</sub> V <sub>2,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (6) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. (7) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. (8) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas. (9) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												





**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:

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

$\eta$  : 0.816 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+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 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

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

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 84.29 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 0.000 t·m

$M_{y,d}^-$  : 0.243 t·m

$W_{el,y}$  : 288.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}^+$  : 73.79 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,y,d}^-$  : 103.31 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}^+$  : 0.50

$k_{mod}^-$  : 0.70

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

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

**Clase** : 3

$f_{m,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.05

$h$  : 120.00 mm

$\gamma_M$  : 1.30

Producido por una versión educativa de CYPE


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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.485} \quad \checkmark$$

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

Donde:

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

$$\tau_{v,d} : \underline{9.06} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.583} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{144.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$f_{v,d} : \underline{18.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

IIVA de CYPE

## B.1.2 CUBIERTA

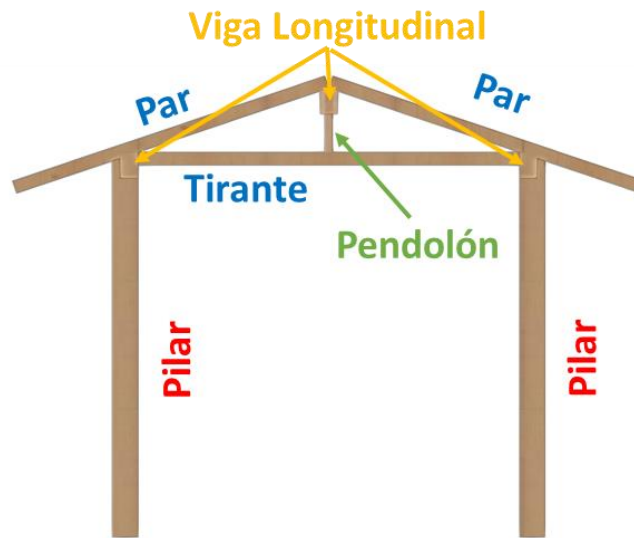


Ilustración Anexos 1 – Elementos de la cubierta



I.B.2.1 Pilar

Barra N65/N66

Perfil: GL-200x140		Material: Madera (C18)		Características mecánicas			
Nudos		Longitud (m)	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final						
N65	N66	3.000	280.00	9333.33	4573.33	10364.48	
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		2.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>x</sub>		6.000	3.000	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>x</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>c,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>y,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N65/N66	x: 3 m η = 5.0	x: 0 m η = 40.7	x: 3 m η = 2.4	x: 3 m η = 32.6	η = 4.4	η = 0.4	η = 0.6	x: 3 m η = 34.2	x: 3 m η = 21.3	x: 3 m η = 74.0	η = 4.8	<b>CUMPLE</b> η = <b>74.0</b>
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>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>c,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>y,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

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

debe satisfacer:

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

η : **0.050** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Carga Muerta+1.5·Viento Arriba.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: σ<sub>t,0,d</sub> : 3.92 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> : 1.097 t

A: Área de la sección transversal

A : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

f<sub>t,0,d</sub> : 77.63 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

k<sub>mod</sub> : 0.90

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

k<sub>h</sub> : 1.00

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

$$k_h = 1.0$$

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

f<sub>t,0,k</sub> : 112.13 kp/cm<sup>2</sup>

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

γ<sub>M</sub> : 1.30



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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

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

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

$$\eta : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

$$\eta : \underline{0.407} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{7.15} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

$$N_{c,0,d} : \underline{2.001} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{c,0,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

$$\chi_{c,y} : \underline{0.76}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.14}$$

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

Donde:

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

$$k_y : \underline{0.97}$$

$$k_z : \underline{4.08}$$

Donde:

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

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

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

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.91}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{2.59}$$

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

Donde:

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

$$E_{0,k} : \underline{61162.08} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{51.96}$$

$$\lambda_z : \underline{148.46}$$

C



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

Donde:

 $L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

 $i$ : Radio de giro

$L_{k,y} : \underline{3000.00} \text{ mm}$

$L_{k,z} : \underline{6000.00} \text{ mm}$

$i_y : \underline{57.74} \text{ mm}$

$i_z : \underline{40.41} \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones

 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(1)$ .

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

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**
 $\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

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

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 superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

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

$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{3.07} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{2.01} \text{ kp/cm}^2$

$M_{y,d}^+ : \underline{0.029} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{y,d}^- : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$

$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$

$f_{m,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$

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

$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$

$\text{Clase} : \underline{2}$

$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$

$k_h : \underline{1.00}$

$\gamma_M : \underline{1.30}$



**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:

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

$\eta$  : 0.326 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

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

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

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

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 22.31 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}^-$  : 41.94 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.146 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.274 t·m

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

$W_{el,z}$  : 653.33 cm<sup>3</sup>

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

$f_{m,z,d}$  : 128.79 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

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

$f_{m,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.01

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

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

Donde:

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

$h$  : 140.00 mm

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

$\gamma_M$  : 1.30

Producido por una versión educativa de TYPE



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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$$\tau_{v,d} : \underline{1.06} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.133} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

iva de CYPE

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

debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$$\tau_{z,d} : \underline{0.10} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.012} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

iva de CYPE





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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(2).

Donde:

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

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

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.001 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 916.16 cm<sup>3</sup>

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

$k_{forma}$  : 1.21

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

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 200.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 140.00 mm

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

$f_{v,d}$  : 23.99 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.90

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

$f_{v,k}$  : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_M$  : 1.30

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$\eta$  : 0.252 ✓

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

$\eta$  : 0.342 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 3.04 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 41.94 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 0.028 t·m

$M_{z,d}$  : 0.274 t·m

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

$W_{el,y}$  : 933.33 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 653.33 cm<sup>3</sup>

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

$f_{m,y,d}$  : 127.03 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}$  : 128.79 kp/cm<sup>2</sup>

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

educativa de CYPE



educativo de CYPE

Donde:

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

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

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

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

$k_{tr}$ : 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

$$\begin{aligned} k_{mod} &: \underline{0.90} \\ f_{m,k} &: \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2 \\ k_{b,y} &: \underline{1.00} \\ k_{b,z} &: \underline{1.01} \\ \gamma_M &: \underline{1.30} \\ k_{tr} &: \underline{0.70} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

$$\eta : \underline{0.156} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.213} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Carga Muerta+1.5·Viento Arriba.

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:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{3.92} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Donde:

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

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

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

$$k_b = 1.0$$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} N_{t,0,d} &: \underline{1.097} \text{ t} \\ A &: \underline{280.00} \text{ cm}^2 \\ \sigma_{m,y,d} &: \underline{-1.97} \text{ kp/cm}^2 \\ \sigma_{m,z,d} &: \underline{22.31} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y,d} &: \underline{-0.018} \text{ t}\cdot\text{m} \\ M_{z,d} &: \underline{0.146} \text{ t}\cdot\text{m} \\ W_{el,y} &: \underline{933.33} \text{ cm}^3 \\ W_{el,z} &: \underline{653.33} \text{ cm}^3 \\ f_{t,0,d} &: \underline{77.63} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{mod} &: \underline{0.90} \\ k_b &: \underline{1.00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{t,0,k} &: \underline{112.13} \text{ kp/cm}^2 \\ \gamma_M &: \underline{1.30} \\ f_{m,y,d} &: \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2 \\ f_{m,z,d} &: \underline{128.79} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$



Producido por una versión g

Donde:

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

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

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_{h,z} : \underline{1.01}$$

Eje y:

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

$$k_h = 1.0$$

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

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N66, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(1).$$

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

$$\eta : \underline{0.255} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.345} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

$$\eta : \underline{0.325} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.740} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

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

Donde:

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

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

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{6.99} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

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

$A$ : Área de la sección transversal

$$N_{c,0,d} : \underline{1.958} \text{ t}$$

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{3.04} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{41.94} \text{ kp/cm}^2$$

ducido por una versión g



Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.028} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.274} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{653.33} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{c,0,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$f_{m,y,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{128.79} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$$k_{h,z} : \underline{1.01}$$

Eje y:

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

$$k_h = 1.0$$

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

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

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.76}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.14}$$



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.048 ✓

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

$\eta$  : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(2).

Donde:

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

$\tau_{v,d}$  : 1.06 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{z,d}$  : 0.09 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 0.133 t

$V_{z,d}$  : 0.011 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

$k_{cr}$  : 0.67

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

$\tau_{tor,y,d}$  : 0.11 kp/cm<sup>2</sup>

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

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.001 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$  : 1308.80 cm<sup>3</sup>

$W_{tor,z}$  : 916.16 cm<sup>3</sup>

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

$k_{forma}$  : 1.21

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

$f_{v,d}$  : 23.99 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.90

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

$f_{v,k}$  : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_M$  : 1.30

Producido por una versión educativa de CYPE



I.B.2.2 Par

Barra N44/N40

Perfil: S-100x80		Material: Madera (C18)		Características mecánicas				
Nudos		Longitud (m)	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>p</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )		
Inicial	Final							
N44	N40	1.000	80.00	666.67	426.67	875.52		
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme								
		Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
		β	1.00	1.00	0.00	0.00		
		L <sub>k</sub>	1.000	1.000	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>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>y,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N44/N40	x: 1 m η = 0.6	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1 m η = 67.7	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 1 m η = 29.0	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1 m η = 44.0	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 67.7
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>y,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>y,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. <sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas. <sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

Cedido por una versión educativa de CYPE


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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N40, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·Q1.

Donde:

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

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.40} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

$$N_{t,0,d} : \underline{0.032} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{80.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{t,0,d} : \underline{65.48} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

 $k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.08}$$

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

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

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

$$f_{t,0,k} : \underline{112.13} \text{ kp/cm}^2$$

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

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



**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:

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

$\eta$  : 0.677 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N40, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

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

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

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

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

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:

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

Donde:

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

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

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 60.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 93.20 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 0.081 t·m

$M_{y,d}^-$  : 0.124 t·m

$W_{el,y}$  : 133.33 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}$  : 137.76 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.90

**Clase** : Corta duración

**Clase** : 2

$f_{m,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.08

$h$  : 100.00 mm

$\gamma_M$  : 1.30

Producido por una versión educativa de CYPE





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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.290 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N40, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$\tau_{z,d}$  : 6.96 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.249 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 80.00 cm<sup>2</sup>

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

$k_{cr}$  : 0.67

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

$f_{v,d}$  : 23.99 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.90

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

$f_{v,k}$  : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_M$  : 1.30

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

debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

$\eta$  : 0.440 ✓

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

$\eta$  : 0.309 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N40, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CargaMuerta+1.5·VientoArriba.

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.09 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

$N_{t,0,d}$  : 0.007 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 80.00 cm<sup>2</sup>

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 60.52 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<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.081} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$W_{el,y} : \underline{133.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{106.67} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{t,d} : \underline{84.19} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$k_h : \underline{1.08}$$

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

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

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

$$f_{t,0,k} : \underline{112.13} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$f_{m,y,d} : \underline{137.76} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{144.05} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_{h,y} : \underline{1.08}$$

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

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

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

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

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

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

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

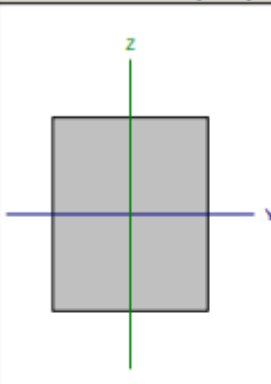
**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$



I.B.2.3 Tirante

Barra N13/N12

Perfil: S-100x80 Material: Madera (C18)							
	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> )
	N13	N12	1.490	80.00	666.67	426.67	875.52
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	
	$L_k$		1.490	1.490	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
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{y,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N13/N12	$\eta = 19.6$	$\eta = 12.1$	$x: 1.49 \text{ m}$ $\eta = 19.9$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	$x: 1.49 \text{ m}$ $\eta = 5.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 1.49 \text{ m}$ $\eta = 19.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 36.3$	$x: 1.49 \text{ m}$ $\eta = 19.9$	N.P. <sup>(4)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 36.3$
Notación: $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z $M_{y,d}$ : 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 $M_{y,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.196 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CargaMuerta+0.9·VientoAbajo+1.5·Nieve(1).

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 16.50 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>** : 1.320 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 80.00 cm<sup>2</sup>

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

**f<sub>t,0,d</sub>** : 84.19 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

**k<sub>mod</sub>** : 0.90

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

**k<sub>h</sub>** : 1.08

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

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

Donde:

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

**h** : 100.00 mm

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

**f<sub>t,0,k</sub>** : 112.13 kp/cm<sup>2</sup>

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

la versión educativa de CYPE

**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

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

$\eta$  : 0.072 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

$\eta$  : 0.095 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

$\eta$  : 0.121 ✓

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

Donde:

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

$\sigma_{c,0,d}$  : 9.17 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>** : 0.734 t



<b>A:</b> Área de la sección transversal	<b>A :</b> $\frac{80.00}{\text{cm}^2}$
<b><math>f_{c,0,d}</math>:</b> Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	<b><math>f_{c,0,d}</math> :</b> $\frac{127.03}{\text{kp/cm}^2}$
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	
Donde:	
<b><math>k_{mod}</math>:</b> Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	<b><math>k_{mod}</math> :</b> $\frac{0.90}{\text{kp/cm}^2}$
<b><math>f_{c,0,k}</math>:</b> Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	<b><math>f_{c,0,k}</math> :</b> $\frac{183.49}{\text{kp/cm}^2}$
<b><math>\gamma_M</math>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b><math>\gamma_M</math> :</b> $\frac{1.30}{\text{kp/cm}^2}$
<b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-M: 6.3.2)	
<b><math>\chi_c</math>:</b> Factor de inestabilidad, dado por:	<b><math>\chi_{c,y}</math> :</b> $\frac{0.76}{\text{kp/cm}^2}$
	<b><math>\chi_{c,z}</math> :</b> $\frac{0.60}{\text{kp/cm}^2}$
$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	
Donde:	
$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$	<b><math>k_y</math> :</b> $\frac{0.96}{\text{kp/cm}^2}$
	<b><math>k_z</math> :</b> $\frac{1.22}{\text{kp/cm}^2}$
Donde:	
<b><math>\beta_c</math>:</b> Factor asociado a la rectitud de las piezas	<b><math>\beta_c</math> :</b> $\frac{0.20}{\text{kp/cm}^2}$
<b><math>\lambda_{rel}</math>:</b> Esbeltez relativa, dada por:	<b><math>\lambda_{rel,y}</math> :</b> $\frac{0.90}{\text{kp/cm}^2}$
	<b><math>\lambda_{rel,z}</math> :</b> $\frac{1.12}{\text{kp/cm}^2}$
$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$	
Donde:	
<b><math>E_{0,k}</math>:</b> Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	<b><math>E_{0,k}</math> :</b> $\frac{61162.08}{\text{kp/cm}^2}$
<b><math>f_{c,0,k}</math>:</b> Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	<b><math>f_{c,0,k}</math> :</b> $\frac{183.49}{\text{kp/cm}^2}$
<b><math>\lambda</math>:</b> Esbeltez mecánica, dada por:	<b><math>\lambda_y</math> :</b> $\frac{51.62}{\text{kp/cm}^2}$
	<b><math>\lambda_z</math> :</b> $\frac{64.52}{\text{kp/cm}^2}$
$\lambda = \frac{L_k}{i}$	
Donde:	
<b><math>L_k</math>:</b> Longitud de pandeo de la barra	<b><math>L_{k,y}</math> :</b> $\frac{1490.00}{\text{mm}}$
	<b><math>L_{k,z}</math> :</b> $\frac{1490.00}{\text{mm}}$
<b>i:</b> Radio de giro	<b><math>i_y</math> :</b> $\frac{28.87}{\text{mm}}$
	<b><math>i_z</math> :</b> $\frac{23.09}{\text{mm}}$


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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

$$\eta : \underline{\underline{0.199}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(1)$ .

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

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**
 $\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

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

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:

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

Donde:

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

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

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{14.37}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{27.42}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{0.019}} \quad \text{t-m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{0.037}} \quad \text{t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{133.33}} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{\underline{137.76}} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{2}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{183.49}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.08}}$$

$$h : \underline{\underline{100.00}} \quad \text{mm}$$

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


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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.057} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(1)$ 

Donde:

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

$$\tau_{z,d} : \underline{1.36} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.049} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{80.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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



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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$$\eta : \underline{0.191} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.134} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(2).

Donde:

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{26.27} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.09} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.035} \text{ t·m}$$

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

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

$$W_{el,y} : \underline{133.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{106.67} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{137.76} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{144.05} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.08}$$

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

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

$$\eta : \underline{0.363} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.313} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CargaMuerta+0.9·VientoAbajo+1.5·Nieve(1).

Donde:

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

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{16.50} \text{ kp/cm}^2$$

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





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:

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

Donde:

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

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

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

Donde:

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

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

$\gamma_M$ : 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{m,k}$ : 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

$$N_{t,0,d} : \underline{1.320} \text{ t}$$

$$A : \underline{80.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{23.00} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$M_{y,d} : \underline{0.031} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{133.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{106.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{84.19} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_h : \underline{1.08}$$

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{112.13} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{137.76} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{144.05} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.08}$$

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

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$



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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Carga Muerta+1.5·Viento Arriba.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.110} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.199} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.194} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

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

Donde:

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

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{9.17} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

$$N_{c,0,d} : \underline{0.734} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{80.00} \text{ cm}^2$$

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{14.37} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.019} \text{ t·m}$$

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

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

$$W_{el,y} : \underline{133.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{106.67} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{c,0,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$f_{m,y,d} : \underline{137.76} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{144.05} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.08}$$

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

Producido por una versión educativa de EASY



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

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.76}$$

**$\chi_{c,x}$**

$$\chi_{c,x} : \underline{0.60}$$



I.B.2.4 Pendolón

Barra N13/N14

<b>Perfil: S- 60x60</b>		<b>Material: Madera (C18)</b>					
	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> )
	N13	N14	0.500	36.00	108.00	108.00	181.44
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>k</sub>		0.500	0.500	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	N <sub>t,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>td</sub>	M <sub>td</sub> M <sub>td</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>td</sub> M <sub>td</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>td</sub> M <sub>td</sub>	M <sub>td</sub> V <sub>td</sub> V <sub>td</sub>	
N13/N14	x: 0.5 m η = 1.6	x: 0 m η = 2.0	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 2.0
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,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>td</sub> : Resistencia a torsión M <sub>td</sub> M <sub>td</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,d</sub> M <sub>td</sub> M <sub>td</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,d</sub> M <sub>td</sub> M <sub>td</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>td</sub> V <sub>td</sub> V <sub>td</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (4) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. (5) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axial de tracción y momento flector para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas. (7) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CargaMuerta+1.5·VientoArriba.

Donde:

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

$\sigma_{t,0,d}$  : 1.52 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

$N_{t,0,d}$  : 0.055 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 36.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{t,0,d}$  : 93.24 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 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.20

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

$h$  : 60.00 mm

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

$f_{t,0,k}$  : 112.13 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_M$  : 1.30

na versión educativa de CYPE

**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

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

$\eta$  : 0.019 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

$\eta$  : 0.020 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

$\eta$  : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$\sigma_{c,0,d}$  : 2.37 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

 $A$ : Área de la sección transversal

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

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

Donde:

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

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

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

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

 $\chi_c$ : 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:

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

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

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

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

$$N_{c,0,d} : \frac{0.085}{t}$$

$$A : \frac{36.00}{cm^2}$$

$$f_{c,0,d} : \frac{127.03}{kp/cm^2}$$

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

$$f_{c,0,k} : \frac{183.49}{kp/cm^2}$$

$$\gamma_M : \frac{1.30}{}$$

$$\chi_{c,y} : \frac{0.95}{}$$

$$\chi_{c,z} : \frac{0.95}{}$$

$$k_y : \frac{0.65}{}$$

$$k_z : \frac{0.65}{}$$

$$\beta_c : \frac{0.20}{}$$

$$\lambda_{rel,y} : \frac{0.50}{}$$

$$\lambda_{rel,z} : \frac{0.50}{}$$

$$E_{0,k} : \frac{61162.08}{kp/cm^2}$$

$$f_{c,0,k} : \frac{183.49}{kp/cm^2}$$

$$\lambda_y : \frac{28.87}{}$$

$$\lambda_z : \frac{28.87}{}$$

$$L_{k,y} : \frac{500.00}{mm}$$

$$L_{k,z} : \frac{500.00}{mm}$$

$$i_y : \frac{17.32}{mm}$$

$$i_z : \frac{17.32}{mm}$$



### I.B.2.5 Viga Longitudinal

Barra N48/N12

Perfil: GL-200x140 Material: Madera (C18)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N48	N12	1.000	280.00	9333.33	4573.33	10364.48
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L <sub>p</sub>		1.000	1.000	0.000	0.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>p</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>t,d</sub>	M <sub>c,d</sub>	V <sub>t,d</sub>	V <sub>c,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>t,d</sub> M <sub>c,d</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>c,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>c,d</sub>		M <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> V <sub>c,d</sub>
N48/N12	η = 0.2	η = 0.3	x: 1 m η = 78.5	x: 1 m η = 8.2	η = 1.7	x: 1 m η = 30.9	η = 5.5	x: 1 m η = 84.1	x: 1 m η = 44.1	x: 1 m η = 84.4	x: 1 m η = 36.4	<b>CUMPLE</b> η = <b>84.4</b>
Notación: N <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>t,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>c,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>t,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>c,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>t,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t,d</sub> M <sub>c,d</sub> : Resistencia a flexión asviada N <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>c,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>c,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> V <sub>c,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

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

debe satisfacer:

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

η : **0.002** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Carga Muerta+1.5·Viento Arriba.

Donde:

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

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.18 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>** : 0.049 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

f<sub>t,0,d</sub> : 77.63 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

**k<sub>mod</sub>** : 0.90

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

**k<sub>h</sub>** : 1.00

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

$$k_h = 1.0$$

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

f<sub>t,0,k</sub> : 112.13 kp/cm<sup>2</sup>

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

γ<sub>M</sub> : 1.30



**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

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

$\eta$  : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

$\eta$  : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Carga Muerta+1.5·Viento Abajo+0.75·Nieve(3).

Donde:

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

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.35 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

$N_{c,0,d}$  : 0.098 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{c,0,d}$  : 127.03 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

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

$f_{c,0,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_M$  : 1.30

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

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

$\chi_{c,y}$  : 1.00

$\chi_{c,z}$  : 0.97

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

Donde:

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

$k_y$  : 0.55

$k_z$  : 0.61

Donde:

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

$\beta_c$  : 0.20

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

$\lambda_{rel,y}$  : 0.30

$\lambda_{rel,z}$  : 0.43

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

Donde:

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

$E_{0,k}$  : 61162.08 kp/cm<sup>2</sup>

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

$f_{c,0,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 17.32

$\lambda_z$  : 24.74

Producto por una versión educativa de CYPE





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

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{1000.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{1000.00} \text{ mm}$$

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{57.74} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{40.41} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(1)$ .

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

### Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{52.86} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{99.67} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{0.493} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{0.930} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

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

$$k_h = 1.0$$

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

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



**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:

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

$\eta$  : 0.082 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(3)$ .

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

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

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

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 10.59 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}^-$  : 4.57 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.069 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.030 t·m

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

$W_{el,z}$  : 653.33 cm<sup>3</sup>

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

$f_{m,z,d}$  : 128.79 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

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

$f_{m,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.01

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

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

Donde:

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

$h$  : 140.00 mm

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

$\gamma_M$  : 1.30

Producido por una versión educativa de TYPE


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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

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

Donde:

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

$$\tau_{v,d} : \underline{0.41} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.051} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

iva de CYPE

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.309} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

0.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(1).

Donde:

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

$$\tau_{z,d} : \underline{7.40} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.926} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

iva de CYPE


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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.055} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(3).

Donde:

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

$$\tau_{\text{tor},d} : \underline{1.61} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor}} : \underline{916.16} \text{ cm}^3$$

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

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.21}$$

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

Donde:

 $b_{\text{max}}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{\text{max}} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

 $b_{\text{min}}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{\text{min}} : \underline{140.00} \text{ mm}$$

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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



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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$$\eta : \underline{0.841} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.630} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CargaMuerta+1.5·VientoAbajo+0.75·Nieve(3).

Donde:

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{99.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{10.43} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.930} \text{ t·m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.068} \text{ t·m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{653.33} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{128.79} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$$k_{h,z} : \underline{1.01}$$

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

$$\eta : \underline{0.441} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.326} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CargaMuerta+1.5·VientoArriba.

Donde:

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

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

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

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

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

$f_{t,0,d}$ : 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

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

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

$$k_h = 1.0$$

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

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

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

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

Eje y:

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

$$k_h = 1.0$$

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

$\gamma_M$ : 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

$$N_{t,0,d} : \underline{0.049} \text{ t}$$

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{52.86} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.12} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{0.493} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-0.027} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{653.33} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{77.63} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_h : \underline{1.00}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{112.13} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{128.79} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_{h,z} : \underline{1.01}$$

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

Producido por una versión educativa de CYPE



**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 N12, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(3).$$

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.841} \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.630} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.844} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.633} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

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

Donde:

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

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.35} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

$$N_{c,0,d} : \underline{0.098} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{99.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{10.43} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-0.930} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.068} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{653.33} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{c,0,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

$$f_{m,y,d} : \underline{127.03} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{128.79} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

Producido por una versión especial de



$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$$k_{h,z} : \underline{1.01}$$

Eje y:

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

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{1.00}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.97}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.364} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Carga Muerta} + 1.5 \cdot \text{Viento Abajo} + 0.75 \cdot \text{Nieve}(3).$$

Donde:

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

$$\tau_{y,d} : \underline{0.37} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{7.40} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.046} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.925} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{1.13} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{1.61} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{1308.80} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{916.16} \text{ cm}^3$$

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

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.21}$$

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

$$f_{v,d} : \underline{23.99} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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





### B.I.3 BARANDILLA

#### I.B.3.1 Pilastra

Barra N3/N6

Perfil: GL-200x140 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> )
N3	N6	0.200	280.00	9333.33	4573.33	10364.48
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral	
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β			1.00	1.00	1.00	1.00
L <sub>k</sub>			0.200	0.200	0.200	0.200
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>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>		M <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub>
N3/N6	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 41.7	N.P. <sup>(2)</sup>	η = 0.4	η = 16.6	η = 0.5	x: 0 m η = 42.0	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m η = 42.0	η = 17.0	<b>CUMPLE</b> η = 42.0
Notación: N <sub>0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>0,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.												



**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

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

$\eta$  : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$\sigma_{c,0,d}$  : 2.57 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

$N_{c,0,d}$  : 0.719 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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.

$\lambda$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.06

$\lambda_{rel,z}$  : 0.08

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

Donde:

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

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

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

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

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 3.46

$\lambda_z$  : 4.95

Producido por una versión de software de CYPE

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

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 200.00 mm

$L_{k,z}$  : 200.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 57.74 mm

$i_z$  : 40.41 mm

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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

$\eta$  : 0.417 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).



Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.417 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2). No se comprueba la resistencia a vuelco lateral para flexión negativa, ya que el correspondiente momento flector actuante es nulo.

**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:

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

ucido por una versión educativa de CYPE

Prodi

Donde:

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

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

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : 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:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 62.85 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 0.587 t·m  
 $M_{y,d}^-$  : 0.000 t·m  
 $W_{el,y}$  : 933.33 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}^+$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{m,y,d}^-$  : 107.65 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

$h$  : 200.00 mm  
 $\gamma_M$  : 1.25

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 62.85 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 0.587 t·m  
 $M_{y,d}^-$  : 0.000 t·m  
 $W_{el,y}$  : 933.33 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}^+$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{m,y,d}^-$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}^+$  : 0.70  
 $k_{mod}^-$  : 0.50



Clase de duración de la carga

 Clase\* : Corta duración

Clase de servicio

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

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

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

Donde:

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

 $h$  : 200.00 mm

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

 $\gamma_M$  : 1.25
 $k_{crit}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

 $k_{crit}^+$  : 1.00

 Para  $\lambda_{rel,m}^+ \leq 0.75$ 
 $k_{crit}^+ = 1.0$ 

Donde:

 $\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

 $\lambda_{rel,m}^+$  : 0.09

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

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

 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>
 $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

 $W_{el,y}$  : 933.33 cm<sup>3</sup>
 $M_{crit}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

 $M_{crit,y}$  : 259.065 t·m

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

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

 $E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>
 $G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

 $G_{0,k}$  : 5988.79 kp/cm<sup>2</sup>
 $I$ : Momento de inercia

 $I_z$  : 4573.33 cm<sup>4</sup>
 $I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión

 $I_{tor}$  : 10364.48 cm<sup>4</sup>
 $L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

 $L_{ef}$  : 200.00 mm



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.06 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 0.008 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

$k_{cr}$  : 0.67

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

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

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.70

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

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

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

$\gamma_M$  : 1.25

itativa de CYPE

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.166 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 2.55 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.319 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 280.00 cm<sup>2</sup>

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

$k_{cr}$  : 0.67

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

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

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

Donde:

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

$k_{mod}$  : 0.70

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

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

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

$\gamma_M$  : 1.25

producción por una versión


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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$$\tau_{\text{tor,d}} : \underline{0.09} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

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

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor}} : \underline{916.16} \text{ cm}^3$$

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

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.21}$$

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

Donde:

 $b_{\text{max}}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{\text{max}} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

 $b_{\text{min}}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{\text{min}} : \underline{140.00} \text{ mm}$$

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

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



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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$\eta$  : 0.420 ✓

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

$\eta$  : 0.296 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 62.85 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 0.587 t·m

$M_{z,d}$  : 0.004 t·m

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

$W_{el,y}$  : 933.33 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 653.33 cm<sup>3</sup>

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

$f_{m,y,d}$  : 150.70 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:

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

$k_{mod}$  : 0.70

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

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

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$  : 1.10

$k_{h,z}$  : 1.10

$\gamma_M$ : 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 compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

$\eta$  : 0.420 ✓

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

$\eta$  : 0.297 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

Procedido por una versión educativa de CYPE



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 esbeltez relativa (0.09) es inferior a 0.75.

Donde:

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

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{2.57} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

$$N_{c,0,d} : \underline{0.719} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{62.85} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{933.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{653.33} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

ir una versión educativa de CYPE  
Producido por

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:

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

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

Eje y:

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

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

Donde:

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

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

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

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

$\gamma_M$ : 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)

Se debe satisfacer:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.170} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$$\tau_{y,d} : \underline{0.06} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{2.55} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.008} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.319} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{280.00} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.07} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{0.09} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

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

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{1308.80} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{916.16} \text{ cm}^3$$

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

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.21}$$

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

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



### I.B.3.2 Pasamano

Barra N2/N4

Perfil: Ø150		Material: Madera (C18)					
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> )	
N2	N4	2.500	176.71	2485.05	2485.05	4970.10	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>		2.500	2.500	2.500	2.500		
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>c,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,0,d</sub>	M <sub>z,0,d</sub>	V <sub>y,0,d</sub>	V <sub>z,0,d</sub>	M <sub>c,0,d</sub>	M <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,0,d</sub> M <sub>z,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>t,0,d</sub> M <sub>z,0,d</sub>	M <sub>c,0,d</sub> V <sub>y,0,d</sub> V <sub>z,0,d</sub>	
N2/N4	N.P. <sup>(1)</sup>	η = 1.6	x: 2.5 m η = 23.7	x: 2.5 m η = 37.9	x: 2.5 m η = 16.7	x: 2.5 m η = 13.3	η = 2.0	x: 2.5 m η = 61.7	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 2.5 m η = 63.3	x: 2.5 m η = 18.7	<b>CUMPLE</b> η = <b>63.3</b>
Notación: N <sub>c,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,0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>c,0,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t,0,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,0,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>z,0,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>c,0,d</sub> V <sub>y,0,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.												

#### 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 : 0.009 ✓

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 : 0.016 ✓

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 : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

σ<sub>c,0,d</sub> : 0.91 kp/cm<sup>2</sup>



$$\sigma_{c0,d} = |N_{c0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$f_{c0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot f_{c0,k} / \gamma_M$$

Donde:

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

$f_{c0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

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

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

$\chi_c$ : 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:

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

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

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

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

$f_{c0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

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

$f_{c0,k}$ : 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

$$N_{c0,d} : \frac{0.160}{t}$$

$$A : \frac{176.71}{cm^2}$$

$$f_{c0,d} : \frac{98.80}{kp/cm^2}$$

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

$$f_{c0,k} : \frac{183.49}{kp/cm^2}$$

$$\gamma_M : \frac{1.30}{}$$

$$\chi_{c-y} : \frac{0.57}{}$$

$$\chi_{c-z} : \frac{0.57}{}$$

$$k_y : \frac{1.26}{}$$

$$k_z : \frac{1.26}{}$$

$$\beta_c : \frac{0.20}{}$$

$$\lambda_{rel-y} : \frac{1.16}{}$$

$$\lambda_{rel-z} : \frac{1.16}{}$$

$$E_{0,k} : \frac{61162.08}{kp/cm^2}$$

$$f_{c0,k} : \frac{183.49}{kp/cm^2}$$

$$\lambda_y : \frac{66.67}{}$$

$$\lambda_z : \frac{66.67}{}$$

$$E_{0,k} : \frac{61162.08}{kp/cm^2}$$

$$f_{c0,k} : \frac{183.49}{kp/cm^2}$$

$$\lambda_y : \frac{66.67}{}$$

$$\lambda_z : \frac{66.67}{}$$

$$L_{k-y} : \frac{2500.00}{mm}$$

$$L_{k-z} : \frac{2500.00}{mm}$$

$$i_y : \frac{37.50}{mm}$$

$$i_z : \frac{37.50}{mm}$$


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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

$$\eta : \underline{0.237} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

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 secciones no rectangulares:

$$k_h = 1.0$$

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

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

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{23.46} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$M_{y,d}^- : \underline{0.078} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{331.34} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d}^+ : \underline{70.57} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,y,d}^- : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.00}$$

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



**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:

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

$\eta$  : 0.379 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

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 secciones no rectangulares:

$$k_h = 1.0$$

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

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

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 37.46 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{z,d}^+$  : 0.000 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.124 t·m

$W_{el,z}$  : 331.34 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d}^+$  : 70.57 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}^-$  : 98.80 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}^+$  : 0.50

$k_{mod}^-$  : 0.70

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

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

**Clase** : 3

$f_{m,k}$  : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.00

$\gamma_M$  : 1.30

Producido por una versión educativa de CYPE



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.167 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$\tau_{y,d}$  : 3.12 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{4}{3} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

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

**V<sub>y,d</sub>** : 0.277 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 176.71 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>** : 18.66 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

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

**f<sub>v,k</sub>** : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

activa de CYPE

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.133 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$\tau_{z,d}$  : 2.49 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{4}{3} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

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

**V<sub>z,d</sub>** : 0.221 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 176.71 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>** : 18.66 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

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

**f<sub>v,k</sub>** : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

producido por una versión de CYPE



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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.45} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor} : \underline{662.68} \text{ cm}^3$$

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

$$k_{forma} : \underline{1.20}$$

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

$$f_{v,d} : \underline{18.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

iva de CYPE

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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

$$\eta : \underline{0.617} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.617} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{23.46} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{37.46} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.078} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.124} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{331.34} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{331.34} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

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

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

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

$k_m$ : 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

$$k_m : \underline{1.00}$$

Procedido por una versión educativa de CYPE



**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 N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.617} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.617} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.633} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.633} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

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

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.91} \text{ kp/cm}^2$

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

Donde:

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

$A$ : Área de la sección transversal

$N_{c,0,d} : \underline{0.160} \text{ t}$

$A : \underline{176.71} \text{ cm}^2$

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

$\sigma_{m,y,d} : \underline{23.46} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{37.46} \text{ kp/cm}^2$

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

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{-0.078} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.124} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$W_{el,y} : \underline{331.34} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{331.34} \text{ cm}^3$

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

$f_{c,0,d} : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$

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

Donde:

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

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

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

$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$

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

$\gamma_M : \underline{1.30}$

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

$f_{m,y,d} : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$

$f_{m,z,d} : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$

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

Prodotido por una versión educativa de CYPE





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

$k_s$ : Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para secciones no rectangulares:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para secciones no rectangulares:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : 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

$\chi_{c1}$ : Factor de inestabilidad

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_{s,z} : \underline{1.00}$$

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

$$k_m : \underline{1.00}$$

$$\chi_{c1} : \underline{0.57}$$

$$\chi_{c2} : \underline{0.57}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.187} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.154} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:

$\tau_{y,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{3.12} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{2.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{4}{3} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.277} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.221} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{176.71} \text{ cm}^2$$

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

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

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

$$\tau_{tor,y,d} : \underline{0.45} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : \underline{0.45} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.003} \text{ t-m}$$

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor,y} : \underline{662.68} \text{ cm}^3$$

$$W_{tor,z} : \underline{662.68} \text{ cm}^3$$

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

$$k_{forma} : \underline{1.20}$$

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

$$f_{v,d} : \underline{18.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{v,k} : \underline{34.66} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

### I.B.3.3 Balastrada Longitudinal

Barra N8/N28

Perfil: S-200x40 Material: Madera (C18)							
	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> )
	N8	N28	2.500	80.00	2666.67	106.67	371.20
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.	
β	1.00		1.00	1.00		1.00	
L <sub>k</sub>	2.500		2.500	2.500		2.500	
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>t,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	V <sub>t,d</sub>	V <sub>t,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub>	M <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub>	
N8/N28	N.P. <sup>(1)</sup>	η = 2.6	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 0.8	x: 0 m η = 0.8	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.25 m η = 5.5	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.25 m η = 6.5	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 6.5
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>t,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>t,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>t,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>t,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>t,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>t,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

#### Resistencia a 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 : **0.026** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Donde:



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

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

Donde:

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

$A$ : Área de la sección transversal

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

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

Donde:

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

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

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

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

$\chi_c$ : 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:

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

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

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

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

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.17} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{c,0,d} : \underline{0.014} \text{ t}$$

$$A : \underline{80.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d} : \underline{98.80} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$\chi_{c,y} : \underline{0.85}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.07}$$

$$k_y : \underline{0.83}$$

$$k_z : \underline{7.97}$$

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.75}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{3.77}$$

$$E_{0,k} : \underline{61162.08} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$\lambda_y : \underline{43.30}$$

$$\lambda_z : \underline{216.51}$$

$$L_{k,y} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{57.74} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{11.55} \text{ mm}$$



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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.10 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>v,d</sub>** : 0.004 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 80.00 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>** : 13.33 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 (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

**f<sub>v,k</sub>** : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

iva de CYPE

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

debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.10 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>z,d</sub>** : 0.004 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 80.00 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>** : 13.33 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 (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

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

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

**f<sub>v,k</sub>** : 34.66 kp/cm<sup>2</sup>

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

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

iva de CYPE por una versión


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

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

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

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

$$\eta : \underline{0.055} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.85} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.25} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

 $M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.002} \text{ t·m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.002} \text{ t·m}$$

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

$$W_{el,y} : \underline{266.67} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{53.33} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{m,y,d} : \underline{70.57} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{91.74} \text{ kp/cm}^2$$

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

Donde:

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

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

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

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

 $k_h$ : Factor de altura, dado por:

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

$$k_{h,z} : \underline{1.30}$$

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

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

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

$$k_m : \underline{0.70}$$

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(1)+1.5·Q1(2).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

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



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

$\eta : \underline{0.039}$  ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

$\eta : \underline{0.034}$  ✓

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

$\eta : \underline{0.065}$  ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

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

$\eta : \underline{0.026}$  ✓

Donde:

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

$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.17}$  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** : 80.00 cm<sup>2</sup>

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

$\sigma_{m,y,d}$  : 0.85 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 4.25 kp/cm<sup>2</sup>

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

Donde:

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

**M<sub>y,d</sub>** : 0.002 t·m

**M<sub>z,d</sub>** : 0.002 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,y</sub>** : 266.67 cm<sup>3</sup>

**W<sub>el,z</sub>** : 53.33 cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>c,0,d</sub>** : 98.80 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

ducido por una versión educativa de CYPE

Pro

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>c,0,k</sub>**: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub>** : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**f<sub>m,y,d</sub>** : 98.80 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>m,z,d</sub>** : 128.44 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)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 183.49 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h,y</sub>** : 1.00

**k<sub>h,z</sub>** : 1.30

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

**k<sub>h</sub>** = 1.0

Eje z:



Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{150}{h}\right)^{0.2}; 1.3\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{40.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,r} : \underline{0.85}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.07}$$

**k<sub>crit</sub>**: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral

$$k_{crit} : \underline{0.71}$$

Para  $0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m}$$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m} : \underline{1.13}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{183.49} \text{ kp/cm}^2$$

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el} : \underline{266.67} \text{ cm}^3$$

**M<sub>crit</sub>**: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit} : \underline{0.382} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{crit} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{61162.08} \text{ kp/cm}^2$$

**G<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$$G_{0,k} : \underline{3822.63} \text{ kp/cm}^2$$

**I**: Momento de inercia

$$I : \underline{106.67} \text{ cm}^4$$

**I<sub>tor</sub>**: Momento de inercia a torsión

$$I_{tor} : \underline{371.20} \text{ cm}^4$$

**L<sub>ef</sub>**: Longitud eficaz de vuelco lateral

$$L_{ef} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

## B.II MODELO I: VIGA SIMPLE SIN CUBIERTA

### B.II.1 VIGA PRINCIPAL

Barra N15/N6

Perfil: GL-1200x240 Material: Madera (GL24h)						
Nodos		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> )
N15	N6	2.500	2880.00	3456000.00	138240.00	481075.20
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	1.00	1.00	
L <sub>e</sub>		2.500	2.500	2.500	2.500	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>e</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>0,e</sub>	N <sub>0,e</sub>	M <sub>y,e</sub>	M <sub>z,e</sub>	V <sub>y,e</sub>	V <sub>z,e</sub>	M <sub>0,e</sub>	M <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub>	N <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub>	N <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub>		M <sub>0,e</sub> V <sub>0,e</sub> V <sub>0,e</sub>
N15/N6	η = 2.5	η = 1.5	x: 2.5 m η = 84.4	x: 0 m η = 3.5	x: 0 m η = 3.8	x: 0 m η = 9.5	η = 1.4	x: 2.5 m η = 85.2	x: 2.5 m η = 87.1	x: 2.5 m η = 82.7	x: 0 m η = 10.8	<b>CUMPLE</b> η = 87.1
Notación: N <sub>0,e</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>0,e</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,e</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,e</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,e</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,e</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>0,e</sub> : Resistencia a torsión M <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub> M <sub>0,e</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>0,e</sub> V <sub>0,e</sub> : Resistencia a cortante y torsión combinadas x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

#### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{0,e}}{f_{t,0,e}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.5 \cdot S \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Entarimado} + 1.05 \cdot \text{Tráfico} + 1.5 \cdot \text{Viento transv}_X(1) + 1.5 \cdot \text{Viento Vertic}_Z(1) + 0.75 \cdot N1.$$

Donde:

σ<sub>0,e</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{0,e} : \underline{2.40} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{0,e} = N_{0,e} / A$$

Donde:

N<sub>0,e</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{0,e} : \underline{6.917} \text{ t}$$

A: Área de la sección transversal

$$A : \underline{2880.00} \text{ cm}^2$$

f<sub>t,0,e</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,e} : \underline{94.19} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{t,0,e} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$





**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·Vientotransv\_X(2)+1.5·VientoVertic\_Z(2).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{1.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{5.616} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{2880.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_{c,z}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,z} : \underline{0.96}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k : \underline{0.68}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel,z}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.58}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\lambda_z$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_z : \underline{36.08}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,z}$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,z} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$i_z$ : Radio de giro

$$i_z : \underline{69.28} \text{ mm}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xz, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje y es inferior a 0.3.



$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

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

$\lambda_y$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,y}$ : Longitud de pandeo de la barra

$i_y$ : Radio de giro

$\lambda_{rel,y} : \underline{0.12}$

$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$

$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$

$\lambda_y : \underline{7.22}$

$L_{k,y} : \underline{2500.00} \text{ mm}$

$i_y : \underline{346.41} \text{ mm}$

**Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.844} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1. Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{cm} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.844} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1. No se comprueba la resistencia a vuelco lateral para flexión negativa, ya que el correspondiente momento flector actuante es nulo.

**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

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$\sigma_{m,d}^+ : \underline{115.68} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,d}^- : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$

$M_{y,d}^+ : \underline{66.630} \text{ t-m}$

$M_{y,d}^- : \underline{0.000} \text{ t-m}$

$W_{el,y} : \underline{57600.00} \text{ cm}^3$

$f_{m,d}^+ : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$

$f_{m,d}^- : \underline{97.86} \text{ kp/cm}^2$

$k_{mod}^+ : \underline{0.70}$

$k_{mod}^- : \underline{0.50}$

**Clase**<sup>+</sup> : Corta duración

**Clase**<sup>-</sup> : Permanente

**Clase** : 3

$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$

$k_h : \underline{1.00}$

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$\sigma_{m,d}^+ : \underline{115.68} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,d}^- : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$

$M_{y,d}^+ : \underline{66.630} \text{ t-m}$

$M_{y,d}^- : \underline{0.000} \text{ t-m}$

Producido por un sistema de gestión de la información educativa de TYPE



$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  
 $f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_{ht}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{ht} = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{lat}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,y} \leq 0.75$

$$k_{lat} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{cr,y}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{cr,y}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{cr,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$I$ : Momento de inercia

$I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$$W_{el} : \frac{57600.00}{cm^3}$$

$$f_{m,d} : \frac{137.00}{kp/cm^2}$$

$$f_{m,d} : \frac{97.86}{kp/cm^2}$$

$$k_{mod} : \frac{0.70}{}$$

$$k_{mod} : \frac{0.50}{}$$

Clase : Corta duración

Clase : Permanente

Clase : 3

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{kp/cm^2}$$

$$k_{ht} : \frac{1.00}{}$$

$$\gamma_M : \frac{1.25}{}$$

$$k_{lat} : \frac{1.00}{}$$

$$\lambda_{rel,m} : \frac{0.43}{}$$

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{kp/cm^2}$$

$$W_{el} : \frac{57600.00}{cm^3}$$

$$M_{cr,y} : \frac{776.304}{t \cdot m}$$

$$E_{0,k} : \frac{95820.59}{kp/cm^2}$$

$$G_{0,k} : \frac{5988.79}{kp/cm^2}$$

$$I : \frac{138240.00}{cm^4}$$

$$I_{tor} : \frac{481075.20}{cm^4}$$

$$L_{ef} : \frac{2500.00}{mm}$$

por una versión educativa de CYPE

**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\eta : \frac{0.035}{}$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVeric\_Z(1)+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:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{ht} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_{ht}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{ht} = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\sigma_{m,d} : \frac{5.26}{kp/cm^2}$$

$$\sigma_{m,d} : \frac{3.56}{kp/cm^2}$$

$$M_{d} : \frac{0.605}{t \cdot m}$$

$$M_{d} : \frac{0.410}{t \cdot m}$$

$$W_{el} : \frac{11520.00}{cm^3}$$

$$f_{m,d} : \frac{150.15}{kp/cm^2}$$

$$k_{mod} : \frac{0.70}{}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{kp/cm^2}$$

$$k_{ht} : \frac{1.10}{}$$

$$h : \frac{240.00}{mm}$$

$$\gamma_M : \frac{1.25}{}$$

versión educativa de CYPE


**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

 El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones  
 0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·Vientotransv\_X(2)+1.5·VientoVertic\_Z(1)+0.75·N1.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.58} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.746} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{2880.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

 El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Vientotransv\_X(2)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.75·N1.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{1.46} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{1.877} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{2880.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

YPE



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor,ta} \cdot f_{s,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.014 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.5-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

$\tau_{tor,d}$  : 0.38 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

- $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo
- $W_{tor}$ : Módulo resistente a torsión

$M_{x,d}$  : 0.079 t·m  
 $W_{tor}$  : 20597.76 cm<sup>3</sup>

$k_{tor,ta}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{tor,ta}$  : 1.75

$$k_{tor,ta} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

- $b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal
- $b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{max}$  : 1200.00 mm  
 $b_{min}$  : 240.00 mm

$f_{s,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{s,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{s,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

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

$k_{mod}$  : 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

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,ta} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.852 ✓

$$\eta = k_{m,ta} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.602 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d}$  : 115.68 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,d}$  : 1.57 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

- $M_d$ : Momento flector de cálculo
- $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{x,d}$  : 66.630 t·m  
 $M_{z,d}$  : 0.181 t·m  
 $W_{el,x}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>  
 $W_{el,z}$  : 11520.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{m,d}$  : 150.15 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_{h,y}$  : 1.00  
 $k_{h,z}$  : 1.10  
 $\gamma_M$  : 1.25

$k_{m,ta}$ : 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

$k_{m,ta}$  : 0.70

Resistencia a flexión esviada de CYPE



**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{L,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.871 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{L,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.620 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones  
1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

$\sigma_{L,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{L,0,d} = N_{L,0,d}/A$$

Donde:

$N_{L,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{m,0,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,0,d} = |M_{0,d}|/W_{el}$$

Donde:

$M_{0,d}$ : 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:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$f_{m,0,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{m,0,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h = 1.0$$

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{tr}$ : 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

$\sigma_{L,0,d}$  : 1.78 kp/cm<sup>2</sup>

$N_{L,0,d}$  : 5.132 t

$A$  : 2880.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,0,d}$  : 115.68 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,0,d}$  : 1.57 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{0,d}$  : 66.630 t·m

$M_{0,d}$  : 0.181 t·m

$W_{el,y}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 11520.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d}$  : 94.19 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

$k_h$  : 1.00

$f_{t,0,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,0,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,0,k}$  : 150.15 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{tr,y}$  : 1.00

$k_{tr,z}$  : 1.10

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{tr}$  : 0.70

Producido por una versión educativa de CYPE



**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 N6, para la combinación de acciones  
1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.  
Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{mz} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.823} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \right)^2 + k_{mz} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.582} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{\lambda_{c,y} \cdot f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{mz} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.827} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{\lambda_{c,z} \cdot f_{c,d}} + k_{mz} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.587} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.43) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,d} = |N_{c,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,d}$ : Compresión 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

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

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

$$\sigma_{c,d} : \underline{0.56} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{c,d} : \underline{1.622} \text{ t}$$

$$A : \underline{2880.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{111.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{1.74} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{d,y} : \underline{64.336} \text{ t-m}$$

$$M_{d,z} : \underline{0.200} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{57600.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{11520.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{c,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} : \underline{150.15} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

Producido por una versión educativa de CYPE



$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  
 $k_{\text{red}}$ : 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  
 $\chi_{\text{red}}$ : Factor de inestabilidad

$\gamma_M$  : 1.25  
 $k_{\text{red}}$  : 0.70  
 $\chi_{\text{red}}$  : 1.00  
 $\chi_{\text{red}}$  : 0.96

**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.018 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.108 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones  
 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

$\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.24 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{v,d}$  : 1.46 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{\text{cr}}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 0.308 t

$A$ : Área de la sección transversal

$V_{v,d}$  : 1.877 t

$k_{\text{cr}}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$A$  : 2880.00 cm<sup>2</sup>

$\tau_{\text{tor}}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$k_{\text{cr}}$  : 0.67

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{|M_{\text{tor},d}|}{W_{\text{tor}}}$$

$\tau_{\text{tor},d}$  : 0.07 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{\text{tor},d}$  : 0.36 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_{\text{tor},d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{\text{tor},d}$  : 0.075 t-m

$W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{\text{tor},d}$  : 102988.80 cm<sup>3</sup>

$k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$W_{\text{tor},d}$  : 20597.76 cm<sup>3</sup>

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$k_{\text{forma}}$  : 1.75

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{\text{mod}}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE





## B.II.2 RIOSTRA

Barra N51/N52

Perfil: GL-300x160 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>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
Inicial	Final					
N51	N52	0.600	480.00	36000.00	10240.00	27125.76
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	1.00	1.00	
$L_k$		0.600	0.600	0.600	0.600	
$C_1$		-		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	
	$N_{t,d}$	$N_{c,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{t,d}$	$N_{t,d}M_{y,d}$	$N_{t,d}M_{z,d}$	$M_{y,d}V_{y,d}$		
N51/N52	N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 39.8$	x: 0.6 m $\eta = 5.9$	x: 0.6 m $\eta = 8.6$	x: 0.6 m $\eta = 63.5$	$\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 40.9$	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 41.0$	x: 0.6 m $\eta = 65.8$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.8$
Notación: $N_{t,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra $N_{c,d}$ : 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 $N_{t,d}M_{y,d}$ : Resistencia a flexión esviada $N_{t,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas $N_{t,d}V_{y,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas $M_{y,d}V_{y,d}$ : 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 tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.												


**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

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,t}}{f_{c,0,t}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

 $\sigma_{c,0,t}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,t} : \underline{4.25} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,t} = |N_{c,0,t}| / A$$

Donde:

 $N_{c,0,t}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,t} : \underline{2.042} \text{ t}$$

A: Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{c,0,t}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,t} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,t} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{c,0,k}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**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:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.11}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.21}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

 $E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

 $f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

 $\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{6.93}$$

$$\lambda_z : \underline{12.99}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

 $L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{600.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{600.00} \text{ mm}$$

i: Radio de giro

$$i_y : \underline{86.60} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{46.19} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.398} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo NS1, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{091} \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.398} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo NS1, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{091} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo NS1, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoVertic\_Z(2).



**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{s,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{s,d} = |M_d| / W_{el}$$

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:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{s,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{s,d} = |M_d| / W_{el}$$

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:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

$$\sigma_{s,d}^+ : \frac{58.44}{1.54} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{s,d}^- : \frac{1.54}{1.54} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{r,d}^+ : \frac{1.402}{0.037} \text{ t-m}$$

$$M_{r,d}^- : \frac{0.037}{2400.00} \text{ t-m}$$

$$W_{el,r} : \frac{2400.00}{146.84} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,r,d} : \frac{146.84}{0.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \frac{0.70}{3}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{1.07} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \frac{1.07}{300.00} \text{ mm}$$

$$h : \frac{300.00}{1.25}$$

$$\gamma_M : \frac{1.25}{58.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{s,d}^+ : \frac{58.44}{1.54} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{s,d}^- : \frac{1.54}{1.54} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{r,d}^+ : \frac{1.402}{0.037} \text{ t-m}$$

$$M_{r,d}^- : \frac{0.037}{2400.00} \text{ t-m}$$

$$W_{el,r} : \frac{2400.00}{146.84} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,r,d} : \frac{146.84}{0.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \frac{0.70}{3}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{1.07} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \frac{1.07}{300.00} \text{ mm}$$



Producido por una versi

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  
 $f_{mk}$ : 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

$k_{lat}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:  
Para  $\lambda_{rel,y} \leq 0.75$   
 $k_{lat} = 1.0$   
Donde:  
 $\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:  
$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{mk} \cdot W_{el}}{M_{crit,y}}}$$
  
Donde:  
 $f_{mk}$ : Resistencia característica a flexión  
 $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  
 $M_{crit,y}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:  
$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,y} \cdot I_z \cdot G_{0,y} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$
  
Donde:  
 $E_{0,y}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  
 $G_{0,y}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra  
 $I$ : Momento de inercia  
 $I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión  
 $L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$k_{mod}$ :	<u>0.70</u>
Clase :	<u>Corta duración</u>
Clase :	<u>3</u>
$f_{mk}$ :	<u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
$k_h$ :	<u>1.07</u>
$h$ :	<u>300.00</u> mm
$\gamma_m$ :	<u>1.25</u>
$k_{lat}$ :	<u>1.00</u>
$\lambda_{rel,y}$ :	<u>0.17</u>
$f_{mk}$ :	<u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
$W_{el,y}$ :	<u>2400.00</u> cm <sup>3</sup>
$M_{crit,y}$ :	<u>209.044</u> t-m
$E_{0,y}$ :	<u>95820.59</u> kp/cm <sup>2</sup>
$G_{0,y}$ :	<u>5988.79</u> kp/cm <sup>2</sup>
$I$ :	<u>10240.00</u> cm <sup>4</sup>
$I_{tor}$ :	<u>27125.76</u> cm <sup>4</sup>
$L_{ef}$ :	<u>600.00</u> mm

**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,c,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$
 $\eta$  : 0.059 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+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:  
$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{mk} / \gamma_m$$

$\sigma_{m,d}$ :	<u>8.86</u> kp/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ :	<u>2.92</u> kp/cm <sup>2</sup>
$M_{d,d}$ :	<u>0.113</u> t-m
$M_{d,e}$ :	<u>0.037</u> t-m
$W_{el,y}$ :	<u>1280.00</u> cm <sup>3</sup>
$f_{m,d}$ :	<u>150.70</u> kp/cm <sup>2</sup>
$k_{mod}$ :	<u>0.70</u>
Clase :	<u>Corta duración</u>
Clase :	<u>3</u>
$f_{mk}$ :	<u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
$k_h$ :	<u>1.10</u>
$h$ :	<u>160.00</u> mm
$\gamma_m$ :	<u>1.25</u>

r una versión educativa de CYPE


**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{c,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.086} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones  
 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.  
 Donde:

$\tau_{c,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{c,d} : \underline{1.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{c,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_{c,d}|}{A \cdot k_w}$$

Donde:

$V_{c,d}$ : Cortante de cálculo

$$V_{c,d} : \underline{0.285} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

$k_w$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_w : \underline{0.67}$$

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{c,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{c,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{c,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.635} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones  
 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.  
 Donde:

$\tau_{c,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{c,d} : \underline{9.79} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{c,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_{c,d}|}{A \cdot k_w}$$

Donde:

$V_{c,d}$ : Cortante de cálculo

$$V_{c,d} : \underline{2.099} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

$k_w$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_w : \underline{0.67}$$

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{c,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{c,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.036 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.5-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 0.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{tor,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{tor,d}$  : 0.014 t-m

$W_{tor}$ : Módulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 1931.52 cm<sup>3</sup>

$k_{tor}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{tor}$  : 1.28

$$k_{tor} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 300.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 160.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.409 ✓

$$\eta = k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.294 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 58.44 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 2.38 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.402 t-m

$M_{z,d}$  : 0.030 t-m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2400.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 1280.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 146.84 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:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{tr}$  : 1.07

$k_{m,z}$  : 1.10

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{tr}$ : 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

$k_{tr}$  : 0.70

Resistencia a flexión esviada de CYPE



**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 N51, para la combinación de acciones  
1.35·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Viento+transv\_X(2)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.75·N1.  
Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.410} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.295} \quad \checkmark$$

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 esbeltez relativa (0.17) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión 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

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

Eje y:

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

Eje z:

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

$\gamma_M$ : 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

$\sigma_{c,0,d} : \underline{4.25} \text{ kp/cm}^2$

$N_{c,0,d} : \underline{2.042} \text{ t}$

$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,y,d} : \underline{58.44} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{2.38} \text{ kp/cm}^2$

$M_{y,d} : \underline{1.402} \text{ t-m}$

$M_{z,d} : \underline{0.030} \text{ t-m}$

$W_{el,y} : \underline{2400.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{1280.00} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$

$k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$

$f_{m,k} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$

$k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$

$k_{h,y} : \underline{1.07}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

$h : \underline{300.00} \text{ mm}$

$h : \underline{160.00} \text{ mm}$

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$k_m : \underline{0.70}$

Producido por una versión educativa de CYPE


**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,v,d}}{k_{torra} \cdot f_{s,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.099} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,e,d}}{k_{torra} \cdot f_{v,e}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.658} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

 $\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{1.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{v,e} : \underline{9.79} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{tr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.285} \quad \text{t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$V_{v,e} : \underline{2.099} \quad \text{t}$$

 $k_{tr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$A : \underline{480.00} \quad \text{cm}^2$$

 $\tau_{tor}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$k_{tr} : \underline{0.67}$$

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.24} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,e} : \underline{0.45} \quad \text{kp/cm}^2$$

o. por una versión modificativa de CYPE

$$\tau_{tor,d} = |M_{s,d}| / W_{tor}$$

Donde:

 $M_{s,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{s,d} : \underline{0.009} \quad \text{t-m}$$

 $W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor,d} : \underline{3621.60} \quad \text{cm}^3$$

 $k_{torra}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$W_{tor,e} : \underline{1931.52} \quad \text{cm}^3$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$k_{torra} : \underline{1.28}$$

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{s,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \quad \text{kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$





B.II.3 DIAGONAL

Barra N1/N13

Perfil: S-160x80		Material: Madera (GL24h)					
Nodos		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>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N1	N13	3.536	128.00	2730.67	682.67	1875.97	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>p</sub>		3.536	3.536	3.536	3.536		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>p</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>0,d</sub>	N <sub>1,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>1,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	V <sub>1,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>1,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>1,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>1,d</sub> M <sub>0,d</sub>		M <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub> V <sub>1,d</sub>
N1/N13	η = 21.3	η = 86.7	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.768 m η = 6.8	x: 0 m η = 2.2	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.768 m η = 26.1	x: 1.768 m η = 90.3	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 90.3
Notación: N <sub>0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>1,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>1,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>1,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>0,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>0,d</sub> M <sub>1,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>0,d</sub> M <sub>1,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede												
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d,d}}{f_{t,d,e}} \leq 1$$

η : 0.213 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(1)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+0.75-N1.

Donde:

σ<sub>t,d,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,d,d</sub> : 22.08 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,d,d} = N_{t,d,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,d,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,d,d</sub> : 2.827 t

A: Área de la sección transversal

A : 128.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,d,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,d,d</sub> : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,d,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 160.00 mm

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25


**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.137} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.238} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.867} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Vientotransv}_X(2) + 1.5 \cdot \text{VientoVertic}_Z(2)$ .

Donde:

 $\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{18.80} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

 $N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{2.406} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{128.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:



$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : 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:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

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

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$\chi_{c,y} : \underline{\underline{0.58}}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{\underline{0.16}}$$

$$k_y : \underline{\underline{1.30}}$$

$$k_z : \underline{\underline{3.64}}$$

$$\beta_c : \underline{\underline{0.10}}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{\underline{1.23}}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{\underline{2.46}}$$

$$E_{0,k} : \underline{\underline{95820.59}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\lambda_y : \underline{\underline{76.55}}$$

$$\lambda_z : \underline{\underline{153.09}}$$

$$L_{k,y} : \underline{\underline{3535.53}} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{\underline{3535.53}} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{\underline{46.19}} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{\underline{23.09}} \text{ mm}$$



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.068 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

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

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 7.28 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{z,d}^+$  : 0.012 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.000 t·m

$W_{el,z}$  : 170.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d}$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.50

**Clase** : Permanente

**Clase** : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 80.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE


**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.25} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.014} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{128.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{11.01} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.50}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

tiva de CYPE

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,v,d}}{f_{m,v,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,t,d}}{f_{m,t,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.247} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,v,d}}{f_{m,v,d}} + \frac{\sigma_{m,t,d}}{f_{m,t,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.261} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Entarimado+1.05·Tráfico+1.5·Vientotransv\_X(1)+1.5·VientoVertic\_Z(1)+0.75·N1.

Donde:

 $\sigma_{t,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,d} : \underline{22.08} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d} / A$$

Donde:

 $N_{t,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,d} : \underline{2.827} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{128.00} \text{ cm}^2$$

 $\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_{el}$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{7.28} \text{ kp/cm}^2$$



Donde:

 $M_d$ : Momento flector de cálculo

 $W_{tr}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

 $f_{t,0,d}$ : 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:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

 $k_h$ : 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

 $f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

 $\gamma_M$ : 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 (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:

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

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

 $\gamma_M$ : 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

$$M_{d,x} : \underline{0.000} \text{ t-m}$$

$$M_{d,y} : \underline{0.012} \text{ t-m}$$

$$W_{tr,x} : \underline{341.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{tr,y} : \underline{170.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{103.61} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,k} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.10}$$

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$

o, por una versión educativa de CYPE

Producción

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N1, para la combinación de acciones

 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Vientotransv}_X(2) + 1.5 \cdot \text{VientoVertic}_Z(2)$ .

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.052} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.067} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados



$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.268} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.903} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que el correspondiente momento flector actuante es nulo.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{18.52} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{2.370} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{128.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{7.28} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.012} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{341.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{170.67} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_H$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_H$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_H : \underline{1.25}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_H$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.58}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.16}$$





## B.III MODELO II: VIGA SIMPLE CON CUBIERTA

### B.III.1 VIGA PRINCIPAL

Barra N15/N6

Perfil: GL-1200x240 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> )
N15	N6	2.500	2880.00	3456000.00	138240.00	481075.20
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral	
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β			1.00	1.00	1.00	1.00
L <sub>c</sub>			2.500	2.500	2.500	2.500
C <sub>1</sub>			-		1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>c</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>0,0,d</sub>	N <sub>0,9,d</sub>	M <sub>0,0,d</sub>	M <sub>0,9,d</sub>	V <sub>0,0,d</sub>	V <sub>0,9,d</sub>	M <sub>0,0</sub>	M <sub>0,9</sub>	N <sub>0,0</sub> M <sub>0,9</sub> M <sub>0,0</sub>	N <sub>0,9</sub> M <sub>0,9</sub> M <sub>0,9</sub>		M <sub>0,0</sub> V <sub>0,9</sub> V <sub>0,9</sub>
N15/N6	η = 2.6	η = 1.5	x: 2.5 m η = 93.8	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 11.5	η = 2.7	x: 2.5 m η = 94.4	x: 2.5 m η = 96.3	x: 2.5 m η = 92.4	x: 0 m η = 14.1	<b>CUMPLE</b> η = <b>96.3</b>
Notación: N <sub>0,0</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>0,9</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>0,0</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>0,9</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>0,0</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>0,9</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>0,0</sub> : Resistencia a torsión M <sub>0,9</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>0,0</sub> M <sub>0,9</sub> M <sub>0,0</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>0,9</sub> M <sub>0,9</sub> M <sub>0,9</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>0,0</sub> V <sub>0,9</sub> V <sub>0,9</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

#### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{0,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.026} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.5-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(1)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

σ<sub>0,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{0,0,d} = N_{0,0,d} / A$$

$$\sigma_{0,0,d} = \underline{2.43} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

N<sub>0,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{0,0,d} = \underline{6.988} \text{ t}$$

A: Área de la sección transversal

$$A = \underline{2880.00} \text{ cm}^2$$

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} = \underline{94.19} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h = \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

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

$$\gamma_M = \underline{1.25}$$



**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

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.015 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.015 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoTransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(2)+1.5-Cubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 1.99 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,0,d}}{A}$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 5.724 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 2880.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_c$  : 0.96

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k$  : 0.68

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel}$  : 0.58

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda$  : 36.08

$$\lambda = \frac{L_{0,y}}{i}$$

Donde:

$L_{0,y}$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{0,y}$  : 2500.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i$  : 69.28 mm

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xz, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje y es inferior a 0.3.

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.12

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda_y$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 7.22

$$\lambda = \frac{L_{0,y}}{i}$$

Donde:

$L_{0,y}$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{0,y}$  : 2500.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i$  : 346.41 mm

Producido por una versión educative de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{N,y,d}}{f_{N,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.938 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{N,y,d}^+}{k_{ort} \cdot f_{N,y,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.938 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{N,y,d}^-}{k_{ort} \cdot f_{N,y,d}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.186 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(2)+1.5-Cubierta(Arriba).

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{N,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{N,y,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{N,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{N,k} / \gamma_M$$

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

$f_{N,k}$ : 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

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{N,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{N,y,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{N,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{N,k} / \gamma_M$$

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

$f_{N,k}$ : 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

$k_{ort}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,y} \leq 0.75$

$$k_{ort} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{N,k} \cdot W_d}{M_{ort}}}$$

Donde:

$f_{N,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{ort}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$\sigma_{N,y,d}^+$  : 128.56 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{N,y,d}^-$  : 25.53 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,y}^+$  : 74.052 t-m  
 $M_{d,y}^-$  : 14.706 t-m  
 $W_{d,y}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{N,y,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración  
 Clase : 3  
 $f_{N,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_h$  : 1.00

$\gamma_M$  : 1.25

$\sigma_{N,y,d}^+$  : 128.56 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{N,y,d}^-$  : 25.53 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,y}^+$  : 74.052 t-m  
 $M_{d,y}^-$  : 14.706 t-m  
 $W_{d,y}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{N,y,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración  
 Clase : 3  
 $f_{N,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_h$  : 1.00

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{ort}$  : 1.00

$\lambda_{rel,y}$  : 0.43

$f_{N,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $W_{d,y}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>  
 $M_{ort,y}$  : 776.304 t-m

Producido por una versión educativa de CYPE



$$M_{v,d} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G_{0,k} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$$

Donde:

- E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra
- G<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra
- I**: Momento de inercia
- I<sub>tw</sub>**: Momento de inercia a torsión
- L<sub>ef</sub>**: Longitud eficaz de vuelco lateral

<b>E<sub>0,k</sub></b> :	<u>95820.59</u>	kp/cm <sup>2</sup>
<b>G<sub>0,k</sub></b> :	<u>5988.79</u>	kp/cm <sup>2</sup>
<b>I</b> :	<u>138240.00</u>	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>tw</sub></b> :	<u>481075.20</u>	cm <sup>4</sup>
<b>L<sub>ef</sub></b> :	<u>2500.00</u>	mm

**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.039 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo). 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 de la sección respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{v,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{v,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

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>v,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:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{v,d}$ :	<u>5.84</u>	kp/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{v,d}$ :	<u>4.26</u>	kp/cm <sup>2</sup>

<b>M<sub>d</sub></b> :	<u>0.672</u>	t·m
<b>M<sub>el</sub></b> :	<u>0.491</u>	t·m
<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>11520.00</u>	cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>v,d</sub></b> :	<u>150.15</u>	kp/cm <sup>2</sup>

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

<b>Clase</b> :	<u>Corta duración</u>
<b>Clase</b> :	<u>3</u>
<b>f<sub>v,k</sub></b> :	<u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>h</sub></b> :	<u>1.10</u>

<b>h</b> :	<u>240.00</u> mm
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>

**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.041 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_w}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**A**: Área de la sección transversal

**k<sub>w</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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\tau_{v,d}$  : 0.63 kp/cm<sup>2</sup>

<b>V<sub>d</sub></b> :	<u>0.809</u>	t
<b>A</b> :	<u>2880.00</u>	cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>w</sub></b> :	<u>0.67</u>	
<b>f<sub>v,d</sub></b> :	<u>15.41</u>	kp/cm <sup>2</sup>

<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.70</u>
<b>f<sub>v,k</sub></b> :	<u>27.52</u> kp/cm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>

Creado por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.115 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 1.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \frac{|V_d|}{A \cdot k_{c,r}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo  
**A**: Área de la sección transversal

$V_{d,r}$  : 2.275 t  
**A** : 2880.00 cm<sup>2</sup>

$k_{c,r}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{c,r}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tors,r} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.027 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 0.73 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{tor,d}$ : Momento torsor de cálculo  
**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión

$M_{tor,d}$  : 0.150 t·m  
**W<sub>tor</sub>** : 20597.76 cm<sup>3</sup>

$k_{tors,r}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{tors,r}$  : 1.75

$$k_{tors,r} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal  
**b<sub>min</sub>**: Ancho menor de la sección transversal

$b_{max}$  : 1200.00 mm  
**b<sub>min</sub>** : 240.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Producción por una versión definitiva de Eyr


**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,ed}}{f_{m,ed}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,ed}}{f_{m,ed}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.944} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_{m2} \cdot \frac{\sigma_{m,ed}}{f_{m,ed}} + \frac{\sigma_{m,ed}}{f_{m,ed}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.664} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Viento+transv\_X(1)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.9·Cubierta(Abajo).

Donde:

 $\sigma_{m,ed}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,ed} : \underline{128.56} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,ed} : \underline{1.12} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,ed} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

 $M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{d1} : \underline{74.052} \text{ t·m}$$

$$M_{d2} : \underline{0.129} \text{ t·m}$$

 $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el1} : \underline{57600.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el2} : \underline{11520.00} \text{ cm}^3$$

 $f_{m,ed}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,ed} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,ed} : \underline{150.15} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,ed} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h : \underline{1.00}$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.10}$$

 $k_{m1}$ : 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

$$k_{m1} : \underline{0.70}$$



**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} + k_{90} \cdot \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.963 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{90} \cdot \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} + \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.683 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 1.79 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

$N_{t,0,d}$  : 5.164 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 2880.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,0,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,0,d}$  : 128.56 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,0,d} = |M_d| / W_{el}$$

$\sigma_{m,0,d}$  : 1.12 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{d,x}$  : 74.052 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{d,y}$  : 0.129 t·m

$W_{el,x}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,y}$  : 11520.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d}$  : 94.19 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_{90} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

$k_{mod}$  : 0.70

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_0$  : 1.00

$k_0$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_0 = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : 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

$f_{m,0,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,0,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,0,d} = k_{mod} \cdot k_0 \cdot f_{m,0,k} / \gamma_M$$

$f_{m,0,k}$  : 150.15 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)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,0,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_0$ : Factor de altura, dado por:

$k_{90}$  : 1.00

$k_{90}$  : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_0 = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_0 = \min \left\{ (600/h)^{0.3}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_0$ : 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

$k_0$  : 0.70

Producido por una versión educativa de CXPE



**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 N6, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Viento+transv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.920 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.651 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{0,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.924 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{0,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.655 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.43) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.55 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

$N_{c,0,d}$  : 1.590 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 2880.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 124.58 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,y,d} = |M_y| / W_{el}$$

$\sigma_{m,z,d}$  : 2.19 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_y$ : Momento flector de cálculo

$M_y$  : 71.758 t-m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_z$  : 0.252 t-m

$W_{el,y}$  : 57600.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 11520.00 cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_{m1} \cdot f_{m,y,k} / \gamma_M$$

$f_{m,z,d}$  : 150.15 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)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{m1}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{m1}$  : 1.00

$k_{m2}$  : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{m1} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{m1} = \min \left\{ (600/h)^{1.5}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 240.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{m2}$ : 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

$k_{m2}$  : 0.70

$\chi_{0,y}$ : Factor de inestabilidad

$\chi_{0,y}$  : 1.00

$\chi_{0,z}$  : 0.96

Producido por una versión educativa de CYPE





**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.041 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.141 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Entarimado+1.05·Tráfico+1.5·Viento+1.5·VientoTransv\_X(2)+1.5·VientoVertic\_Z(1)+1.5·Cubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.55 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{v,d}$  : 1.75 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>d</sub>** : 0.709 t  
**V<sub>d</sub>** : 2.250 t  
**A** : 2880.00 cm<sup>2</sup>

**A**: Área de la sección transversal

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

**k<sub>cr</sub>** : 0.67  
 $\tau_{tor,d}$  : 0.15 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{tor,d}$  : 0.73 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{tor}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

Donde:

**M<sub>tor,d</sub>**: Momento torsor de cálculo

**M<sub>tor,d</sub>** : 0.150 t·m  
**W<sub>tor,d</sub>** : 102988.80 cm<sup>3</sup>  
**W<sub>tor,d</sub>** : 20597.76 cm<sup>3</sup>

**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión

**k<sub>cr</sub>**: Factor cuyo valor depende del tipo de sección

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

**k<sub>tor</sub>** : 1.75  
**f<sub>v,d</sub>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70  
**f<sub>v,k</sub>** : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_M$  : 1.25

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

Resistencia educativa CYPE

B.III.2 RIOSTRA

Barra N28/N26

Perfil: GL-300x160 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>p</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N28	N26	0.600	480.00	36000.00	10240.00	27125.76
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	1.00	1.00	
L <sub>k</sub>		0.600	0.600	0.600	0.600	
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,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>		M <sub>t,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N28/N26	η = 0.5	η = 2.2	x: 0.6 m η = 32.3	x: 0 m η = 7.4	x: 0 m η = 9.9	x: 0 m η = 62.6	η = 5.9	x: 0.6 m η = 33.0	x: 0.6 m η = 4.6	x: 0.6 m η = 33.1	x: 0 m η = 66.8	<b>CUMPLE</b> η = 66.8
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,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>t,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión eviada N <sub>t,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>t,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoVertic\_Z(2)+1.5·Cubierta(Arriba).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.49 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> : 0.235 t

A: Área de la sección transversal

A : 480.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.07

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 : 300.00 mm

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25

una versión educativa de CYPE



### Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(1)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{2.97} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{1.425} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**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:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.11}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.21}$$

por una versión educativa de CYPE

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{6.93}$$

$$\lambda_z : \underline{12.99}$$

$$\lambda = \frac{L_e}{i}$$

Donde:

$L_e$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{e,y} : \underline{600.00} \text{ mm}$$

$$L_{e,z} : \underline{600.00} \text{ mm}$$

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{86.60} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{46.19} \text{ mm}$$

### Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.323} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba). Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{OT} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.323} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba). Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{OT} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(2)+1.5-Cubierta(Abajo).

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{47.46} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{3.58} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = |M_y|/W_{el}$$

Donde:

$M_y$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{1.139} \text{ t-m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.086} \text{ t-m}$$

$$W_{el,z} : \underline{2400.00} \text{ cm}^3$$



$f_{m,d}$ : 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:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{1.5}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_x| / W_{el}$$

Donde:

$M_x$ : 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:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{1.5}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{lat}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,cr} \leq 0.75$

$k_{lat} = 1.0$

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:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{1.5}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{lat}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,cr} \leq 0.75$

$k_{lat} = 1.0$

Donde:

$\lambda_{rel,cr}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,cr} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{cr,t}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{cr,t}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{cr,t} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G_{0,k} \cdot I_{wt}}}{L_w}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$I_y$ : Momento de inercia

$I_{wt}$ : Momento de inercia a torsión

$L_w$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$$f_{m,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{\underline{47.46}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{\underline{3.58}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{x,d} : \underline{\underline{1.139}} \text{ t-m}$$

$$M_{x,d} : \underline{\underline{0.086}} \text{ t-m}$$

$$W_{el} : \underline{\underline{2400.00}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$k_{lat} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$k_{lat} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\lambda_{rel,cr} : \underline{\underline{0.17}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{el} : \underline{\underline{2400.00}} \text{ cm}^3$$

$$M_{cr,t} : \underline{\underline{209.044}} \text{ t-m}$$

$$E_{0,k} : \underline{\underline{95820.59}} \text{ kp/cm}^2$$

$$G_{0,k} : \underline{\underline{5988.79}} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_y : \underline{\underline{10240.00}} \text{ cm}^4$$

$$I_{wt} : \underline{\underline{27125.76}} \text{ cm}^4$$

$$L_w : \underline{\underline{600.00}} \text{ mm}$$

Producción por una versión educativa de CYPE

Producción por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.074 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba). 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:

$\sigma_{m,d}$  : 11.19 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,d}$  : 6.44 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>d</sub>** : 0.143 t·m  
**M<sub>d</sub>** : 0.082 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el</sub>** : 1280.00 cm<sup>3</sup>  
**f<sub>m,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

**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

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 3

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{1.5}; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 160.00 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:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.099 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba).

Donde:

Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 1.53 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>d</sub>** : 0.329 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 480.00 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>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**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

Educativa de CYPE

Proyecto por unavisi


**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.626} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Donde:

 $\tau_{c,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{c,d} : \underline{9.64} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{c,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_{c,d}|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_{c,d}$ : Cortante de cálculo

$$V_{c,d} : \underline{2.067} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torva} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.5-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(1)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

 $\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{1.16} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{c,d}| / W_{tor}$$

Donde:

 $M_{c,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{c,d} : \underline{0.022} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor} : \underline{1931.52} \text{ cm}^3$$

 $k_{torva}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{torva} : \underline{1.28}$$

$$k_{torva} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

 $b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{max} : \underline{300.00} \text{ mm}$$

 $b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{min} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

Producido por una versión educativa de



### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.330} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.236} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Viento+transv\_X(1)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.9·Cubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{47.46} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{1.53} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{1.139} \text{ t-m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.020} \text{ t-m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2400.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1280.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_a \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_a$ : Factor de altura, dado por:

$$k_a : \underline{1.07}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{ed} : \underline{1.10}$$

$k_{ed}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_{ed} : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones

0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·VientoVertic\_Z(1)+1.5·Cubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.095} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{6.09} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.51} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.146} \text{ t-m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-0.007} \text{ t-m}$$

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas



**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2400.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1280.00} \text{ cm}^3$$

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{100.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h : \underline{1.07}$$

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

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

**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:

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

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

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$





**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Viento+transv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + k_{12} \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta =$  0.331 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \right)^2 + k_{12} \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta =$  0.237 ✓

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 esbeltez relativa (0.17) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,d} =$  2.02 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{c,d} = |N_{c,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,d} =$  0.969 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A =$  480.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d} =$  47.46 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

$\sigma_{m,d} =$  1.53 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_d =$  1.139 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{ed} =$  0.020 t·m

$W_{ed} =$  2400.00 cm<sup>3</sup>

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$W_{ed} =$  1280.00 cm<sup>3</sup>

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,k} / \gamma_M$$

$f_{c,d} =$  137.00 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)

$k_{mod} =$  0.70

$f_{c,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,k} =$  244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M =$  1.25

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,d} =$  146.84 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$f_{m,k} =$  150.70 kp/cm<sup>2</sup>

Producción

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

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} =$  244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} =$  1.07

$k_{h,z} =$  1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h =$  300.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h =$  160.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M =$  1.25

$k_h$ : 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

$k_h =$  0.70



**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{T_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{t,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.077 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{T_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{t,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.668 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).  
Donde:

$\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

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:

$$\tau_{tor,d} = \frac{|M_{tor,d}|}{W_{tor}}$$

Donde:

$M_{tor,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{cr}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{vk}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\tau_{v,d}$  : 0.84 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{v,d}$  : 9.64 kp/cm<sup>2</sup>

$V_{d,d}$  : 0.179 t  
 $V_{d,d}$  : 2.067 t  
 $A$  : 480.00 cm<sup>2</sup>  
 $k_{cr}$  : 0.67

$\tau_{tor,d,d}$  : 0.44 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{tor,d,d}$  : 0.83 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{tor,d}$  : 0.016 t-m  
 $W_{tor,d}$  : 3621.60 cm<sup>3</sup>  
 $W_{tor,d}$  : 1931.52 cm<sup>3</sup>  
 $k_{tor}$  : 1.28

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{vk}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_M$  : 1.25

ersión educativa de CYPE



### B.III.3 DIAGONAL

Barra N1/N13

Perfil: S-160x80 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>x</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N1	N13	3.536	128.00	2730.67	682.67	1875.97

Pandeo					Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>	3.536	3.536	3.536	3.536		
C <sub>1</sub>	-		1.000			

Notas:  
<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado  
<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme

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>0,d</sub>	N <sub>1,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>1,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	V <sub>1,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>1,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>1,d</sub>	M <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub>	
N1/N13	η = 21.9	η = 90.2	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.768 m η = 6.8	x: 0 m η = 2.2	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.768 m η = 26.7	x: 1.768 m η = 93.8	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 93.8

Notación:  
N<sub>0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
N<sub>1,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
M<sub>1,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z  
V<sub>0,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y  
V<sub>1,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje z  
M<sub>0,d</sub>M<sub>1,d</sub>: Resistencia a flexión esviada  
N<sub>0,d</sub>M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
N<sub>0,d</sub>M<sub>1,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
M<sub>0,d</sub>V<sub>0,d</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.  
<sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

#### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{1,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.219} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(1)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

σ<sub>1,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{1,0,d} = N_{1,0,d}/A$$

Donde:

N<sub>1,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

A: Área 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 (Corta 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 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

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

$$\sigma_{1,0,d} : \underline{22.67} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{1,0,d} : \underline{2.902} \text{ t}$$

$$A : \underline{128.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{t,0,d} : \underline{103.61} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.143 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.248 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.902 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(2)+1.5-Cubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 19.56 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

$N_{c,0,d}$  : 2.504 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 128.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi_{c,y}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.58

$\chi_{c,z}$  : 0.16

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 1.30

$k_z$  : 3.64

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 1.23

$\lambda_{rel,z}$  : 2.46

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 76.55

$\lambda_z$  : 153.09

$$\lambda = \frac{L_0}{i}$$

Donde:

$L_0$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{0,y}$  : 3535.53 mm

$L_{0,z}$  : 3535.53 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 46.19 mm

$i_z$  : 23.09 mm

Producido por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.068 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 7.28 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

$M_{z,d}^+$  : 0.012 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.000 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$  : 170.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.50

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 3

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : 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

$h$  : 80.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25



**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.022** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.25 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 0.014 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 128.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 11.01 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.50

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

tiva de CYPE

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.253** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.267** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Entarimado+1.05·Tráfico+1.5·Vientotransv\_X(1)+1.5·VientoVertic\_Z(1)+1.5·Cubierta(Abajo).

Donde:

$\sigma_{t,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,d}$  : 22.67 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d} / A$$

Donde:

$N_{t,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,d}$  : 2.902 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 128.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d}$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$\sigma_{m,d}$  : 7.28 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_d$  : 0.000 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_d$  : 0.012 t·m

$W_{el}$  : 341.33 cm<sup>3</sup>

$W_{el}$  : 170.67 cm<sup>3</sup>

$f_{t,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,d}$  : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 160.00 mm

$f_{t,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

ducido por una versión educativa de CYPE



**Pr**

Donde:

$k_{dur}$ : 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:

$$k_{dur} : \frac{0.70}{1}$$

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{1.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \frac{1.10}{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{ty} = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \frac{160.00}{1} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{tz} = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \frac{80.00}{1} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \frac{1.25}{1}$$

$k_c$ : 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

$$k_c : \frac{0.70}{1}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-Vientotransv\_X(2)+1.5-VientoVertic\_Z(2)+1.5-Cubierta(Arriba).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{mz} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.054} \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_{ty} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.068} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{mz} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.278} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_{ty} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.938} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que el correspondiente momento flector actuante es nulo.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \frac{19.28}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \frac{2.468}{1} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \frac{128.00}{1} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \frac{0.00}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = |M_d|/W_d$$

$$\sigma_{m,z,d} : \frac{7.28}{1} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \frac{0.000}{1} \text{ t-m}$$

$W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \frac{0.012}{1} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \frac{341.33}{1} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \frac{170.67}{1} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \frac{137.00}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{red} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Creado por una versión educativa de CYPE



### PROPIEDADES DEL MATERIAL

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$f_{t,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_m$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{t,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera 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

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

$\gamma_m$ : 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

$\chi_{t,d}$ : Factor de inestabilidad

$$\begin{aligned} k_{mod} &: \underline{0.70} \\ f_{t,0,k} &: \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2 \\ \gamma_m &: \underline{1.25} \\ f_{t,d} &: \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2 \\ f_{t,d} &: \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{mod} &: \underline{0.70} \\ f_{t,k} &: \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2 \\ k_{h,y} &: \underline{1.10} \\ k_{h,z} &: \underline{1.10} \end{aligned}$$

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_m : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$

$$\chi_{t,y} : \underline{0.58}$$

$$\chi_{t,z} : \underline{0.16}$$





## B.IV MODELO III: CELOSÍA SIN CUBIERTA

### B.IV.1 CELOSÍA - CORDÓN INFERIOR

Barra N17/N15

Perfil: GL-300x200 Material: Madera (GL24h)																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N17</td> <td>N15</td> <td>2.500</td> <td>600.00</td> <td>45000.00</td> <td>20000.00</td> <td>47040.00</td> </tr> </tbody> </table>	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> )	N17	N15	2.500	600.00	45000.00	20000.00	47040.00				
	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> )																			
N17	N15	2.500	600.00	45000.00	20000.00	47040.00																			
<p>Notas:  <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado  <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>K</sub></td> <td>2.500</td> <td>2.500</td> <td>2.500</td> <td>2.500</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Notación:  β: Coeficiente de pandeo  L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)  C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>			Pandeo		Pandeo lateral		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	β	1.00	1.00	1.00	1.00	L <sub>K</sub>	2.500	2.500	2.500	2.500	C <sub>1</sub>	-		1.000	
	Pandeo		Pandeo lateral																						
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																					
β	1.00	1.00	1.00	1.00																					
L <sub>K</sub>	2.500	2.500	2.500	2.500																					
C <sub>1</sub>	-		1.000																						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	N <sub>u,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>u,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>u,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>u,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N17/N15	η = 24.2	η = 3.3	x: 2.5 m η = 34.4	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 30.2	η = 9.1	x: 2.5 m η = 39.4	x: 2.5 m η = 63.7	x: 2.5 m η = 14.2	x: 0 m η = 34.6	<b>CUMPLE</b> η = 63.7

N<sub>u,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 N<sub>c,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>u,d</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión esviada  
 N<sub>u,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 N<sub>c,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 M<sub>u,d</sub>V<sub>y,d</sub>V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante y torsión combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)



**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.242 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 24.48 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>** : 14.686 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>t,0,d</sub>** : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.07

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** : 300.00 mm

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

**f<sub>t,0,k</sub>** : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.031 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.031 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 4.18 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>** : 2.510 t

na versión educativa de CYPE



**A: Área de la sección transversal**

**$f_{c,0,d}$** : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**$k_{mod}$** : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**$f_{c,0,k}$** : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : 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:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

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

<b>A</b> : <u>600.00</u> cm <sup>2</sup>	<b><math>f_{c,0,d}</math></b> : <u>137.00</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>k_{mod}</math></b> : <u>0.70</u>	<b><math>f_{c,0,k}</math></b> : <u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>\gamma_M</math></b> : <u>1.25</u>	<b><math>\chi_{c,y}</math></b> : <u>0.98</u>
<b><math>\chi_{c,z}</math></b> : <u>0.93</u>	<b><math>\chi_{c,z}</math></b> : <u>0.93</u>
<b><math>k_y</math></b> : <u>0.62</u>	<b><math>\beta_c</math></b> : <u>0.10</u>
<b><math>k_z</math></b> : <u>0.76</u>	<b><math>\lambda_{rel,y}</math></b> : <u>0.46</u>
<b><math>\beta_c</math></b> : <u>0.10</u>	<b><math>\lambda_{rel,z}</math></b> : <u>0.70</u>
<b><math>\lambda_{rel,y}</math></b> : <u>0.46</u>	<b><math>E_{0,k}</math></b> : <u>95820.59</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>\lambda_{rel,z}</math></b> : <u>0.70</u>	<b><math>f_{c,0,k}</math></b> : <u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>E_{0,k}</math></b> : <u>95820.59</u> kp/cm <sup>2</sup>	<b><math>\lambda_y</math></b> : <u>28.87</u>
<b><math>f_{c,0,k}</math></b> : <u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>	<b><math>\lambda_z</math></b> : <u>43.30</u>
<b><math>\lambda_y</math></b> : <u>28.87</u>	<b><math>L_{k,y}</math></b> : <u>2500.00</u> mm
<b><math>\lambda_z</math></b> : <u>43.30</u>	<b><math>L_{k,z}</math></b> : <u>2500.00</u> mm
<b><math>L_{k,y}</math></b> : <u>2500.00</u> mm	<b><math>i_y</math></b> : <u>86.60</u> mm
<b><math>L_{k,z}</math></b> : <u>2500.00</u> mm	<b><math>i_z</math></b> : <u>57.74</u> mm
<b><math>i_y</math></b> : <u>86.60</u> mm	
<b><math>i_z</math></b> : <u>57.74</u> 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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.344 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.344 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.



Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.086} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(2) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(2)$ .

**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:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : 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:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{50.58} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{12.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{1.518} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{0.380} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.07}$$

$$h : \underline{300.00} \quad \text{mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{50.58} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{12.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{1.518} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{0.380} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.07}$$



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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>crit</sub>**: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$$k_{crit} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>crit</sub>**: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**G<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

**I**: Momento de inercia

**I<sub>tor</sub>**: Momento de inercia a torsión

**L<sub>ef</sub>**: Longitud eficaz de vuelco lateral

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_{crit} : \underline{1.00}$$

$$\lambda_{rel,m} : \underline{0.28}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$$M_{crit,y} : \underline{92.333} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$G_{0,k} : \underline{5988.79} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_z : \underline{20000.00} \text{ cm}^4$$

$$I_{tor} : \underline{47040.00} \text{ cm}^4$$

$$L_{ef} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.089 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

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:**

$\sigma_{m,z}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_d$ : 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:

$$k_h = \min\left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 13.41 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 9.66 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,d}^+$  : 0.268 t·m

$M_{d,d}^-$  : 0.193 t·m

$W_{d,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 200.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.089 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 1.37 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>v,d</sub>** : 0.368 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 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>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**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 de cálculo a cortante en el eje y

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.302 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 4.66 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>v,d</sub>** : 1.249 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 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>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**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 de cálculo a cortante en el eje z


**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.091} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

 $\tau_{\text{tor,d}}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor,d}} : \underline{1.72} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor,d}} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.049} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor}} : \underline{2856.00} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.22}$$

$$k_{\text{forma}} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{\text{max}}}{b_{\text{min}}} \right\}$$

Donde:

 $b_{\text{max}}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{\text{max}} : \underline{300.00} \text{ mm}$$

 $b_{\text{min}}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{\text{min}} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$





**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.394}$  ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.312}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{50.58}$  kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d} : \underline{10.69}$  kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{1.518}$  t·m

$M_{z,d} : \underline{0.214}$  t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : \underline{3000.00}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z} : \underline{2000.00}$  cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{146.84}$  kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d} : \underline{150.70}$  kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$f_{m,k} : \underline{244.65}$  kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.07}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.637}$  ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.555}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d} : \underline{24.48}$  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

$N_{t,0,d} : \underline{14.686}$  t

Prohibido por una versión educativa de CYPE



<p><b>A:</b> Área de la sección transversal</p> <p><math>\sigma_{m,d}</math>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:</p> $\sigma_{m,d} =  M_d  / W_{el}$ <p>Donde:</p> <p><b>M<sub>d</sub></b>: Momento flector de cálculo</p> <p><b>W<sub>el</sub></b>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><b>f<sub>t,0,d</sub></b>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:</p> $f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><b>k<sub>mod</sub></b>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)</p> <p><b>k<sub>h</sub></b>: Factor de altura, dado por: Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm: <math display="block">k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}</math></p> <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><b>f<sub>t,0,k</sub></b>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra</p> <p><b>γ<sub>M</sub></b>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>f<sub>m,d</sub></b>: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:</p> $f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><b>k<sub>mod</sub></b>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)</p> <p><b>f<sub>m,k</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>k<sub>h</sub></b>: Factor de altura, dado por: --</p> <p><b>Eje y:</b> Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm: <math display="block">k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}</math></p> <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><b>Eje z:</b> Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm: <math display="block">k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}</math></p> <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><b>γ<sub>M</sub></b>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>k<sub>m</sub></b>: 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</p>	<p><b>A</b> : <u>600.00</u> cm<sup>2</sup></p> <p><b>σ<sub>m,y,d</sub></b> : <u>50.58</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>σ<sub>m,z,d</sub></b> : <u>10.69</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>M<sub>y,d</sub></b> : <u>1.518</u> t·m</p> <p><b>M<sub>z,d</sub></b> : <u>-0.214</u> t·m</p> <p><b>W<sub>el,y</sub></b> : <u>3000.00</u> cm<sup>3</sup></p> <p><b>W<sub>el,z</sub></b> : <u>2000.00</u> cm<sup>3</sup></p> <p><b>f<sub>t,0,d</sub></b> : <u>100.95</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>k<sub>mod</sub></b> : <u>0.70</u></p> <p><b>k<sub>h</sub></b> : <u>1.07</u></p> <p><b>h</b> : <u>300.00</u> mm</p> <p><b>f<sub>t,0,k</sub></b> : <u>168.20</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>γ<sub>M</sub></b> : <u>1.25</u></p> <p><b>f<sub>m,y,d</sub></b> : <u>146.84</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>f<sub>m,z,d</sub></b> : <u>150.70</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>k<sub>mod</sub></b> : <u>0.70</u></p> <p><b>f<sub>m,k</sub></b> : <u>244.65</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b>k<sub>h,y</sub></b> : <u>1.07</u></p> <p><b>k<sub>h,z</sub></b> : <u>1.10</u></p> <p><b>h</b> : <u>300.00</u> mm</p> <p><b>h</b> : <u>200.00</u> mm</p> <p><b>γ<sub>M</sub></b> : <u>1.25</u></p> <p><b>k<sub>m</sub></b> : <u>0.70</u></p>
--	--

Producido por una versión educativa de CYPE

Pr



**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 N15, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.142} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.128} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.28) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{4.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{2.510} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{12.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{5.26} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-0.380} \text{ t·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.105} \text{ t·m}$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{2000.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_H$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_H$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_H : \underline{1.25}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_H$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

Inducido por una versión educacional de AutoCAD

Pro



**$k_h$** : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

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

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**$k_m$** : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**$\chi$** : Factor de inestabilidad

$$\chi_{-y} : \underline{0.98}$$

$$\chi_{-z} : \underline{0.93}$$



**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.030 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.346 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$  : 0.02 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{z,d}$  : 4.66 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d}$  : 0.004 t

$V_{z,d}$  : 1.249 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d}$  : 0.55 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{tor,z,d}$  : 0.83 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.024 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$  : 4284.00 cm<sup>3</sup>

$W_{tor,z}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE

## B.IV.2 CELOSÍA - CORDÓN SUPERIOR

Barra N12/N14

Perfil: GL-300x200		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>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N12	N14	2.500	600.00	45000.00	20000.00	47040.00	
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	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>		2.500	2.500	2.500	2.500		
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,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>xy,d</sub>	M <sub>yz,d</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>xy,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>yz,d</sub>	M <sub>xy,d</sub> V <sub>y,d</sub>	M <sub>yz,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N12/N14	η = 3.9	η = 12.5	x: 0 m η = 35.7	x: 0 m η = 41.2	x: 0 m η = 24.8	x: 0 m η = 15.3	η = 5.9	x: 0 m η = 62.3	x: 0 m η = 56.0	x: 0 m η = 69.3	x: 0 m η = 28.5	η = 69.3	<b>CUMPLE</b> η = 69.3
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,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>xy,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>yz,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,d</sub> M <sub>xy,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,d</sub> M <sub>yz,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>xy,d</sub> V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante y tensor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)													

### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \mathbf{0.039} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{3.93} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{2.358} \text{ t}$$

A: Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{100.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h : \underline{1.07}$$

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

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.117} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.119} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.125} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{15.98} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{9.589} \text{ t}$$



<p><b>A: Área de la sección transversal</b></p> <p><b><math>f_{c,0,d}</math></b>: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:</p> $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><b><math>k_{mod}</math></b>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)</p> <p><b><math>f_{c,0,k}</math></b>: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra</p> <p><math>\gamma_M</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-M: 6.3.2)</p> <p><math>\chi_c</math>: Factor de inestabilidad, dado por:</p> $\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$ <p>Donde:</p> $k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$ <p>Donde:</p> <p><math>\beta_c</math>: Factor asociado a la rectitud de las piezas</p> <p><math>\lambda_{rel}</math>: Esbeltez relativa, dada por:</p> $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$ <p>Donde:</p> <p><b><math>E_{0,k}</math></b>: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra</p> <p><b><math>f_{c,0,k}</math></b>: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra</p> <p><math>\lambda</math>: Esbeltez mecánica, dada por:</p> $\lambda = \frac{L_k}{i}$ <p>Donde:</p> <p><b><math>L_k</math></b>: Longitud de pandeo de la barra</p> <p><b><math>i</math></b>: Radio de giro</p>	<p><b>A</b> : <u>600.00</u> cm<sup>2</sup></p> <p><b><math>f_{c,0,d}</math></b> : <u>137.00</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b><math>k_{mod}</math></b> : <u>0.70</u></p> <p><b><math>f_{c,0,k}</math></b> : <u>244.65</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><math>\gamma_M</math> : <u>1.25</u></p> <p><math>\chi_{c,y}</math> : <u>0.98</u></p> <p><math>\chi_{c,z}</math> : <u>0.93</u></p> <p><b><math>k_y</math></b> : <u>0.62</u></p> <p><b><math>k_z</math></b> : <u>0.76</u></p> <p><math>\beta_c</math> : <u>0.10</u></p> <p><math>\lambda_{rel,y}</math> : <u>0.46</u></p> <p><math>\lambda_{rel,z}</math> : <u>0.70</u></p> <p><b><math>E_{0,k}</math></b> : <u>95820.59</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><b><math>f_{c,0,k}</math></b> : <u>244.65</u> kp/cm<sup>2</sup></p> <p><math>\lambda_y</math> : <u>28.87</u></p> <p><math>\lambda_z</math> : <u>43.30</u></p> <p><b><math>L_{k,y}</math></b> : <u>2500.00</u> mm</p> <p><b><math>L_{k,z}</math></b> : <u>2500.00</u> mm</p> <p><b><math>i_y</math></b> : <u>86.60</u> mm</p> <p><b><math>i_z</math></b> : <u>57.74</u> mm</p>
---	--

### 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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.357 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit}^+ \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.169 ✓





El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.357}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

**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:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : 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

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{24.80}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{52.47}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{0.744}} \text{ t-m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{1.574}} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{3000.00}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{24.80}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{52.47}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{0.744}} \text{ t-m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{1.574}} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{3000.00}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

Clase : Corta duración

Clase : 3

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

2. por una versión educativa de CYPE

Producid



**$k_h$** : 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

**$k_{crit}$** : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$$k_{crit} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

**$f_{m,k}$** : Resistencia característica a flexión

**$W_{el}$** : Módulo resistente elástico de la sección transversal

**$M_{crit}$** : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**$E_{0,k}$** : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**$G_{0,k}$** : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

**I**: Momento de inercia

**$I_{tor}$** : Momento de inercia a torsión

**$L_{ef}$** : Longitud eficaz de vuelco lateral

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$k_{crit} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\lambda_{rel,m} : \underline{\underline{0.28}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{3000.00}} \text{ cm}^3$$

$$M_{crit,y} : \underline{\underline{92.333}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$E_{0,k} : \underline{\underline{95820.59}} \text{ kp/cm}^2$$

$$G_{0,k} : \underline{\underline{5988.79}} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_z : \underline{\underline{20000.00}} \text{ cm}^4$$

$$I_{tor} : \underline{\underline{47040.00}} \text{ cm}^4$$

$$L_{ef} : \underline{\underline{2500.00}} \text{ mm}$$


**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.412}} \quad \checkmark$$

 El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  
 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

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:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

 $k_b$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

 $h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \underline{\underline{60.66}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d}^- : \underline{\underline{62.04}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$M_{z,d}^+ : \underline{\underline{1.213}} \quad \text{t-m}$$

$$M_{z,d}^- : \underline{\underline{1.241}} \quad \text{t-m}$$

$$W_{el,z} : \underline{\underline{2000.00}} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{m,z,d} : \underline{\underline{150.70}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{3}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_b : \underline{\underline{1.10}}$$

$$h : \underline{\underline{200.00}} \quad \text{mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$



**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.248** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(1) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(1) + 0.75 \cdot \text{Nieve}$$

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 3.82 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>d</sub>** : 1.025 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 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>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**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

cativa de CYPE

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.153** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 2.35 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>d</sub>** : 0.631 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 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>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**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

gido por una visita



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.059 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2).

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 1.11 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.032 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 300.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 200.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

versión educativa de CYPE



**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.590 ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.623 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 44.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 62.04 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.330 t·m

$M_{z,d}$  : 1.241 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 146.84 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:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$  : 1.07

$k_{h,z}$  : 1.10

$\gamma_M$ : 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)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.490 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.560 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 3.93 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Procedido por una versión educativa de CYPE



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:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_h$ : 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

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

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

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$N_{t,0,d} : \underline{2.358} \text{ t}$$

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{24.80} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{60.66} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{0.744} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{1.213} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{2000.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{100.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.07}$$

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$



$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(1) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(1) + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.594} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.627} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.656} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.693} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.28) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión 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

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_H$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_H$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_H$$

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{8.91} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{c,0,d} : \underline{5.345} \text{ t}$$

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{44.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{62.04} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{62.04} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{-1.330} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{1.241} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{2000.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_H : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$





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:

$$k_{mod} : \frac{0.70}{}$$

$$f_{m,k} : \frac{244.65}{\text{kp/cm}^2}$$

$$k_{h,y} : \frac{1.07}{}$$

$$k_{h,z} : \frac{1.10}{}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \frac{300.00}{\text{mm}}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \frac{200.00}{\text{mm}}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \frac{1.25}{}$$

$k_{tr}$ : 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

$$k_{tr} : \frac{0.70}{}$$

$\chi$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \frac{0.98}{}$$

$$\chi_{c,z} : \frac{0.93}{}$$


**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.285} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.208} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{3.82} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{2.34} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{1.025} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.627} \text{ t}$$

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las sendas

 $\tau_{\text{tor},d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{1.06} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},d} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.030} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{4284.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{2856.00} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.22}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

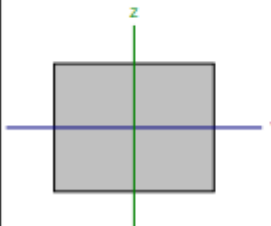
$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### B.IV.3 CELOSÍA – DIAGONALES

Barra N17/N19

Perfil: GL-160x200 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>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N17	N19	3.536	320.00	6826.67	10666.67	14008.32
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo			Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β	1.00	1.00	1.00	1.00	
	L <sub>k</sub>	3.536	3.536	3.536	3.536	
	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,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>x</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>x</sub>	N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
N17/N19	x: 3.536 m η = 6.7	x: 0 m η = 30.1	x: 3.094 m η = 3.9	x: 0 m η = 67.9	x: 0 m η = 34.1	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 5.6	x: 0 m η = 68.3	x: 0 m η = 69.9	x: 0 m η = 82.7	x: 0 m η = 34.6	<b>CUMPLE</b> η = 82.7
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>x,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje x V <sub>z,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y M <sub>z,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> M <sub>x</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>x</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>x</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

#### Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.067** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 6.92 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> : 2.214 t

A: Área de la sección transversal

A : 320.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 200.00 mm

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.173} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.301} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{23.75} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{7.599} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{0.58}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.78}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k_y : \underline{1.30}$$

$$k_z : \underline{1.02}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{1.23}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.98}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{76.55}$$

$$\lambda_z : \underline{61.24}$$

$$\lambda = \frac{l_k}{i}$$



Prod

Donde:

$L_{k,y}$ : Longitud de pandeo de la barra	$L_{k,y}$ : <u>3535.53</u> mm
	$L_{k,z}$ : <u>3535.53</u> mm
$i_y$ : Radio de giro	$i_y$ : <u>46.19</u> mm
	$i_z$ : <u>57.74</u> 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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.039 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.094 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+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:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 5.85 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 0.050 t·m  
 $M_{y,d}^-$  : 0.000 t·m  
 $W_{el,y}$  : 853.33 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}^+$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{m,y,d}^-$  : 107.65 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

$h$  : 160.00 mm  
 $\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.679 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}^+}{k_{oit} \cdot f_{m,z,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.648 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}^-}{k_{oit} \cdot f_{m,z,d}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.679 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,z,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,z,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,z,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 97.58 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 102.28 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{z,d}^+$  : 1.041 t·m

$M_{z,d}^-$  : 1.091 t·m

$W_{m,z}$  : 1066.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 200.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYBER



**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flexor 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

$k_{crit}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$$k_{crit} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{crit}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,z} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$I$ : Momento de inercia

$I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$$\sigma_{m,d}^+ : \underline{97.58} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d}^- : \underline{102.28} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{d,d}^+ : \underline{1.041} \text{ t-m}$$

$$M_{d,d}^- : \underline{1.091} \text{ t-m}$$

$$W_{el,z} : \underline{1066.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_{crit} : \underline{1.00}$$

$$\lambda_{rel,m} : \underline{0.35}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{el,z} : \underline{1066.67} \text{ cm}^3$$

$$M_{crit,z} : \underline{20.816} \text{ t-m}$$

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$G_{0,k} : \underline{5988.79} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_y : \underline{6826.67} \text{ cm}^4$$

$$I_{tor} : \underline{14008.32} \text{ cm}^4$$

$$L_{ef} : \underline{3535.53} \text{ mm}$$



### Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.341} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{5.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.752} \text{ t}$$

**A**: Área de la sección transversal

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

cativa de CYPE

### Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.020} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.22} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.032} \text{ t}$$

**A**: Área de la sección transversal

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{11.01} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.50}$$

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

por una visita




**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

 $\tau_{\text{tor,d}}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor,d}} : \underline{1.02} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor,d}} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.012} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor}} : \underline{1141.76} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.19}$$

$$k_{\text{forma}} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{\text{max}}}{b_{\text{min}}} \right\}$$

Donde:

 $b_{\text{max}}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{\text{max}} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

 $b_{\text{min}}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{\text{min}} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.482} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.683} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.97} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{102.28} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.008} \text{ t·m}$$

$$M_{z,d} : \underline{1.091} \text{ t·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{853.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1066.67} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.498} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.699} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{6.83} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Preparado por una versión educativa de CYPE



<b>Donde:</b>		
<b><math>N_{t,0,d}</math></b> : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra		<b><math>N_{t,0,d}</math></b> : <u>2.185</u> t
<b>A</b> : Área de la sección transversal		<b>A</b> : <u>320.00</u> cm <sup>2</sup>
<b><math>\sigma_{m,d}</math></b> : Tensión de cálculo a flexión, dada por:		<b><math>\sigma_{m,y,d}</math></b> : <u>-3.17</u> kp/cm <sup>2</sup>
		<b><math>\sigma_{m,z,d}</math></b> : <u>97.58</u> kp/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d} =  M_d  / W_{el}$		
<b>Donde:</b>		
<b><math>M_d</math></b> : Momento flector de cálculo		<b><math>M_{y,d}</math></b> : <u>-0.027</u> t·m
		<b><math>M_{z,d}</math></b> : <u>1.041</u> t·m
<b><math>W_{el}</math></b> : Módulo resistente elástico de la sección transversal		<b><math>W_{el,y}</math></b> : <u>853.33</u> cm <sup>3</sup>
		<b><math>W_{el,z}</math></b> : <u>1066.67</u> cm <sup>3</sup>
<b><math>f_{t,0,d}</math></b> : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:		<b><math>f_{t,0,d}</math></b> : <u>103.61</u> kp/cm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$		
<b>Donde:</b>		
<b><math>k_{mod}</math></b> : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)		<b><math>k_{mod}</math></b> : <u>0.70</u>
<b><math>k_h</math></b> : Factor de altura, dado por:		<b><math>k_h</math></b> : <u>1.10</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:		
$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$		
<b>Donde:</b>		
<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción		<b>h</b> : <u>200.00</u> mm
<b><math>f_{t,0,k}</math></b> : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra		<b><math>f_{t,0,k}</math></b> : <u>168.20</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>\gamma_M</math></b> : Coeficiente parcial para las propiedades del material		<b><math>\gamma_M</math></b> : <u>1.25</u>
<b>f</b> : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:		<b><math>f_{m,y,d}</math></b> : <u>150.70</u> kp/cm <sup>2</sup>
		<b><math>f_{m,z,d}</math></b> : <u>150.70</u> kp/cm <sup>2</sup>
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$		
<b>Donde:</b>		
<b><math>k_{mod}</math></b> : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)		<b><math>k_{mod}</math></b> : <u>0.70</u>
<b><math>f_{m,k}</math></b> : Resistencia característica a flexión		<b><math>f_{m,k}</math></b> : <u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>k_h</math></b> : Factor de altura, dado por:		<b><math>k_{h,y}</math></b> : <u>1.10</u>
		<b><math>k_{h,z}</math></b> : <u>1.10</u>
<b>Eje y:</b>		
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:		
$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$		
<b>Donde:</b>		
<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción		<b>h</b> : <u>160.00</u> mm
<b>Eje z:</b>		
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:		
$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$		
<b>Donde:</b>		
<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción		<b>h</b> : <u>200.00</u> mm
<b><math>\gamma_M</math></b> : Coeficiente parcial para las propiedades del material		<b><math>\gamma_M</math></b> : <u>1.25</u>
<b><math>k_m</math></b> : 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><math>k_m</math></b> : <u>0.70</u>

Producido por una versión educativa de CYPE


**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 N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.494} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.696} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.677} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.827} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.35) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión 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

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{c,0,d} : \underline{4.931} \text{ t}$$

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.97} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{102.28} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{-0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{1.091} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{853.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1066.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$



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:

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

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

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k$ : 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

$$k : \underline{0.70}$$

$\chi$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.58}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.78}$$


**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.346} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{5.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{0.21} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.752} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.030} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $\tau_{\text{tor},d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.08} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{0.06} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},d} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{1141.76} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{1427.20} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.19}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Pro:

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



### B.IV.4 CELOSÍA – PILARES

Barra N2/N12

Perfil: GL-300x200 Material: Madera (GL24h)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N2	N12	2.500	600.00	45000.00	20000.00	47040.00
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	1.00	1.00	
L <sub>e</sub>		2.500	2.500	2.500	2.500	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>e</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>x,x</sub>	N <sub>z,z</sub>	M <sub>y,y</sub>	M <sub>z,z</sub>	V <sub>y,y</sub>	V <sub>z,z</sub>	M <sub>t,t</sub>	M <sub>x,x</sub> M <sub>z,z</sub>	N <sub>x,x</sub> M <sub>y,y</sub> M <sub>z,z</sub>	N <sub>x,x</sub> M <sub>z,z</sub> M <sub>y,y</sub>		M <sub>x,x</sub> V <sub>y,y</sub> V <sub>z,z</sub>
N2/N12	x: 2.5 m η = 6.9	x: 0 m η = 13.9	x: 0 m η = 35.1	x: 0 m η = 55.6	x: 0 m η = 34.6	η = 11.4	η = 0.6	x: 0 m η = 76.2	x: 0 m η = 80.2	x: 0 m η = 86.3	x: 0 m η = 34.9	<b>CUMPLE</b> η = <b>86.3</b>
Notación: N <sub>x,x</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>z,z</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>y,y</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>z,z</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>y,y</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>z,z</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>t,t</sub> : Resistencia a torsión N <sub>x,x</sub> M <sub>y,y</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>x,x</sub> M <sub>z,z</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,x</sub> V <sub>y,y</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												



**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.069 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  
0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 6.94 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>** : 4.165 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>t,0,d</sub>** : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.07

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** : 300.00 mm

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

**f<sub>t,0,k</sub>** : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

Cuna versión educativa de CYPE

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.129 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.132 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.139 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 17.70 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

$A$ : Área de la sección transversal

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : 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:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

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

$$N_{c,0,d} : \underline{10.619} \text{ t}$$

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$\chi_{c,y} : \underline{0.98}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.93}$$

$$k_y : \underline{0.62}$$

$$k_z : \underline{0.76}$$

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.46}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.70}$$

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$\lambda_y : \underline{28.87}$$

$$\lambda_z : \underline{43.30}$$

$$L_{k,y} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{86.60} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{57.74} \text{ mm}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

### Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.351} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit}^+ \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.273} \quad \checkmark$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.351}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones  
 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_d$ : 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

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_d$ : 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:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{40.10}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{51.60}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{1.203}} \text{ t-m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{1.548}} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{3000.00}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{3}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{40.10}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{51.60}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{1.203}} \text{ t-m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{1.548}} \text{ t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{\underline{3000.00}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{3}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$



Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 300.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**k<sub>crit</sub>**: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

**k<sub>crit</sub>** : 1.00

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

**k<sub>crit</sub>** = 1.0

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$\lambda_{rel,m}$  : 0.28

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,y</sub>** : 3000.00 cm<sup>3</sup>

**M<sub>crit</sub>**: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

**M<sub>crit,y</sub>** : 92.333 t·m

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**E<sub>0,k</sub>** : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

**G<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

**G<sub>0,k</sub>** : 5988.79 kp/cm<sup>2</sup>

**I**: Momento de inercia

**I<sub>z</sub>** : 20000.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>tor</sub>**: Momento de inercia a torsión

**I<sub>tor</sub>** : 47040.00 cm<sup>4</sup>

**L<sub>ef</sub>**: Longitud eficaz de vuelco lateral

**L<sub>ef</sub>** : 2500.00 mm

educativa de CYPE


**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.556}} \quad \checkmark$$

 El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones  
 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

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:**
 $\sigma_{m,z}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \underline{\underline{79.88}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d}^- : \underline{\underline{83.86}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_d$$

Donde:

 $M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{z,d}^+ : \underline{\underline{1.598}} \text{ t-m}$$

$$M_{z,d}^- : \underline{\underline{1.677}} \text{ t-m}$$

 $W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{m,z} : \underline{\underline{2000.00}} \text{ cm}^3$$

 $f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,z,d} : \underline{\underline{150.70}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{\underline{3}}$$

 $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

 $k_b$ : Factor de altura, dado por:

$$k_b : \underline{\underline{1.10}}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

 $h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{\underline{200.00}} \text{ mm}$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$


**Resistencia a cortante en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.346} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones

 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(2) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(1) + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ 

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{5.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{1.428} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje z** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

 El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(1) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(2)$ .

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{1.75} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.470} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 0.11 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.003 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 300.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 200.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

versión educativa del CYPE



### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.713} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.762} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{51.60} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{77.83} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{1.548} \text{ t·m}$$

$$M_{z,d} : \underline{1.557} \text{ t·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{2000.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.721} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.802} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{6.85} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Procedido por una versión educativa de CYPE



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:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

Eje y:

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

Eje z:

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$N_{t,0,d} : \underline{4.110} \text{ t}$$

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{40.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{81.81} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{1.203} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-1.636} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{2000.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{100.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.07}$$

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$





$k_m$ : 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

$k_m : 0.70$

**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 N2, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(1) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(1) + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : 0.722$  ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : 0.771$  ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : 0.809$  ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : 0.863$  ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.28) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d} : 12.85 \text{ kp/cm}^2$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d} : 7.709 \text{ t}$

$A$ : Área de la sección transversal

$A : 600.00 \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : 51.60 \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : 77.83 \text{ kp/cm}^2$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : -1.548 \text{ t}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d} : 1.557 \text{ t}\cdot\text{m}$

$W_{el,y} : 3000.00 \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : 2000.00 \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : 137.00 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod} : 0.70$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : 244.65 \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : 1.25$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : 146.84 \text{ kp/cm}^2$

$f_{m,z,d} : 150.70 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Producido por el sistema educativo de CVPE



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:

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.98}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.93}$$


**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.349} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.109} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones

 $1.35 \cdot \text{PP} + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(2) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(1) + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ 

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{5.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{1.60} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{1.428} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.430} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $\tau_{\text{tor},d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.06} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{0.09} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},d} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{4284.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{2856.00} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.22}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

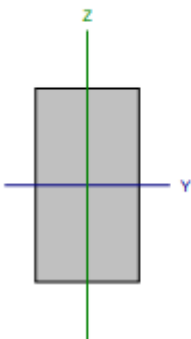
 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



### B.IV.5 RIOSTRA SUPERIOR

Barra N28/N26

Perfil: GL-300x160 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> )
	N28	N26	0.600	480.00	36000.00	10240.00	27125.76
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	1.00	1.00	1.00	1.00		
	L <sub>k</sub>	0.600	0.600	0.600	0.600		
	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,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>y</sub> ,M <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> ,M <sub>y</sub> ,M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> ,M <sub>y</sub> ,M <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> ,V <sub>y</sub> ,V <sub>z</sub>	
N28/N26	η = 0.5	η = 2.2	x: 0.6 m η = 32.3	x: 0 m η = 7.4	x: 0 m η = 9.9	x: 0 m η = 62.6	η = 5.9	x: 0.6 m η = 33.0	x: 0.6 m η = 4.6	x: 0.6 m η = 33.1	x: 0 m η = 66.8	<b>CUMPLE</b> η = <b>66.8</b>
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,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>t,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> ,M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t</sub> ,M <sub>y</sub> ,M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c</sub> ,M <sub>y</sub> ,M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>t</sub> ,V <sub>y</sub> ,V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante y torsión combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												


**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoVertic\_Z(2)+1.5·Cubierta(Arriba).

Donde:

 $\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

 $N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.235} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{100.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.07}$$

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

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

 $f_{t,0,k}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**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

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Entarimado+1.05·Tráfico+1.5·Vientotransv\_X(1)+1.5·VientoVertic\_Z(1)+1.5·Cubierta(Abajo).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 2.97 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

$N_{c,0,d}$  : 1.425 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 480.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.11

$\lambda_{rel,z}$  : 0.21

por una versión educativa de CYPE

$$\lambda_{rel} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 6.93

$\lambda_z$  : 12.99

$$\lambda = \frac{L_0}{i}$$

Donde:

$L_0$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{0,y}$  : 600.00 mm

$L_{0,z}$  : 600.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 86.60 mm

$i_z$  : 46.19 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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.323 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Vientotransv\_X(1)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.9·Cubierta(Arriba).

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,0,d}^+}{k_{01} \cdot f_{m,0,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.323 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Vientotransv\_X(1)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.9·Cubierta(Arriba).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,0,d}^-}{k_{02} \cdot f_{m,0,d}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.024 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Vientotransv\_X(2)+1.5·VientoVertic\_Z(2)+1.5·Cubierta(Abajo).

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,0,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,0,d}^+$  : 47.46 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,0,d}^-$  : 3.58 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,0,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{d,y}^+$  : 1.139 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{d,y}^-$  : 0.086 t·m

$W_{el,y}$  : 2400.00 cm<sup>3</sup>



$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{1.5}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : 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:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{1.5}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{lat}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,cr} \leq 0.75$

$$k_{lat} = 1.0$$

Producido por la versión educativa de CYPE

Donde:

$\lambda_{rel,cr}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,cr} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{cr,cr}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{cr,cr}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{cr,cr} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_x \cdot G_{0,k} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$I_x$ : Momento de inercia

$I_{tw}$ : Momento de inercia a torsión

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$$f_{m,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{3}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{\underline{47.46}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{\underline{3.58}} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{d1} : \underline{\underline{1.139}} \text{ t-m}$$

$$M_{d2} : \underline{\underline{0.086}} \text{ t-m}$$

$$W_{el1} : \underline{\underline{2400.00}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,d} : \underline{\underline{146.84}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{\underline{0.70}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{3}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{\underline{1.07}}$$

$$h : \underline{\underline{300.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{\underline{1.25}}$$

$$k_{lat} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\lambda_{rel,cr} : \underline{\underline{0.17}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{244.65}} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{el1} : \underline{\underline{2400.00}} \text{ cm}^3$$

$$M_{cr,cr} : \underline{\underline{209.044}} \text{ t-m}$$

$$E_{0,k} : \underline{\underline{95820.59}} \text{ kp/cm}^2$$

$$G_{0,k} : \underline{\underline{5988.79}} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_x : \underline{\underline{10240.00}} \text{ cm}^4$$

$$I_{tw} : \underline{\underline{27125.76}} \text{ cm}^4$$

$$L_{ef} : \underline{\underline{600.00}} \text{ mm}$$



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.074 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba). 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:

$\sigma_{m,d}$  : 11.19 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,d}$  : 6.44 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_x|/W_{el}$$

Donde:

**M<sub>x</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>x,d</sub>** : 0.143 t·m  
**M<sub>x,d</sub>** : 0.082 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,d</sub>** : 1280.00 cm<sup>3</sup>  
**f<sub>m,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

**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

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 3

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{1.5}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 160.00 mm

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

Educativa de CYPE

**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.099 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba).

Donde:

**τ<sub>v,d</sub>**: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

**τ<sub>v,d</sub>** : 1.53 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>v,d</sub>** : 0.329 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 480.00 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>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**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

Proyecto por unav




**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.626} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Donde:

 $\tau_{c,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{c,d} : \underline{9.64} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{c,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_d : \underline{2.067} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{vk}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{vk} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tr,d}}{k_{torva} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.5-PP+1.35-Entarimado+1.05-Tráfico+1.5-Vientotransv\_X(1)+1.5-VientoVertic\_Z(1)+1.5-Cubierta(Abajo).

Donde:

 $\tau_{tr,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tr,d} : \underline{1.16} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{tr,d} = |M_{tr,d}| / W_{tr}$$

Donde:

 $M_{tr,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{tr,d} : \underline{0.022} \text{ t-m}$$

 $W_{tr}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tr} : \underline{1931.52} \text{ cm}^3$$

 $k_{torva}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{torva} : \underline{1.28}$$

$$k_{torva} = \min \left( 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right)$$

Donde:

 $b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{max} : \underline{300.00} \text{ mm}$$

 $b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{min} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{vk}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{vk} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

Producido por una versión preliminar de V...



**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.330 ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.236 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·Tráfico+0.9·Viento+transv\_X(1)+0.9·VientoVertic\_Z(1)+0.9·Cubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 47.46 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}$  : 1.53 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub>** : 1.139 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>z,d</sub>** : 0.020 t·m

**W<sub>y,d</sub>** : 2400.00 cm<sup>3</sup>

**W<sub>z,d</sub>** : 1280.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**f<sub>m,y,d</sub>** : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>  
**f<sub>m,z,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

agregativa de CYPE

**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<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>b</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>b,y</sub>** : 1.07

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>b,z</sub>** : 1.10

**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

$\gamma_M$  : 1.25

**k<sub>m</sub>** : 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

Producción propia v. 2.0

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.046 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.034 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones

0.8·PP+1.35·Entarimado+1.5·VientoVertic\_Z(1)+1.5·Cubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.20 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>** : 0.095 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 480.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 6.09 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.51 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub>** : 0.146 t·m

**M<sub>z,d</sub>** : -0.007 t·m



<b>W<sub>el</sub></b> : Módulo resistente elástico de la sección transversal	<b>W<sub>el,y</sub></b> : <u>2400.00</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>el,z</sub></b> : <u>1280.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>t,0,d</sub></b> : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$	<b>f<sub>t,0,d</sub></b> : <u>100.95</u> kp/cm <sup>2</sup>
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub></b> : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)	<b>k<sub>mod</sub></b> : <u>0.70</u>
<b>k<sub>h</sub></b> : Factor de altura, dado por: Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm: $k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$	<b>k<sub>h</sub></b> : <u>1.07</u>
Donde:	
<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h</b> : <u>300.00</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: $f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	<b>f<sub>m,y,d</sub></b> : <u>146.84</u> kp/cm <sup>2</sup>
	<b>f<sub>m,z,d</sub></b> : <u>150.70</u> kp/cm <sup>2</sup>
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub></b> : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)	<b>k<sub>mod</sub></b> : <u>0.70</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: Eje y: Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm: $k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$	<b>k<sub>h,y</sub></b> : <u>1.07</u>
	<b>k<sub>h,z</sub></b> : <u>1.10</u>
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: $k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$	
Donde:	
<b>h</b> : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h</b> : <u>160.00</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>
<b>k<sub>m</sub></b> : 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>

Producido por una versión educativa de CYPE



**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 N26, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(1)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Arriba).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,Ed}}{f_{c,Ed}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,Ed}}{f_{m,Ed}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{t,Ed}}{f_{t,Ed}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.331} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,Ed}}{f_{c,Ed}} \right)^2 + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,Ed}}{f_{m,Ed}} + \frac{\sigma_{t,Ed}}{f_{t,Ed}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.237} \quad \checkmark$$

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 esbeltez relativa (0.17) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,Ed}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,Ed} = N_{c,Ed} / A$$

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{m,Ed}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,Ed} = M_{ed} / W_{el}$$

Donde:

$M_{ed}$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{c,Ed}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,Ed} = k_{mod} \cdot f_{c,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$f_{m,Ed}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,Ed} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

Eje y:

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

Eje z:

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{tr}$ : 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

$\sigma_{c,Ed} : \underline{2.02} \text{ kp/cm}^2$

$N_{c,Ed} : \underline{0.969} \text{ t}$

$A : \underline{480.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,Ed} : \underline{47.46} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{t,Ed} : \underline{1.53} \text{ kp/cm}^2$

$M_{ed} : \underline{1.139} \text{ t-m}$

$M_{ed} : \underline{0.020} \text{ t-m}$

$W_{el} : \underline{2400.00} \text{ cm}^3$

$W_{el} : \underline{1280.00} \text{ cm}^3$

$f_{c,Ed} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$

$k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{c,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,Ed} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$

$f_{m,Ed} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$

$k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$

$k_{tr} : \underline{1.07}$

$k_{tr} : \underline{1.10}$

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$h : \underline{300.00} \text{ mm}$

$h : \underline{160.00} \text{ mm}$

$\gamma_M : \underline{1.25}$

$k_{tr} : \underline{0.70}$

Producido por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta = \underline{0.077}$  ✓

$$\eta = \frac{\tau_{s,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta = \underline{0.668}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-Entarimado+1.5-Tráfico+0.9-Vientotransv\_X(2)+0.9-VientoVertic\_Z(1)+0.9-Cubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_v = \frac{3}{2} \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

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:

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{tor,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{cr}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{vk}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\tau_{v,d} = \underline{0.84}$  kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{s,d} = \underline{9.64}$  kp/cm<sup>2</sup>

$V_{d,d} = \underline{0.179}$  t  
 $V_{s,d} = \underline{2.067}$  t  
 $A = \underline{480.00}$  cm<sup>2</sup>  
 $k_{cr} = \underline{0.67}$   
 $\tau_{tor,v,d} = \underline{0.44}$  kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{tor,s,d} = \underline{0.83}$  kp/cm<sup>2</sup>

$M_{tor,d} = \underline{0.016}$  t·m  
 $W_{tor,v} = \underline{3621.60}$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{tor,s} = \underline{1931.52}$  cm<sup>3</sup>  
 $k_{tor} = \underline{1.28}$   
 $f_{v,d} = \underline{15.41}$  kp/cm<sup>2</sup>

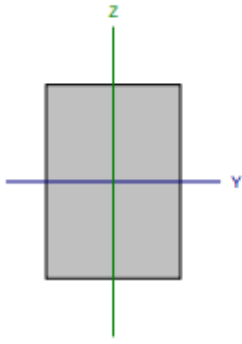
$k_{mod} = \underline{0.70}$   
 $f_{vk} = \underline{27.52}$  kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_M = \underline{1.25}$

versión educativa de CYPE

B.IV.6 RIOSTRA INFERIOR

Barra N45/N43

Perfil: GL-260x180 Material: Madera (GL24h)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N45	N43	0.600	468.00	26364.00	12636.00	28877.47



Notas:  
<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado  
<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L <sub>e</sub>	0.600	0.600	0.600	0.600
C <sub>i</sub>	-		1.000	

Notación:  
β: Coeficiente de pandeo  
L<sub>e</sub>: Longitud de pandeo (m)  
C<sub>i</sub>: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)										Estado	
	N <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub> M <sub>0,d</sub>		M <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub> V <sub>0,d</sub>
N45/N43	η = 0.6	η = 3.3	x: 0 m η = 58.3	x: 0 m η = 40.6	η = 33.8	x: 0 m η = 48.1	η = 40.1	x: 0 m η = 86.7	x: 0 m η = 0.6	x: 0 m η = 86.7	x: 0 m η = 68.8	<b>CUMPLE</b> η = 86.7

Definición:  
N<sub>0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
N<sub>0,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z  
V<sub>0,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y  
V<sub>0,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje z  
M<sub>0,d</sub>: Resistencia a torsión  
N<sub>0,d</sub>M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión esviada  
N<sub>0,d</sub>M<sub>0,d</sub>M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
N<sub>0,d</sub>M<sub>0,d</sub>M<sub>0,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
M<sub>0,d</sub>V<sub>0,d</sub>V<sub>0,d</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.006** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.57 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> : 0.267 t

A: Área de la sección transversal

A : 468.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 102.40 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.09

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 : 260.00 mm

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25

1a versión educativa de CYPE



**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

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 4.57 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

$N_{c,0,d}$  : 2.141 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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.

$\lambda$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.13

$\lambda_{rel,z}$  : 0.19

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 7.99

$\lambda_z$  : 11.55

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 600.00 mm

$L_{k,z}$  : 600.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 75.06 mm

$i_z$  : 51.96 mm

**Resistencia a flexión en el eje y** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.583 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Producido por una versión autorizada de CYPE



Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{CR} \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.541 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(2).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{CR} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.583 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

**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:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : 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:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 80.53 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 86.80 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 1.633 t·m  
 $M_{y,d}^-$  : 1.760 t·m

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}$  : 148.95 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_b$  : 1.09

$h$  : 260.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 80.53 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 86.80 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}^+$  : 1.633 t·m

$M_{y,d}^-$  : 1.760 t·m

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}$  : 148.95 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_b$  : 1.09

Pro ducido por una versión educativa de PE





Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{fi} = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>crit</sub>**: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$$k_{crit} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>crit</sub>**: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**G<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

**I**: Momento de inercia

**I<sub>tor</sub>**: Momento de inercia a torsión

**L<sub>ef</sub>**: Longitud eficaz de vuelco lateral

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_{crit} : \underline{1.00}$$

$$\lambda_{rel,m} : \underline{0.14}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{el,y} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$M_{crit,y} : \underline{239.597} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$G_{0,k} : \underline{5988.79} \text{ kp/cm}^2$$

$$I : \underline{12636.00} \text{ cm}^4$$

$$I_{tor} : \underline{28877.47} \text{ cm}^4$$

$$L_{ef} : \underline{600.00} \text{ mm}$$



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.406 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

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:**

$\sigma_{m,z,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,z,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,z,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 57.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 61.16 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{z,d}^+$  : 0.805 t·m

$M_{z,d}^-$  : 0.859 t·m

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_b$  : 1.10

$h$  : 180.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE



### Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.338} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{5.21} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{1.090} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.481} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{7.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{1.551} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.401 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 7.53 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.149 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 1976.83 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 260.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 180.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

versión educativa de CYPE



**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.867 ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.814 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 86.80 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 61.16 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.760 t·m

$M_{z,d}$  : 0.859 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 148.95 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:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$  : 1.09

$k_{h,z}$  : 1.10

$\gamma_M$ : 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)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  < 0.001 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2).

Donde:

$\sigma_{t,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,d}$  : 0.57 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d} / A$$

Procedido por una versión educativa de CYPE



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:

**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 (Corta 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 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**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 (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:

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

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**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

$$N_{t,0,d} : \underline{0.267} \text{ t}$$

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{-81.35} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,x,d} : \underline{57.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{-1.650} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-0.810} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1404.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{102.40} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.09}$$

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,d} : \underline{148.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,x,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$



**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X}(2) + 1.5 \cdot \text{Viento en Z}(1) + 0.75 \cdot \text{Nieve.}$$

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.867} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.814} \quad \checkmark$$

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 esbeltez relativa (0.14) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.55} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.259} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{86.80} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{61.16} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-1.760} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.859} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1404.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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:

$$f_{m,y,d} : \underline{148.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

Producido por una versión educacional de AutoCAD



$k_s$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{s,y} : \underline{1.09}$$

$$k_{s,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

$\gamma_m$ : 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 cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.340} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.688} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.96} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{4.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.200} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.925} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $\tau_{\text{tor},d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{5.21} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{7.53} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},d} = \frac{|M_{x,d}|}{W_{\text{tor}}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.149} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{2855.42} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{1976.83} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.22}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



B.IV.7 DIAGONAL

Barra N2/N3

Perfil: S-160x120 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> )
	N2	N3	3.536	192.00	4096.00	2304.00
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	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>	3.536	3.536	3.536	3.536		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : 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>t,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	V <sub>t,d</sub>	V <sub>0,d</sub>	M <sub>0,d</sub>	M <sub>t,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>0,d</sub>		M <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> V <sub>0,d</sub>
N2/N3	$\eta = 39.5$	$\eta = 85.6$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.768 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 2.2$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.768 m $\eta = 42.7$	x: 1.768 m $\eta = 88.7$	N.P. <sup>(3)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 88.7$
Definición: 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>t,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>t,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>0,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,0,d</sub> M <sub>t,d</sub> M <sub>0,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>t,d</sub> V <sub>t,d</sub> V <sub>0,d</sub> : 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.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (4) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. (5) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												



**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.395 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Entarimado} + 1.5 \cdot \text{Viento en X(2)} + 1.5 \cdot \text{Viento en Z(1)} + 0.75 \cdot \text{Nieve.}$$

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 40.92 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

$N_{t,0,d}$  : 7.857 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 192.00 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d}$  : 103.61 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:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 160.00 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)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.295 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.513 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.856 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·Viento en X(1)+1.5·Viento en Z(2).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 40.47 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

una versión educativa de CYPE



**$N_{c,0,d}$** : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  **$N_{c,0,d}$**  : 7.770 t  
**A**: Área de la sección transversal **A** : 192.00 cm<sup>2</sup>  
 **$f_{c,0,d}$** : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  **$f_{c,0,d}$**  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)  **$k_{mod}$**  : 0.70  
 **$f_{c,0,k}$** : 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)  
 **$\chi_c$** : Factor de inestabilidad, dado por:  **$\chi_{c,y}$**  : 0.58  
 **$\chi_{c,z}$**  : 0.34  

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$
 Donde:  
 $k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$   **$k_y$**  : 1.30  
 **$k_z$**  : 1.91  
 Donde:  
 $\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas  **$\beta_c$**  : 0.10  
 $\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:  **$\lambda_{rel,y}$**  : 1.23  
 **$\lambda_{rel,z}$**  : 1.64  

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$
 Donde:  
 **$E_{0,k}$** : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  **$E_{0,k}$**  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>  
 **$f_{c,0,k}$** : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  **$f_{c,0,k}$**  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:  **$\lambda_y$**  : 76.55  
 **$\lambda_z$**  : 102.06  

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$
 Donde:  
 **$L_k$** : Longitud de pandeo de la barra  **$L_{k,y}$**  : 3535.53 mm  
 **$L_{k,z}$**  : 3535.53 mm  
**i**: Radio de giro  **$i_y$**  : 46.19 mm

Producido por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.045 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

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:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 4.85 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}^-$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{z,d}^+$  : 0.019 t·m  
 $M_{z,d}^-$  : 0.000 t·m

$W_{el,z}$  : 384.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,z,d}$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.50

Clase : Permanente

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 120.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de TYPE



**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 0.25 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>v,d</sub>** : 0.021 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 192.00 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>** : 11.01 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

tiva de CYPE

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.50

**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 flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.418 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.427 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 40.92 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>** : 7.857 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 192.00 cm<sup>2</sup>



$\sigma_{m,d}$ : 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:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

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

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

$\gamma_M$ : 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

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.85} \text{ kp/cm}^2$$

$$M_{y,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{512.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{384.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{103.61} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$



**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(2).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.109} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.119} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.534} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.887} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que el correspondiente momento flector actuante es nulo.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{40.38} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{7.753} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{192.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.85} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{512.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{384.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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:

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

Producido por una versión educativa de ETYPE



 **$k_h$** : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

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

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

 **$k_m$** : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

 **$\chi_C$** : Factor de inestabilidad

$$\chi_{C,y} : \underline{0.58}$$

$$\chi_{C,z} : \underline{0.34}$$



## B.V MODELO IV: CELOSÍA CON CUBIERTA

### B.V.1 CELOSÍA - CORDÓN INFERIOR

Barra N17/N15

Perfil: GL-300x200 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>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N17	N15	2.500				
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		1.00		1.00
$L_k$	2.500		2.500		2.500		2.500
$C_1$	-			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
	$N_{t,d}$	$N_{c,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{t,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{t,d}V_{y,d}V_{z,d}$		
N17/N15	$\eta = 24.2$	$\eta = 9.0$	x: 2.5 m $\eta = 34.4$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 30.2$	$\eta = 9.2$	x: 2.5 m $\eta = 39.4$	x: 2.5 m $\eta = 63.7$	x: 2.5 m $\eta = 18.0$	x: 0 m $\eta = 34.6$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 63.7$	
Notación: $N_{t,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra $N_{c,d}$ : 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 $N_{t,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas $N_{c,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas $M_{t,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)													



**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.242 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 24.48 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

$N_{t,0,d}$  : 14.686 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d}$  : 100.95 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:

$k_h$  : 1.07

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

$h$  : 300.00 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)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.084 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.085 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.090 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{c,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,d}$  : 11.45 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{c,d} = |N_{c,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,d}$  : 6.870 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi_{c}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.98

$\chi_{c,z}$  : 0.93

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 0.62

$k_z$  : 0.76

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.46

$\lambda_{rel,z}$  : 0.70

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 28.87

$\lambda_z$  : 43.30

$$\lambda = \frac{L_e}{i}$$

Donde:

$L_e$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{e,y}$  : 2500.00 mm

$L_{e,z}$  : 2500.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 86.60 mm

$i_z$  : 57.74 mm

Cálculo por una viga en el eje de CPE

Prodi



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.344 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.344 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.088 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Abajo).

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 50.58 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 12.95 kp/cm<sup>2</sup>

producido por una versión educativa de CYPE

$$\sigma_{m,y,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{d,y}^+$  : 1.518 t-m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{d,y}^-$  : 0.388 t-m

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_m$$

$f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 3

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

P1

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 300.00 mm

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_m$  : 1.25

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 50.58 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 12.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,y,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{d,y}^+$  : 1.518 t-m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{d,y}^-$  : 0.388 t-m

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_m$$

$f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 3

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.07

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 :** 300.00 mm

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  **$\gamma_m$  :** 1.25

**$k_{rel}$ :** Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:  **$k_{rel}$  :** 1.00

Para  $\lambda_{rel,fl} \leq 0.75$

**$k_{eff} = 1.0$**

Donde:

**$\lambda_{rel,fl}$ :** Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,fl} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{cr,fl}}}$$

Donde:

**$f_{m,k}$ :** Resistencia característica a flexión  **$f_{m,k}$  :** 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**$W_{el}$ :** Módulo resistente elástico de la sección transversal  **$W_{el,fl}$  :** 3000.00 cm<sup>3</sup>

**$M_{cr,fl}$ :** Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{cr,fl} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**$E_{0,k}$ :** Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  **$E_{0,k}$  :** 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

**$G_{0,k}$ :** Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra  **$G_{0,k}$  :** 5988.79 kp/cm<sup>2</sup>

**$I$ :** Momento de inercia  **$I_z$  :** 20000.00 cm<sup>4</sup>

**$I_{tor}$ :** Momento de inercia a torsión  **$I_{tor}$  :** 47040.00 cm<sup>4</sup>

**$L_{ef}$ :** Longitud eficaz de vuelco lateral  **$L_{ef}$  :** 2500.00 mm

44

**Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

**$\eta$  :** 0.121 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

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:

**$\sigma_{m,d}^+$  :** 18.17 kp/cm<sup>2</sup>

**$\sigma_{m,d}^-$  :** 15.01 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = M_{d,fl} / W_{el}$$

Donde:

**$M_{d,fl}$ :** Momento flector de cálculo

**$M_{d,fl}^+$  :** 0.363 t-m

**$M_{d,fl}^-$  :** 0.300 t-m

**$W_{el,d}$  :** 2000.00 cm<sup>3</sup>

**$f_{m,d}$  :** 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

**$W_{el}$ :** Módulo resistente elástico de la sección transversal

**$f_{m,d}$ :** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_m$$

Donde:

**$k_{mod}$ :** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**$k_{mod}$  :** 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase :** Corta duración

Clase de servicio

**Clase :** 3

**$f_{m,k}$ :** Resistencia característica a flexión

**$f_{m,k}$  :** 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**$k_b$ :** Factor de altura, dado por:

**$k_b$  :** 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h :** 200.00 mm

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**$\gamma_m$  :** 1.25



### Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.103} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{1.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.427} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.302} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{4.66} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{1.249} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor,sa} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.092 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Arriba)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

$\tau_{tor,d}$  : 1.74 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_{tor,d}$ : Momento torsor de cálculo  
 $W_{tor}$ : Módulo resistente a torsión

$M_{tor,d}$  : 0.050 t·m  
 $W_{tor}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>

$k_{tor,sa}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{tor,sa}$  : 1.22

$$k_{tor,sa} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal  
 $b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{max}$  : 300.00 mm  
 $b_{min}$  : 200.00 mm  
 $f_{v,d}$  : 15.42 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{v,d}$ : 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

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_M$  : 1.25

:CYPE

**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.394 ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.312 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 50.58 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}$  : 10.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  
 $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{y,d}$  : 1.518 t·m  
 $M_{z,d}$  : 0.214 t·m  
 $W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>  
 $W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_{h,y}$  : 1.07  
 $k_{h,z}$  : 1.10  
 $\gamma_M$  : 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

Procedo por una versión educativa de CYPE





**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.637} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.555} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d} : \underline{24.48} \text{ kp/cm}^2$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{t,0,d} : \underline{14.686} \text{ t}$

$A$ : Área de la sección transversal

$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{50.58} \text{ kp/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{10.69} \text{ kp/cm}^2$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{1.518} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{-0.214} \text{ t}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{2000.00} \text{ cm}^3$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d} : \underline{100.95} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod} : \underline{0.70}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.07}$

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

$h : \underline{300.00} \text{ mm}$

$f_{t,0,k}$ : 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:

$f_{m,y,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$

$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$k_{h,y} : \underline{1.07}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$



Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 300.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub>** : 0.70

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones

0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.101 ✓

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_{m2} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.081 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.180 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_{m2} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.163 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.28) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 11.45 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>** : 6.870 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 12.29 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 2.29 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub>** : -0.369 t·m

**M<sub>z,d</sub>** : 0.046 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,y</sub>** : 3000.00 cm<sup>3</sup>

**W<sub>el,z</sub>** : 2000.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>c,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>c,0,d</sub>** : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Producido por una versión educativa de CYRUS



Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

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

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{in}$ : 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

$\chi_{in}$ : Factor de inestabilidad

$$\begin{aligned} k_{mod} &: \underline{0.70} \\ f_{t,0,k} &: \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2 \\ \gamma_M &: \underline{1.25} \\ f_{m,0,k} &: \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2 \\ f_{m,d} &: \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{mod} &: \underline{0.70} \\ f_{m,k} &: \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2 \\ k_h &: \underline{1.07} \\ k_{in} &: \underline{1.10} \end{aligned}$$

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h &: \underline{200.00} \text{ mm} \\ \gamma_M &: \underline{1.25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{in} &: \underline{0.70} \\ \chi_{in} &: \underline{0.98} \\ \chi_{in} &: \underline{0.93} \end{aligned}$$


**Resistencia a cortante y torsor combinados** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},y,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{\text{tor},z,d}}{k_{\text{forma}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.346} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

 $\tau_{y,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.02} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{4.66} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.004} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{1.249} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{600.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{\text{tor},y,d} : \underline{0.55} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},z,d} : \underline{0.83} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{\text{tor},d} = |M_{x,d}| / W_{\text{tor}}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.024} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{\text{tor}}$ : Módulo resistente a torsión

$$W_{\text{tor},y} : \underline{4284.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{tor},z} : \underline{2856.00} \text{ cm}^3$$

 $k_{\text{forma}}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{\text{forma}} : \underline{1.22}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

B.V.2 CELOSÍA - CORDÓN SUPERIOR

Barra N12/N14

Perfil: GL-300x200 Material: Madera (GL24h)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N12	N14	2.500	600.00	45000.00	20000.00	47040.00

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	1.00	1.00
L <sub>p</sub>	2.500	2.500	2.500	2.500
C <sub>1</sub>	-		1.000	

Notación:  
 β: Coeficiente de pandeo  
 L<sub>p</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,0,d</sub>	M <sub>z,0,d</sub>	V <sub>y,0,d</sub>	V <sub>z,0,d</sub>	M <sub>t,0,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>z,0,d</sub>	M <sub>y,0,d</sub> V <sub>z,0,d</sub>		
N12/N14	η = 10.2	η = 12.5	x: 0 m η = 40.9	x: 0 m η = 43.0	x: 0 m η = 25.8	x: 0 m η = 18.7	η = 6.8	x: 0 m η = 68.6	x: 0 m η = 68.6	x: 0 m η = 79.6	x: 0 m η = 30.2	<b>CUMPLE</b> η = 79.6

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,0,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
 M<sub>z,0,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z  
 V<sub>y,0,d</sub>: Resistencia a corte en el eje y  
 V<sub>z,0,d</sub>: Resistencia a corte en el eje z  
 M<sub>t,0,d</sub>: Resistencia a torsión  
 N<sub>t,0,d</sub>M<sub>y,0,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 N<sub>c,0,d</sub>M<sub>z,0,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 M<sub>y,0,d</sub>V<sub>z,0,d</sub>: Resistencia a corte y torsión combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.102 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.9·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 10.27 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> : 6.164 t

A: Área de la sección transversal

A : 600.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 300.00 mm

f<sub>t,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.117 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.119 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.125 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 15.98 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

$N_{c,0,d}$  : 9.589 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.98

$\chi_{c,z}$  : 0.93

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$

$k_y$  : 0.62

$k_z$  : 0.76

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.46

$\lambda_{rel,z}$  : 0.70

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 28.87

$\lambda_z$  : 43.30

Procedido por una versión educativa de CYPE



$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$i$ : Radio de giro

$$L_{k,y} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{86.60} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{57.74} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.409} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}^+}{k_{ort} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.287} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}^-}{k_{ort} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.409} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d}^+ : \underline{42.11} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d}^- : \underline{60.04} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = M_{ed} / W_{el}$$

Donde:

$M_{ed}$ : Momento flector de cálculo

$$M_{ed}^+ : \underline{1.263} \text{ t-m}$$

$$M_{ed}^- : \underline{1.801} \text{ t-m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{ed} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

$$k_b : \underline{1.07}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min \left\{ (600/h)^{2.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d}^+ : \underline{42.11} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d}^- : \underline{60.04} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = M_{ed} / W_{el}$$

Donde:

$M_{ed}$ : Momento flector de cálculo

$$M_{ed}^+ : \underline{1.263} \text{ t-m}$$

$$M_{ed}^- : \underline{1.801} \text{ t-m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{ed} : \underline{3000.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_b$ : Factor de altura, dado por:

$$k_b : \underline{1.07}$$

Producido por una versión educativa de CYRUS



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

**k<sub>red</sub>**: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,y} \leq 0.75$

$$k_{red} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{cr,y}}}$$

Donde:

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>cr</sub>**: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{cr,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**G<sub>0,k</sub>**: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

**I**: Momento de inercia

**I<sub>tw</sub>**: Momento de inercia a torsión

**L<sub>ef</sub>**: Longitud eficaz de vuelco lateral

**h**: 300.00 mm

$\gamma_M$ : 1.25

**k<sub>red</sub>**: 1.00

$\lambda_{rel,y}$ : 0.28

**f<sub>m,k</sub>**: 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**W<sub>el</sub>**: 3000.00 cm<sup>3</sup>

**M<sub>cr</sub>**: 92.333 t-m

**E<sub>0,k</sub>**: 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

**G<sub>0,k</sub>**: 5988.79 kp/cm<sup>2</sup>

**I**: 20000.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>tw</sub>**: 47040.00 cm<sup>4</sup>

**L<sub>ef</sub>**: 2500.00 mm

### 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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.430 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.5-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve. 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:

$$\sigma_{m,d} = M_{d,z} / W_{el}$$

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:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,d}$ : 63.04 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : 64.84 kp/cm<sup>2</sup>

**M<sub>d</sub>**: 1.261 t-m

**M<sub>d</sub>**: 1.297 t-m

**W<sub>el</sub>**: 2000.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>m,d</sub>**: 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>mod</sub>**: 0.70

**Clase**: Corta duración

**Clase**: 3

**f<sub>m,k</sub>**: 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h</sub>**: 1.10

**h**: 200.00 mm

$\gamma_M$ : 1.25

Producido por: ma version educativa 1.5





**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.258 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{d}$  : 3.97 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{d}$  : 1.065 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M$$

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

$f_{vk}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{vk}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.187 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{d}$  : 2.89 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{d}$  : 0.774 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M$$

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

$f_{vk}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{vk}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.068 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenCubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 1.29 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.037 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 300.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 200.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

la versión educativa de CYPE

**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.686 ✓

$$\eta = k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.682 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d}$  : 60.04 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$  : 59.66 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_y| / W_{el}$$

Donde:

$M_y$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.801 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{y,d}$  : 1.193 t·m

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{tr}$  : 1.07

$k_{tr}$  : 1.10

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{tr}$ : 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

$k_{tr}$  : 0.70

la versión educativa de CYPE



**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

Producto por mínimo

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.657 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{m2} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.686 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 10.27 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>** : 6.164 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}$  : 42.11 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,z,d} = |M_{z,d}| / W_{el}$$

$\sigma_{m,y,d}$  : 57.86 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

**M<sub>z,d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>z,d</sub>** : 1.263 t-m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>y,d</sub>** : 1.157 t-m

**W<sub>el,y</sub>** : 3000.00 cm<sup>3</sup>

**W<sub>el,z</sub>** : 2000.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>t,0,d</sub>** : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.07

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** : 300.00 mm

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

**f<sub>t,0,k</sub>** : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**f<sub>m,z,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**f<sub>m,z,d</sub>** : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,z,k} / \gamma_M$$

**f<sub>m,y,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>m,z,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,z,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h,y</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h,y</sub>** : 1.07

**k<sub>h,z</sub>** : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 300.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la alta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub>** : 0.70

- copia versión educativa de CYBE



**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 N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.697 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.693 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c0,d}}{\chi_{c0,y} \cdot f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.795 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c0,d}}{\chi_{c0,z} \cdot f_{c0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.796 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.28) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c0,d}$  : 14.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c0,d}$  : 8.764 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d}$  : 60.04 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$\sigma_{m,d}$  : 59.66 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : -1.801 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}$  : 1.193 t·m

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{c0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c0,d}$  : 137.00 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot f_{c0,k} / \gamma_M$$

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

$f_{c0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 146.84 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:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$  : 1.07

$k_{h,z}$  : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 300.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 200.00 mm

$\gamma_M$ : 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

$\chi_{c0}$ : Factor de inestabilidad

$\chi_{c0}$  : 0.98

$\chi_{m}$  : 0.93

Producido por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{c,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torra} \cdot f_{c,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.302 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{c,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torra} \cdot f_{c,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.179 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

Donde:

$\tau_c$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{c,d}$  : 3.97 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{c,d}$  : 1.74 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_c = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{d,d}$  : 1.065 t  
 $V_{d,d}$  : 0.466 t  
 $A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>  
 $k_{cr}$  : 0.67  
 $\tau_{tor,d}$  : 0.84 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{tor,d}$  : 1.25 kp/cm<sup>2</sup>

$A$ : 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:

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{tor,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$M_{tor,d}$  : 0.036 t-m  
 $W_{tor,d}$  : 4284.00 cm<sup>3</sup>  
 $W_{tor,d}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>  
 $k_{torra}$  : 1.22  
 $f_{c,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{torra}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{c,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_M$  : 1.25

versión educativa de CYPE

B.V.3 CELOSÍA – DIAGONALES

Barra N17/N19

<b>Perfil: GL-160x200</b>							
<b>Material: Madera (GL24h)</b>							
	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>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N17	N19	3.536	320.00	6826.67	10666.67	14008.32
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>		3.536	3.536	3.536	3.536		
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>x,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>x,d</sub>	M <sub>xy,d</sub>	M <sub>yx,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>x,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>x,d</sub>	M <sub>xy,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>x,d</sub>	
N17/N19	x: 3.536 m η = 17.3	x: 0 m η = 32.0	x: 0 m η = 4.3	x: 0 m η = 68.2	x: 0 m η = 35.8	x: 0 m η = 2.0	η = 5.6	x: 0 m η = 69.7	x: 0 m η = 82.3	x: 0 m η = 93.3	x: 0 m η = 37.6	<b>CUMPLE</b> η = 93.3

Notación:  
 N<sub>t,0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 N<sub>c,0,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 M<sub>y,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
 M<sub>x,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje x  
 V<sub>y,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y  
 V<sub>x,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje x  
 M<sub>xy,d</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>yx,d</sub>: Resistencia a flexión esviada  
 N<sub>t,0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>x,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 N<sub>c,0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>x,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 M<sub>xy,d</sub>V<sub>y,d</sub>V<sub>x,d</sub>: Resistencia a cortante y torsión combinadas  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.173 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones (1.0-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 17.95 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> : 5.743 t

A: Área de la sección transversal

A : 320.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 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 : 200.00 mm

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.184 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.320 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.236 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 25.26 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

$N_{c,0,d}$  : 8.082 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 320.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.58

$\chi_{c,z}$  : 0.78

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 1.30

$k_z$  : 1.02

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 1.23

$\lambda_{rel,z}$  : 0.98

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralela a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 76.55

$\lambda_z$  : 61.24

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 3535.53 mm

$L_{k,z}$  : 3535.53 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 46.19 mm

$i_z$  : 57.74 mm

Producido por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.043 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Abajo).

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

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 2.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 6.46 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,y}^+$  : 0.023 t·m

$M_{d,y}^-$  : 0.055 t·m

$W_{el,y}$  : 853.33 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 160.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

versión educativa de CYPE

**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.682 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,l,d}^+}{k_{ovc} \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.653 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,l,d}^-}{k_{ovc} \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.682 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.

**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

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 98.46 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 102.79 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,z}^+$  : 1.050 t·m

$M_{d,z}^-$  : 1.096 t·m

$W_{el,z}$  : 1066.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70





Producido por una versión educativa de CYPE

<p>Donde:</p> <p>Clase de duración de la carga</p> <p>Clase de servicio</p> <p><b>f<sub>mk</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>k<sub>s</sub></b>: Factor de altura, dado por:</p> <p>Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:</p> $k_s = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$ <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><math>\gamma_M</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>Resistencia a vuelco lateral:</b></p> <p><b>σ<sub>mk</sub></b>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:</p> $\sigma_{mk} =  M_d /W_{el}$ <p>Donde:</p> <p><b>M<sub>d</sub></b>: Momento flector de cálculo</p> <p><b>W<sub>el</sub></b>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><b>f<sub>mk</sub></b>: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:</p> $f_{mk} = k_{mod} \cdot k_s \cdot f_{mk} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><b>k<sub>mod</sub></b>: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad</p> <p>Donde:</p> <p>Clase de duración de la carga</p> <p>Clase de servicio</p> <p><b>f<sub>mk</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>k<sub>s</sub></b>: Factor de altura, dado por:</p> <p>Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:</p> $k_s = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$ <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><math>\gamma_M</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>k<sub>mod</sub></b>: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:</p> $k_{mod} = \frac{1}{1 + \lambda_{rel,fl}^2}$ <p>Donde:</p> <p><b>λ<sub>rel,fl</sub></b>: Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:</p> $\lambda_{rel,fl} = \sqrt{\frac{f_{mk} \cdot W_{el}}{M_{cr,fl}}}$ <p>Donde:</p> <p><b>f<sub>mk</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>W<sub>el</sub></b>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><b>M<sub>cr,fl</sub></b>: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:</p> $M_{cr,fl} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G_{0,k} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$ <p>Donde:</p> <p><b>E<sub>0,k</sub></b>: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra</p> <p><b>G<sub>0,k</sub></b>: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra</p> <p><b>I</b>: Momento de inercia</p> <p><b>I<sub>tw</sub></b>: Momento de inercia a torsión</p> <p><b>L<sub>ef</sub></b>: Longitud eficaz de vuelco lateral</p>	<table border="1"> <tr><td><b>Clase</b></td><td>: Corta duración</td></tr> <tr><td><b>Clase</b></td><td>: 3</td></tr> <tr><td><b>f<sub>mk</sub></b></td><td>: 244.65 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>s</sub></b></td><td>: 1.10</td></tr> <tr><td><b>h</b></td><td>: 200.00 mm</td></tr> <tr><td><b>γ<sub>M</sub></b></td><td>: 1.25</td></tr> <tr><td><b>σ<sub>mk</sub></b></td><td>: 98.46 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>σ<sub>mk</sub></b></td><td>: 102.79 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>M<sub>d</sub></b></td><td>: 1.050 t-m</td></tr> <tr><td><b>M<sub>el</sub></b></td><td>: 1.096 t-m</td></tr> <tr><td><b>W<sub>el</sub></b></td><td>: 1066.67 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><b>f<sub>mk</sub></b></td><td>: 150.70 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>mod</sub></b></td><td>: 0.70</td></tr> <tr><td><b>Clase</b></td><td>: Corta duración</td></tr> <tr><td><b>Clase</b></td><td>: 3</td></tr> <tr><td><b>f<sub>mk</sub></b></td><td>: 244.65 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>s</sub></b></td><td>: 1.10</td></tr> <tr><td><b>h</b></td><td>: 200.00 mm</td></tr> <tr><td><b>γ<sub>M</sub></b></td><td>: 1.25</td></tr> <tr><td><b>k<sub>mod</sub></b></td><td>: 1.00</td></tr> <tr><td><b>λ<sub>rel,fl</sub></b></td><td>: 0.35</td></tr> <tr><td><b>f<sub>mk</sub></b></td><td>: 244.65 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>W<sub>el</sub></b></td><td>: 1066.67 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><b>M<sub>cr,fl</sub></b></td><td>: 20.816 t-m</td></tr> <tr><td><b>E<sub>0,k</sub></b></td><td>: 95820.59 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>G<sub>0,k</sub></b></td><td>: 5988.79 kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>I</b></td><td>: 6826.67 cm<sup>4</sup></td></tr> <tr><td><b>I<sub>tw</sub></b></td><td>: 14008.32 cm<sup>4</sup></td></tr> <tr><td><b>L<sub>ef</sub></b></td><td>: 3535.53 mm</td></tr> </table>	<b>Clase</b>	: Corta duración	<b>Clase</b>	: 3	<b>f<sub>mk</sub></b>	: 244.65 kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>s</sub></b>	: 1.10	<b>h</b>	: 200.00 mm	<b>γ<sub>M</sub></b>	: 1.25	<b>σ<sub>mk</sub></b>	: 98.46 kp/cm <sup>2</sup>	<b>σ<sub>mk</sub></b>	: 102.79 kp/cm <sup>2</sup>	<b>M<sub>d</sub></b>	: 1.050 t-m	<b>M<sub>el</sub></b>	: 1.096 t-m	<b>W<sub>el</sub></b>	: 1066.67 cm <sup>3</sup>	<b>f<sub>mk</sub></b>	: 150.70 kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>mod</sub></b>	: 0.70	<b>Clase</b>	: Corta duración	<b>Clase</b>	: 3	<b>f<sub>mk</sub></b>	: 244.65 kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>s</sub></b>	: 1.10	<b>h</b>	: 200.00 mm	<b>γ<sub>M</sub></b>	: 1.25	<b>k<sub>mod</sub></b>	: 1.00	<b>λ<sub>rel,fl</sub></b>	: 0.35	<b>f<sub>mk</sub></b>	: 244.65 kp/cm <sup>2</sup>	<b>W<sub>el</sub></b>	: 1066.67 cm <sup>3</sup>	<b>M<sub>cr,fl</sub></b>	: 20.816 t-m	<b>E<sub>0,k</sub></b>	: 95820.59 kp/cm <sup>2</sup>	<b>G<sub>0,k</sub></b>	: 5988.79 kp/cm <sup>2</sup>	<b>I</b>	: 6826.67 cm <sup>4</sup>	<b>I<sub>tw</sub></b>	: 14008.32 cm <sup>4</sup>	<b>L<sub>ef</sub></b>	: 3535.53 mm
<b>Clase</b>	: Corta duración																																																										
<b>Clase</b>	: 3																																																										
<b>f<sub>mk</sub></b>	: 244.65 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>k<sub>s</sub></b>	: 1.10																																																										
<b>h</b>	: 200.00 mm																																																										
<b>γ<sub>M</sub></b>	: 1.25																																																										
<b>σ<sub>mk</sub></b>	: 98.46 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>σ<sub>mk</sub></b>	: 102.79 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>M<sub>d</sub></b>	: 1.050 t-m																																																										
<b>M<sub>el</sub></b>	: 1.096 t-m																																																										
<b>W<sub>el</sub></b>	: 1066.67 cm <sup>3</sup>																																																										
<b>f<sub>mk</sub></b>	: 150.70 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>k<sub>mod</sub></b>	: 0.70																																																										
<b>Clase</b>	: Corta duración																																																										
<b>Clase</b>	: 3																																																										
<b>f<sub>mk</sub></b>	: 244.65 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>k<sub>s</sub></b>	: 1.10																																																										
<b>h</b>	: 200.00 mm																																																										
<b>γ<sub>M</sub></b>	: 1.25																																																										
<b>k<sub>mod</sub></b>	: 1.00																																																										
<b>λ<sub>rel,fl</sub></b>	: 0.35																																																										
<b>f<sub>mk</sub></b>	: 244.65 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>W<sub>el</sub></b>	: 1066.67 cm <sup>3</sup>																																																										
<b>M<sub>cr,fl</sub></b>	: 20.816 t-m																																																										
<b>E<sub>0,k</sub></b>	: 95820.59 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>G<sub>0,k</sub></b>	: 5988.79 kp/cm <sup>2</sup>																																																										
<b>I</b>	: 6826.67 cm <sup>4</sup>																																																										
<b>I<sub>tw</sub></b>	: 14008.32 cm <sup>4</sup>																																																										
<b>L<sub>ef</sub></b>	: 3535.53 mm																																																										


**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.358} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

$$\tau_{d,d} : \underline{5.51} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

 $A$ : Área de la sección transversal

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$V_{d,d} : \underline{0.788} \text{ t}$$

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

$$\tau_{z,d} : \underline{0.22} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

 $A$ : Área de la sección transversal

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$V_{z,d} : \underline{0.032} \text{ t}$$

$$A : \underline{320.00} \text{ cm}^2$$

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

$$f_{v,d} : \underline{11.01} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$k_{mod} : \underline{0.50}$$

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{1.02} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.012} \text{ t·m}$$

$W_{tor}$ : Módulo resistente a torsión

$$W_{tor} : \underline{1141.76} \text{ cm}^3$$

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma} : \underline{1.19}$$

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{max} : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{min} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.499} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.697} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} : \underline{3.19} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{102.79} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{d1} : \underline{0.027} \text{ t·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{d2} : \underline{1.096} \text{ t·m}$$

$$W_{el1} : \underline{853.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el2} : \underline{1066.67} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{m1} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_{m1}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{m1} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{m2} : \underline{1.10}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_{m2}$ : 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

$$k_{m2} : \underline{0.70}$$



**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

Producto por unidad

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.626 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.823 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 17.86 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>** : 5.714 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 320.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d}$  : -0.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$\sigma_{m,d}$  : 98.46 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>d</sub>** : -0.005 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>d</sub>** : 1.050 t·m

**W<sub>el,d</sub>** : 853.33 cm<sup>3</sup>

**W<sub>el</sub>** : 1066.67 cm<sup>3</sup>

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>t,0,d</sub>** : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 200.00 mm

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

**f<sub>t,0,k</sub>** : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**f<sub>m,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

**f<sub>m,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.10

**k<sub>h</sub>** : 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** : 160.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 200.00 mm

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub>** : 0.70

Una versión educativa de CYPE



**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 N17, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve. Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.533} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.731} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.819} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.933} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.35) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A \quad \sigma_{c,0,d} : \underline{25.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$$N_{c,0,d} : \underline{8.082} \quad \text{t}$$

$$A : \underline{320.00} \quad \text{cm}^2$$

Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{3.19} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{102.79} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{y,d} : \underline{-0.027} \quad \text{t-m}$$

$$M_{z,d} : \underline{1.096} \quad \text{t-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{853.33} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1066.67} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \quad \text{kp/cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \quad \text{kp/cm}^2$$

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:

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_{tr} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{160.00} \quad \text{mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{200.00} \quad \text{mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_{c,y}$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.58}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.78}$$

El contenido de este documento es una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torra} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.376 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torra} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.039 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

Donde:

$\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 5.26 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{tor,d}$  : 0.18 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_c}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>d</sub>** : 0.752 t

**A**: Área de la sección transversal

**V<sub>d</sub>** : 0.026 t

**k<sub>c</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

**A** : 320.00 cm<sup>2</sup>

$\tau_{tor}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

**k<sub>c</sub>** : 0.67

$$\tau_{tor,d} = |M_{tor,d}| / W_{tor}$$

$\tau_{tor,d}$  : 0.63 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\tau_{tor,d}$  : 0.50 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

**M<sub>tor,d</sub>**: Momento torsor de cálculo

**M<sub>tor,d</sub>** : 0.007 t·m

**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión

**W<sub>tor,d</sub>** : 1141.76 cm<sup>3</sup>

**k<sub>torra</sub>**: Factor cuyo valor depende del tipo de sección

**W<sub>tor,d</sub>** : 1427.20 cm<sup>3</sup>

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

**k<sub>torra</sub>** : 1.19

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

**f<sub>v,d</sub>** : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

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<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

**f<sub>v,k</sub>** : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

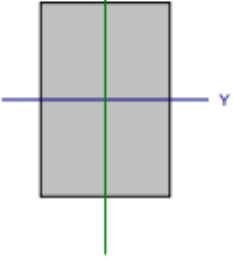
**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

versión educativa de CYPE

B.V.4 CELOSÍA – PILARES

Barra N2/N12

Perfil: GL-300x200 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>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N2	N12	2.500	600.00	45000.00	20000.00	47040.00
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	1.00	1.00	
L <sub>k</sub>	2.500		2.500	2.500	2.500	
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>0,0,d</sub>	N <sub>0,0,d</sub>	M <sub>0,0,d</sub>	M <sub>0,0,d</sub>	V <sub>0,0,d</sub>	V <sub>0,0,d</sub>	M <sub>0,0,d</sub>	M <sub>0,0,d</sub>	N <sub>0,0,d</sub> M <sub>0,0,d</sub>	N <sub>0,0,d</sub> M <sub>0,0,d</sub>	M <sub>0,0,d</sub> V <sub>0,0,d</sub>	
N2/N12	x: 2.5 m η = 13.3	x: 0 m η = 14.8	x: 0 m η = 41.3	x: 0 m η = 57.9	x: 0 m η = 34.8	x: 0 m η = 13.4	x: 0 m η = 0.9	x: 0 m η = 78.3	x: 0 m η = 88.8	x: 0 m η = 93.0	x: 0 m η = 35.3	<b>CUMPLE</b> η = 93.0
Notación: N <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje z V <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje z M <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>0,0,d</sub> M <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>0,0,d</sub> M <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>0,0,d</sub> V <sub>0,0,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : **0.133** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  
 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 13.47 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> : 8.084 t

A: Área de la sección transversal

A : 600.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.07

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 : 300.00 mm

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.138 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.141 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.148 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 18.86 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

$N_{c,0,d}$  : 11.317 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.98

$\chi_{c,z}$  : 0.93

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 0.62

$k_z$  : 0.76

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.46

$\lambda_{rel,z}$  : 0.70

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 28.87

$\lambda_z$  : 43.30

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 2500.00 mm

$L_{k,z}$  : 2500.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 86.60 mm

$i_z$  : 57.74 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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,0,d}}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.413 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:





$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{ort} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).  
Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{ort} \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} = |M_{y,d}| / W_{el}$$

Donde:

$M_{y,d}$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} = |M_{y,d}| / W_{el}$$

Donde:

$M_{y,d}$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

**Prod**

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

$k_{ort}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,y} \leq 0.75$

$k_{ort} = 1.0$

Donde:

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{cr,y}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{cr,y}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{cr,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{yk} \cdot I_y \cdot G_{yk} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{yk}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{yk}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$I$ : Momento de inercia

$I_{tw}$ : Momento de inercia a torsión

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$\eta$  : 0.341 ✓

$\eta$  : 0.413 ✓

$\sigma_{m,y,d}$  : 50.04 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}$  : 60.65 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}$  : 1.501 t-m  
 $M_{y,d}$  : 1.820 t-m  
 $W_{el}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

**Clase** : Corta duración  
**Clase** : 3  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_h$  : 1.07

$h$  : 300.00 mm  
 $\gamma_M$  : 1.25

$\sigma_{m,y,d}$  : 50.04 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d}$  : 60.65 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}$  : 1.501 t-m  
 $M_{y,d}$  : 1.820 t-m  
 $W_{el}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

**Clase** : Corta duración  
**Clase** : 3  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_h$  : 1.07

$h$  : 300.00 mm  
 $\gamma_M$  : 1.25

$k_{ort}$  : 1.00

$\lambda_{rel,y}$  : 0.28

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $W_{el}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>  
 $M_{cr,y}$  : 92.333 t-m

$E_{yk}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$G_{yk}$  : 5988.79 kp/cm<sup>2</sup>

$I$  : 20000.00 cm<sup>4</sup>

$I_{tw}$  : 47040.00 cm<sup>4</sup>

$L_{ef}$  : 2500.00 mm



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.579 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo p<sup>ésimo</sup> se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve. 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:

$\sigma_{m,d}^+$  : 83.83 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,d}^-$  : 87.33 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = M_{d,z} / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>d,z</sub><sup>+</sup>** : 1.677 t·m

**M<sub>d,z</sub><sup>-</sup>** : 1.747 t·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,z</sub>** : 2000.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**f<sub>m,d</sub>** : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 3

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

**k<sub>b</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>b</sub>** : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_b = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.348 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo p<sup>ésimo</sup> se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Arriba)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 5.36 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_v}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>d</sub>** : 1.438 t

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 600.00 cm<sup>2</sup>

**k<sub>v</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

**k<sub>v</sub>** : 0.67

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

**f<sub>v,d</sub>** : 15.41 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**k<sub>mod</sub>** : 0.70

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

**f<sub>v,k</sub>** : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.134 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

$\tau_{v,d}$  : 2.07 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

$V_{v,d}$  : 0.554 t

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{v,d}$ : 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

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

II

**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Abajo).

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{v,d}| / W_{tor}$$

$\tau_{tor,d}$  : 0.17 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_{v,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$M_{v,d}$  : 0.005 t·m

$W_{tor}$  : 2856.00 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$  : 1.22

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

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:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

$b_{max}$  : 300.00 mm

$b_{min}$  : 200.00 mm

$f_{v,d}$  : 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

II Modulo por división educativa



**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.758 ✓

$$\eta = k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.783 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 60.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}$  : 74.36 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.820 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}$  : 1.487 t·m

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{11} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$k_{11}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_{11}$  : 1.07  
 $k_{12}$  : 1.10  
 $\gamma_M$  : 1.25  
 $k_{13}$  : 0.70

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{13}$ : 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

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.835 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.888 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{t,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,d}$  : 13.38 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d} / A$$

Donde:

$N_{t,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$N_{t,d}$  : 8.029 t

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 50.04 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 77.86 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{y,d}$  : 1.501 t·m

$M_{z,d}$  : -1.557 t·m

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,d}$  : 100.95 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_{14} \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

Donde:

Productivo por nudo N2

adefinitiva de CYPE



$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_h$ : 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

$f_{m,0.9}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : 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 (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:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$k_h : \underline{1.07}$$

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$f_{m,0.9} : \underline{168.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$f_{m,d} : \underline{146.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_h : \underline{1.07}$$

$$k_{m,y} : \underline{1.10}$$

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$



**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve.  
Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.777 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,d}}{f_{c,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.802 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{\lambda_{c,y} \cdot f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.899 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,d}}{\lambda_{c,z} \cdot f_{c,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.930 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.28) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,d} = |N_{c,d}| / A$$

$\sigma_{c,d}$  : 18.86 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$N_{c,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$N_{c,d}$  : 11.317 t

$A$  : 600.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$\sigma_{m,y,d}$  : 60.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 74.36 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{d,y}$  : -1.820 t·m

$M_{d,z}$  : 1.487 t·m

$W_{el,y}$  : 3000.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2000.00 cm<sup>3</sup>

$f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

$f_{c,d}$  : 137.00 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)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$f_{m,y,d}$  : 146.84 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}$  : 150.70 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)

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{h,y}$  : 1.07

$k_{h,z}$  : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 300.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_c$ : 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

$k_c$  : 0.70

$\lambda_c$ : Factor de inestabilidad

$\lambda_{c,y}$  : 0.98

$\lambda_{c,z}$  : 0.93

Producido por una versión educativa de CYPE


**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{c,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torina} \cdot f_{c,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.353} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{c,d}}{f_{c,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{torina} \cdot f_{c,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.092} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Arriba)+0.75·Nieve.

Donde:

 $\tau_c$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_c = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_c}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

 $A$ : Área de la sección transversal

 $k_c$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

 $\tau_{tor,d}$ : 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

 $k_c$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

 $f_{c,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot f_{c,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

 $f_{c,k}$ : Resistencia característica a cortante

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\tau_{c,d} : \underline{5.36} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{c,d} : \underline{1.29} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$V_{c,d} : \underline{1.438} \quad \text{t}$$

$$V_{c,d} : \underline{0.346} \quad \text{t}$$

$$A : \underline{600.00} \quad \text{cm}^2$$

$$k_c : \underline{0.67}$$

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.10} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.15} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$M_{x,d} : \underline{0.004} \quad \text{t-m}$$

$$W_{tor} : \underline{4284.00} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{tor} : \underline{2856.00} \quad \text{cm}^3$$

$$k_{torina} : \underline{1.22}$$

$$f_{c,d} : \underline{15.41} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$$f_{c,k} : \underline{27.52} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

B.V.5 RIOSTRA SUPERIOR

Barra N4/N12

Perfil: GL-260x180 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> )
	N4	N12	2.500	468.00	26364.00	12636.00	28877.47
	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	1.00	1.00		
L <sub>e</sub>	2.500		2.500	2.500	2.500		
C <sub>i</sub>	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>e</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)										Estado	
	N <sub>x,d</sub>	N <sub>y,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	V <sub>x,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	M <sub>xy,d</sub>	M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	N <sub>x,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	N <sub>y,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>		M <sub>x,d</sub> V <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub>
N4/N12	η = 2.0	η = 1.8	x: 2.5 m η = 57.1	x: 0 m η = 44.1	η = 22.2	x: 2.5 m η = 39.8	η = 6.0	x: 2.5 m η = 85.4	x: 2.5 m η = 86.6	x: 2.5 m η = 86.9	x: 2.5 m η = 43.4	<b>CUMPLE</b> η = 86.9
Definición: N <sub>x,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>y,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>x,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje x V <sub>x,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje x M <sub>xy,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>x,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>y,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>xy,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)												

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1$$

η : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1+5-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

σ<sub>t,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d}/A$$

Donde:

N<sub>t,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

A: Área de la sección transversal

f<sub>t,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

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<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:

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

f<sub>t,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

σ<sub>t,d</sub> : 2.04 kp/cm<sup>2</sup>

N<sub>t,d</sub> : 0.955 t

A : 468.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,d</sub> : 102.40 kp/cm<sup>2</sup>

k<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub> : 1.09

h : 260.00 mm

f<sub>t,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub> : 1.25





**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{2.20} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = N_{c,0,d} / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{1.031} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_m$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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

$$\gamma_m : \underline{1.25}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi$  Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{0.97}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.91}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$k_y : \underline{0.66}$$

$$k_z : \underline{0.82}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.54}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.77}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{95820.59} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{33.31}$$

$$\lambda_z : \underline{48.11}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{c,y} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$$L_{c,z} : \underline{2500.00} \text{ mm}$$

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{75.06} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{51.96} \text{ mm}$$

Producido por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.571 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{k_{ort} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.565 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Abajo).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{k_{ort} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.571 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

**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:

$$k_h = \min \left( (600/h)^{0.1}; 1.1 \right)$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : 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:

$$k_h = \min \left( (600/h)^{0.1}; 1.1 \right)$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{ort}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,y} \leq 0.75$

$$k_{ort} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$\sigma_{m,d}$  : 84.20 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,d}$  : 85.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,x}$  : 1.708 t-m  
 $M_{d,y}$  : 1.724 t-m  
 $W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,d}$  : 148.95 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70  
**Clase** : Corta duración  
**Clase** : 3  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_h$  : 1.09

$h$  : 260.00 mm  
 $\gamma_M$  : 1.25

$\sigma_{m,d}$  : 84.20 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,d}$  : 85.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,x}$  : 1.708 t-m  
 $M_{d,y}$  : 1.724 t-m  
 $W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,d}$  : 148.95 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70  
**Clase** : Corta duración  
**Clase** : 3  
 $f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>  
 $k_h$  : 1.09

$h$  : 260.00 mm  
 $\gamma_M$  : 1.25  
 $k_{ort}$  : 1.00

$\lambda_{rel,y}$  : 0.29

Preparado por una versión educativa del CYPE



$$\lambda_{y,z} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{y,z}}}$$

Donde:

- $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión
- $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal
- $M_{y,z}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{y,z} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G_{0,k} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$$

Donde:

- $E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra
- $G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra
- $I$ : Momento de inercia
- $I_{tw}$ : Momento de inercia a torsión
- $L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$f_{m,k}$	: 244.65	kp/cm <sup>2</sup>
$W_{el,y}$	: 2028.00	cm <sup>3</sup>
$M_{y,z}$	: 57.503	t-m

$E_{0,k}$	: 95820.59	kp/cm <sup>2</sup>
$G_{0,k}$	: 5988.79	kp/cm <sup>2</sup>
$I_y$	: 12636.00	cm <sup>4</sup>
$I_{tw}$	: 28877.47	cm <sup>4</sup>
$L_{ef}$	: 2500.00	mm

**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.441 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve. 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:**

Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = M_{y,z} / W_{el}$$

Donde:

- $M$ : Momento flector de cálculo
- $W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

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
- Clase de duración de la carga
- Clase de servicio
- $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión
- $k_h$ : Factor de altura, dado por:
  - Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:
  - $k_h = \min \{ (600/h)^{2.1}; 1.1 \}$

Donde:

- $h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,d}$	: 66.42	kp/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$	: 65.82	kp/cm <sup>2</sup>

$M_{y,z}$	: 0.933	t-m
$M_{y,z}$	: 0.924	t-m
$W_{el,y}$	: 1404.00	cm <sup>3</sup>
$f_{m,d}$	: 150.70	kp/cm <sup>2</sup>

$k_{mod}$	: 0.70	
Clase	: Corta duración	
Clase	: 3	
$f_{m,k}$	: 244.65	kp/cm <sup>2</sup>
$k_h$	: 1.10	

$h$	: 180.00	mm
$\gamma_M$	: 1.25	

Producido por una versión educativa del CYPE



**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.222** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,d}$  : 3.42 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,d}$  : 0.715 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

activa de CYPE

**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,e}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.398** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{v,e}$  : 6.13 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{v,e}$  : 1.282 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,e}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,e} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Prudicir por una versión



### Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{1.12} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.022} \text{ t·m}$$

$W_{tor}$ : Módulo resistente a torsión

$$W_{tor} : \underline{1976.83} \text{ cm}^3$$

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma} : \underline{1.22}$$

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{max} : \underline{260.00} \text{ mm}$$

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{min} : \underline{180.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m1} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.854} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_{m2} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.805} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(1)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{84.96} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{61.09} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{1.723} \text{ t·m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.858} \text{ t·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1404.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{148.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{h1} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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

$$f_{m,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$k_{h1}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_{h2}$ : 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

$$k_{h2} : \underline{0.70}$$



**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{1,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,y} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.866 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{1,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{m,z} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.818 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\sigma_{1,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{1,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{1,0,d}$  : 1.79 kp/cm<sup>2</sup>

$N_{t,0,d}$  : 0.838 t

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} = |M_{y,d}|/W_{el}$$

Donde:

$M_{y,d}$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$\sigma_{m,y,d}$  : 84.14 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 61.00 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{y,d}$  : 1.706 t·m

$M_{z,d}$  : 0.856 t·m

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d}$  : 102.40 kp/cm<sup>2</sup>

Producido por una versión educativa de CYPE

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_n \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_n$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_n = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{mod}$  : 0.70

$k_n$  : 1.09

$h$  : 260.00 mm

$f_{t,0,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,y,d}$  : 148.95 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,z,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_n \cdot f_{m,y,k}/\gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$f_{m,y,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_n$ : Factor de altura, dado por:

$$k_n = \dots$$

eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_n = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

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 laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_n = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_n$ : 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

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,y,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{n,y}$  : 1.09

$k_{n,z}$  : 1.10

$h$  : 260.00 mm

$h$  : 180.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

$k_n$  : 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 N12, para la combinación de acciones  
0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{90} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.854} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_{90} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.805} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{90} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.869} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_{90} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.820} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.29) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{1.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.913} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} : \underline{84.94} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_d$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{61.11} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_d : \underline{-1.723} \text{ t-m}$$

$W_d$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_d : \underline{0.858} \text{ t-m}$$

$$W_{d,y} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{d,z} : \underline{1404.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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:

$$f_{m,d} : \underline{148.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:



$$k_{tr} = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>tr</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

$\chi_{tr}$ : Factor de inestabilidad

$$h : \frac{180.00}{mm}$$

$$\gamma_M : \frac{1.25}{}$$

$$k_{tr} : \frac{0.70}{}$$

$$\chi_{tr} : \frac{0.97}{}$$

$$\chi_{tr} : \frac{0.91}{}$$

### Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.242} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,d}}{k_{tor} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.434} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\tau_v$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \frac{3.21}{kp/cm^2}$$

$$\tau_{v,d} : \frac{5.95}{kp/cm^2}$$

$$\tau_v = \frac{3}{2} \frac{|V_d|}{A \cdot k_{tr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

$$V_{d,d} : \frac{0.671}{t}$$

$$V_{d,d} : \frac{1.245}{t}$$

**A**: Área de la sección transversal

$$A : \frac{468.00}{cm^2}$$

**k<sub>tr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{tr} : \frac{0.67}{}$$

$\tau_{tor}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \frac{0.62}{kp/cm^2}$$

$$\tau_{tor,d} : \frac{0.90}{kp/cm^2}$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{v,d}| / W_{tor}$$

Donde:

**M<sub>v,d</sub>**: Momento torsor de cálculo

$$M_{v,d} : \frac{0.018}{t \cdot m}$$

**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión

$$W_{tor,d} : \frac{2855.42}{cm^3}$$

$$W_{tor,d} : \frac{1976.83}{cm^3}$$

**k<sub>tr</sub>**: Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{tor} : \frac{1.22}{}$$

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \frac{15.41}{kp/cm^2}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \frac{0.70}{}$$

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \frac{27.52}{kp/cm^2}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \frac{1.25}{}$$

Producido por una versión educativa de CYPE



B.V.6 RIOSTRA INFERIOR

Barra N45/N43

Perfil: GL-260x180		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>x</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N45	N43	0.600	468.00	26364.00	12636.00	28877.47	
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	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>		0.600	0.600	0.600	0.600		
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>0,x,d</sub>	N <sub>0,z,d</sub>	M <sub>0,y,d</sub>	M <sub>0,x,d</sub>	V <sub>0,y,d</sub>	V <sub>0,x,d</sub>	M <sub>0,y,z,d</sub>	M <sub>0,x,z,d</sub>	N <sub>0,x,d</sub> M <sub>0,y,d</sub> M <sub>0,z,d</sub>	N <sub>0,x,d</sub> M <sub>0,x,d</sub> M <sub>0,z,d</sub>		M <sub>0,y,d</sub> V <sub>0,y,d</sub> V <sub>0,x,d</sub>
N45/N43	η = 3.9	η = 4.3	x: 0 m η = 61.4	x: 0 m η = 42.9	η = 33.9	x: 0 m η = 48.3	η = 40.1	x: 0 m η = 91.4	x: 0 m η = 87.8	x: 0 m η = 91.5	x: 0 m η = 68.8	<b>CUMPLE</b> η = 91.5

Notación:  
 N<sub>0,x</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 N<sub>0,z</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 M<sub>0,y</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
 M<sub>0,x</sub>: Resistencia a flexión en el eje x  
 V<sub>0,y</sub>: Resistencia a cortante en el eje y  
 V<sub>0,x</sub>: Resistencia a cortante en el eje x  
 M<sub>0,y,z</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>0,x,z</sub>: Resistencia a flexión esviada  
 N<sub>0,x</sub>M<sub>0,y</sub>M<sub>0,z</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 N<sub>0,x</sub>M<sub>0,x</sub>M<sub>0,z</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 M<sub>0,y</sub>V<sub>0,y</sub>V<sub>0,x</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.039 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones Q0+PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(2)+1.5·VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: σ<sub>t,0,d</sub> = N<sub>t,0,d</sub>/A      σ<sub>t,0,d</sub> : 4.02 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:  
 N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra      N<sub>t,0,d</sub> : 1.880 t  
 A: Área de la sección transversal      A : 468.00 cm<sup>2</sup>  
 f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:      f<sub>t,0,d</sub> : 102.40 kp/cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub> = k<sub>mod</sub> · k<sub>h</sub> · f<sub>t,0,k</sub> / γ<sub>M</sub>  
 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<sub>mod</sub> : 0.70  
 k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:      k<sub>h</sub> : 1.09

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:  
 k<sub>h</sub> = min{(600/h)<sup>0.1</sup>; 1.1}

Donde:  
 h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción      h : 260.00 mm  
 f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra      f<sub>t,0,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>  
 γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material      γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.043 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 5.85 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  
 $A$ : Área de la sección transversal

$N_{c,0,d}$  : 2.740 t  
 $A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70  
 $f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$  : 1.25

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**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:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.13

$\lambda_{rel,z}$  : 0.19

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 7.99

$\lambda_z$  : 11.55

$$\lambda = \frac{L_0}{i}$$

Donde:

$L_0$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{0,y}$  : 600.00 mm

$L_{0,z}$  : 600.00 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 75.06 mm

$i_z$  : 51.96 mm

**Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.614 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{k_{ort} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.576 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{k_{ort} \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.614 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,d}^+$  : 85.77 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}^-$  : 91.49 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{d,y}^+$  : 1.739 t·m

$M_{d,y}^-$  : 1.856 t·m

fo por una versión educativa de CYPE



<p><b>W<sub>el</sub></b>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><b>f<sub>td</sub></b>: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:</p> $f_{td} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{tk} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><b>k<sub>mod</sub></b>: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad</p> <p>Donde:</p> <p>Clase de duración de la carga</p> <p>Clase de servicio</p> <p><b>f<sub>tk</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>k<sub>b</sub></b>: Factor de altura, dado por:</p> <p>Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:</p> $k_b = \min\left(\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right)$ <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><b>γ<sub>M</sub></b>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>Resistencia a vuelco lateral:</b></p> <p><b>σ<sub>td</sub></b>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:</p> $\sigma_{td} = M_{ed} / W_{el}$ <p>Donde:</p> <p><b>M<sub>ed</sub></b>: Momento flector de cálculo</p> <p><b>W<sub>el</sub></b>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><b>f<sub>td</sub></b>: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:</p> $f_{td} = k_{mod} \cdot k_b \cdot f_{tk} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><b>k<sub>mod</sub></b>: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad</p> <p>Donde:</p> <p>Clase de duración de la carga</p> <p>Clase de servicio</p> <p><b>f<sub>tk</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>k<sub>b</sub></b>: Factor de altura, dado por:</p> <p>Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:</p> $k_b = \min\left(\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right)$ <p>Donde:</p> <p><b>h</b>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><b>γ<sub>M</sub></b>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><b>k<sub>lat</sub></b>: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:</p> <p>Para <math>\lambda_{rel,cr} \leq 0.75</math></p> $k_{lat} = 1.0$ <p>Donde:</p> <p><b>λ<sub>rel,cr</sub></b>: Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:</p> $\lambda_{rel,cr} = \sqrt{\frac{f_{tk} \cdot W_{el}}{M_{cr,cr}}}$ <p>Donde:</p> <p><b>f<sub>tk</sub></b>: Resistencia característica a flexión</p> <p><b>W<sub>el</sub></b>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><b>M<sub>cr,cr</sub></b>: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:</p> $M_{cr,cr} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G_{0,k} \cdot I_{tw}}}{L_{ef}}$ <p>Donde:</p> <p><b>E<sub>0,k</sub></b>: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra</p> <p><b>G<sub>0,k</sub></b>: Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra</p> <p><b>I</b>: Momento de inercia</p> <p><b>I<sub>tw</sub></b>: Momento de inercia a torsión</p> <p><b>L<sub>ef</sub></b>: Longitud eficaz de vuelco lateral</p>	<table border="0"> <tr><td><b>W<sub>el</sub></b> :</td><td><u>2028.00</u></td><td>cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><b>f<sub>td</sub></b> :</td><td><u>148.95</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>mod</sub></b> :</td><td><u>0.70</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>Clase</b> :</td><td><u>Corta duración</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>Clase</b> :</td><td><u>3</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>f<sub>tk</sub></b> :</td><td><u>244.65</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>b</sub></b> :</td><td><u>1.09</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>h</b> :</td><td><u>260.00</u></td><td>mm</td></tr> <tr><td><b>γ<sub>M</sub></b> :</td><td><u>1.25</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>σ<sub>td</sub></b> :</td><td><u>85.77</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>σ<sub>td</sub></b> :</td><td><u>91.49</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>M<sub>ed</sub></b> :</td><td><u>1.739</u></td><td>t-m</td></tr> <tr><td><b>M<sub>ed</sub></b> :</td><td><u>1.856</u></td><td>t-m</td></tr> <tr><td><b>W<sub>el</sub></b> :</td><td><u>2028.00</u></td><td>cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><b>f<sub>td</sub></b> :</td><td><u>148.95</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>mod</sub></b> :</td><td><u>0.70</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>Clase</b> :</td><td><u>Corta duración</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>Clase</b> :</td><td><u>3</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>f<sub>tk</sub></b> :</td><td><u>244.65</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>k<sub>b</sub></b> :</td><td><u>1.09</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>h</b> :</td><td><u>260.00</u></td><td>mm</td></tr> <tr><td><b>γ<sub>M</sub></b> :</td><td><u>1.25</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>k<sub>lat</sub></b> :</td><td><u>1.00</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>λ<sub>rel,cr</sub></b> :</td><td><u>0.14</u></td><td></td></tr> <tr><td><b>f<sub>tk</sub></b> :</td><td><u>244.65</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>W<sub>el</sub></b> :</td><td><u>2028.00</u></td><td>cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><b>M<sub>cr,cr</sub></b> :</td><td><u>239.597</u></td><td>t-m</td></tr> <tr><td><b>E<sub>0,k</sub></b> :</td><td><u>95820.59</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>G<sub>0,k</sub></b> :</td><td><u>5988.79</u></td><td>kp/cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><b>I</b> :</td><td><u>12636.00</u></td><td>cm<sup>4</sup></td></tr> <tr><td><b>I<sub>tw</sub></b> :</td><td><u>28877.47</u></td><td>cm<sup>4</sup></td></tr> <tr><td><b>L<sub>ef</sub></b> :</td><td><u>600.00</u></td><td>mm</td></tr> </table>	<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>2028.00</u>	cm <sup>3</sup>	<b>f<sub>td</sub></b> :	<u>148.95</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.70</u>		<b>Clase</b> :	<u>Corta duración</u>		<b>Clase</b> :	<u>3</u>		<b>f<sub>tk</sub></b> :	<u>244.65</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>b</sub></b> :	<u>1.09</u>		<b>h</b> :	<u>260.00</u>	mm	<b>γ<sub>M</sub></b> :	<u>1.25</u>		<b>σ<sub>td</sub></b> :	<u>85.77</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>σ<sub>td</sub></b> :	<u>91.49</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>M<sub>ed</sub></b> :	<u>1.739</u>	t-m	<b>M<sub>ed</sub></b> :	<u>1.856</u>	t-m	<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>2028.00</u>	cm <sup>3</sup>	<b>f<sub>td</sub></b> :	<u>148.95</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.70</u>		<b>Clase</b> :	<u>Corta duración</u>		<b>Clase</b> :	<u>3</u>		<b>f<sub>tk</sub></b> :	<u>244.65</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>k<sub>b</sub></b> :	<u>1.09</u>		<b>h</b> :	<u>260.00</u>	mm	<b>γ<sub>M</sub></b> :	<u>1.25</u>		<b>k<sub>lat</sub></b> :	<u>1.00</u>		<b>λ<sub>rel,cr</sub></b> :	<u>0.14</u>		<b>f<sub>tk</sub></b> :	<u>244.65</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>2028.00</u>	cm <sup>3</sup>	<b>M<sub>cr,cr</sub></b> :	<u>239.597</u>	t-m	<b>E<sub>0,k</sub></b> :	<u>95820.59</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>G<sub>0,k</sub></b> :	<u>5988.79</u>	kp/cm <sup>2</sup>	<b>I</b> :	<u>12636.00</u>	cm <sup>4</sup>	<b>I<sub>tw</sub></b> :	<u>28877.47</u>	cm <sup>4</sup>	<b>L<sub>ef</sub></b> :	<u>600.00</u>	mm
<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>2028.00</u>	cm <sup>3</sup>																																																																																															
<b>f<sub>td</sub></b> :	<u>148.95</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.70</u>																																																																																																
<b>Clase</b> :	<u>Corta duración</u>																																																																																																
<b>Clase</b> :	<u>3</u>																																																																																																
<b>f<sub>tk</sub></b> :	<u>244.65</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>k<sub>b</sub></b> :	<u>1.09</u>																																																																																																
<b>h</b> :	<u>260.00</u>	mm																																																																																															
<b>γ<sub>M</sub></b> :	<u>1.25</u>																																																																																																
<b>σ<sub>td</sub></b> :	<u>85.77</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>σ<sub>td</sub></b> :	<u>91.49</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>M<sub>ed</sub></b> :	<u>1.739</u>	t-m																																																																																															
<b>M<sub>ed</sub></b> :	<u>1.856</u>	t-m																																																																																															
<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>2028.00</u>	cm <sup>3</sup>																																																																																															
<b>f<sub>td</sub></b> :	<u>148.95</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.70</u>																																																																																																
<b>Clase</b> :	<u>Corta duración</u>																																																																																																
<b>Clase</b> :	<u>3</u>																																																																																																
<b>f<sub>tk</sub></b> :	<u>244.65</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>k<sub>b</sub></b> :	<u>1.09</u>																																																																																																
<b>h</b> :	<u>260.00</u>	mm																																																																																															
<b>γ<sub>M</sub></b> :	<u>1.25</u>																																																																																																
<b>k<sub>lat</sub></b> :	<u>1.00</u>																																																																																																
<b>λ<sub>rel,cr</sub></b> :	<u>0.14</u>																																																																																																
<b>f<sub>tk</sub></b> :	<u>244.65</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>W<sub>el</sub></b> :	<u>2028.00</u>	cm <sup>3</sup>																																																																																															
<b>M<sub>cr,cr</sub></b> :	<u>239.597</u>	t-m																																																																																															
<b>E<sub>0,k</sub></b> :	<u>95820.59</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>G<sub>0,k</sub></b> :	<u>5988.79</u>	kp/cm <sup>2</sup>																																																																																															
<b>I</b> :	<u>12636.00</u>	cm <sup>4</sup>																																																																																															
<b>I<sub>tw</sub></b> :	<u>28877.47</u>	cm <sup>4</sup>																																																																																															
<b>L<sub>ef</sub></b> :	<u>600.00</u>	mm																																																																																															

Producción para una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.429 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Abajo)+0.75·Nieve. 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

$\sigma_{m,d}$  : 61.11 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$  : 64.59 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,z}$  : 0.858 t·m

$M_{d,y}$  : 0.907 t·m

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{mod}$  : 0.70

Clase : Corta duración

Clase : 3

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$h$  : 180.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.339 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Arriba)+0.75·Nieve.

Donde:

$\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_w}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

$k_w$ : 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

$V_{d,y}$  : 1.091 t

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$k_w$  : 0.67

$f_{v,d}$  : 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

Educativa de CYPE

Educativa de CYPE


**Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.483} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·VientoenX(2)+1.5·VientoenZ(1)+1.5·VientoenCubierta(Arriba)+0.75·Nieve.

Donde:

 $\tau_{v,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{7.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_w}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_d : \underline{1.556} \text{ t}$$

A: Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

 $k_w$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_w : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.401} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

 $\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{7.53} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

 $M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.149} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor} : \underline{1976.83} \text{ cm}^3$$

 $k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma} : \underline{1.22}$$

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

 $b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{max} : \underline{260.00} \text{ mm}$$

 $b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{min} : \underline{180.00} \text{ mm}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{15.41} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$



**Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.914 ✓

$$\eta = k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.859 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 91.49 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d}$  : 64.59 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.856 t-m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}$  : 0.907 t-m

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 148.95 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:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.09

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{tr}$  : 1.10

$k_{tr}$ : 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

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{tr}$  : 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

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.878 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.827 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Arriba).

Donde:

$\sigma_{t,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,d}$  : 1.90 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d}/A$$

Donde:

$N_{t,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,d}$  : 0.890 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 85.77 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,z,d}$  : 61.11 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 1.739 t-m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}$  : 0.858 t-m

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,d}$  : 102.40 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

Donde:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

Resistencia a flexión esviada



**$k_{mod}$** : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**$k_h$** : 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

**$f_{t,0,k}$** : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**$f_{t,0,d}$** : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**$k_{mod}$** : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

**$f_{t,0,k}$** : Resistencia característica a flexión

**$k_h$** : Factor de altura, dado por:

Eje y:  
 Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera 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

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

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**$k_{1,90}$** : 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><math>k_{mod}</math></b> :	<u>0.70</u>
<b><math>k_h</math></b> :	<u>1.09</u>
<b>h</b> :	<u>260.00</u> mm
<b><math>f_{t,0,k}</math></b> :	<u>168.20</u> kp/cm <sup>2</sup>
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>
<b><math>f_{t,0,d}</math></b> :	<u>148.95</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>f_{t,0,d}</math></b> :	<u>150.70</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>k_{mod}</math></b> :	<u>0.70</u>
<b><math>f_{t,0,k}</math></b> :	<u>244.65</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b><math>k_{h,y}</math></b> :	<u>1.09</u>
<b><math>k_{h,z}</math></b> :	<u>1.10</u>
<b>h</b> :	<u>260.00</u> mm
<b>h</b> :	<u>180.00</u> mm
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>
<b><math>k_{1,90}</math></b> :	<u>0.70</u>

última versión educativa de CYPE



### 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 N45, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Abajo)+0.75-Nieve.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.915} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.859} \quad \checkmark$$

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 esbeltez relativa (0.14) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c0,d} : \underline{3.74} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c0,d} = N_{c0,d} / A$$

Donde:

$N_{c0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c0,d} : \underline{1.750} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} : \underline{91.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$$\sigma_{m,d} : \underline{64.59} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-1.856} \text{ t-m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.907} \text{ t-m}$$

$$W_{y,d} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{z,d} : \underline{1404.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c0,d} = k_{mod} \cdot f_{c0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c0,k} : \underline{244.65} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} : \underline{148.95} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$$f_{m,k} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

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

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : 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

$$k_m : \underline{0.70}$$

Producido por una versión educativa de CYPE





**Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.340 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.688 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado+1.5·Q1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$  : 0.96 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{z,d}$  : 4.42 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d}$  : 0.200 t

$V_{z,d}$  : 0.925 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d}$  : 5.21 kp/cm<sup>2</sup>

$\tau_{tor,z,d}$  : 7.53 kp/cm<sup>2</sup>

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.149 t·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$  : 2855.42 cm<sup>3</sup>

$W_{tor,z}$  : 1976.83 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 15.41 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 27.52 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE



B.V.7 DIAGONAL

Barra N2/N3

Perfil: S-160x120 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>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N2	N3	3.536	192.00	4096.00	2304.00	4958.21
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β		1.00	1.00	1.00		
	L <sub>k</sub>		3.536	3.536	3.536		
	C <sub>i</sub>		-	1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)												Estado
	N <sub>t,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>y,z,d</sub>	M <sub>x,z,d</sub>	N <sub>t,z,d</sub> M <sub>y,z,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,z,d</sub> M <sub>y,z,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>y,z,d</sub> V <sub>y,z,d</sub>	M <sub>x,z,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N2/N3	η = 40.4	η = 87.3	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.768 m η = 4.5	x: 0 m η = 2.2	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1.768 m η = 43.6	x: 1.768 m η = 90.4	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 90.4
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,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>y,z,d</sub> : Resistencia a torsión M <sub>x,z,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,z,d</sub> M <sub>y,z,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,z,d</sub> M <sub>y,z,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>y,z,d</sub> V <sub>y,z,d</sub> : Resistencia a cortante y torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede													
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.													

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1$$

η : **0.404** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

Donde:

σ<sub>t,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,d</sub> : 41.81 kp/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{t,d} = N_{t,d}/A$$

Donde:

N<sub>t,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,d</sub> : 8.028 t

A: Área de la sección transversal

A : 192.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,d</sub> : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

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<sub>mod</sub> : 0.70

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{1.5}; 1.1 \right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 160.00 mm

f<sub>t,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,k</sub> : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.301 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.523 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.873 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Abajo).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 41.27 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

$N_{c,0,d}$  : 7.924 t

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 192.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 137.00 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 (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{c,0,k}$ : 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)

$\chi$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.58

$\chi_{c,z}$  : 0.34

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 1.30

$k_z$  : 1.91

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 1.23

$\lambda_{rel,z}$  : 1.64

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 95820.59 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 76.55

$\lambda_z$  : 102.06

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{c,y}$  : 3535.53 mm

$L_{c,z}$  : 3535.53 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 46.19 mm

$i_z$  : 34.64 mm

Producido por una versión educativa de CYPE



**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:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.045 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 4.85 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

$M_{z,d}^+$  : 0.019 t·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}^-$  : 0.000 t·m

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$W_{el,z}$  : 384.00 cm<sup>3</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

$f_{m,z,d}$  : 107.65 kp/cm<sup>2</sup>

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.50

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 3

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$ : 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:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 120.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

Producido por una versión educativa de CYPE


**Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Entarimado.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.25} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.021} \text{ t}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{192.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{11.01} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.50}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{27.52} \text{ kp/cm}^2$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

Iva de CYPE



**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + \frac{\sigma_{n,d}}{f_{n,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{n,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.426 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} + k_{tr} \cdot \frac{\sigma_{n,d}}{f_{n,d}} + \frac{\sigma_{t,d}}{f_{n,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.436 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(2)+1.5-VientoenZ(1)+1.5-VientoenCubierta(Arriba)+0.75-Nieve.

Donde:

$\sigma_{n,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{n,d} = N_{t,d} / A$$

Donde:

$N_{t,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{n,d}$  : 41.81 kp/cm<sup>2</sup>

$N_{t,d}$  : 8.028 t

$A$  : 192.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : 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

$\sigma_{m,d}$  : 0.00 kp/cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$  : 4.85 kp/cm<sup>2</sup>

$M_{d,x}$  : 0.000 t-m

$M_{d,y}$  : 0.019 t-m

$W_{el,x}$  : 512.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,y}$  : 384.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,d}$  : 103.61 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{t,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$f_{t,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{mod}$  : 0.70

$k_h$  : 1.10

$h$  : 160.00 mm

$f_{t,k}$  : 168.20 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,d}$  : 150.70 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$k_{mod}$  : 0.70

$f_{m,k}$  : 244.65 kp/cm<sup>2</sup>

$k_h$  : 1.10

$k_h$  : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 160.00 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 120.00 mm

$\gamma_M$ : 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

Producción por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.768 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+0.8-Entarimado+1.5-VientoenX(1)+1.5-VientoenZ(2)+1.5-VientoenCubierta(Abajo). Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.113} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.123} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\lambda_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.544} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\lambda_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.904} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que el correspondiente momento flector actuante es nulo.

Dado:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{41.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{7.907} \text{ t}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{192.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,y,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = |M_y| / W_{el,y}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.85} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$M_y$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{512.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{384.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{137.00} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 3)

$$k_{mod} : \underline{0.70}$$

$f_{c,0,k}$ : 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

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{150.70} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

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:

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:



$$k_{11} = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**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

$\chi_{cr}$ : Factor de inestabilidad

**h** : 120.00 mm

$\gamma_m$  : 1.25

**k<sub>m</sub>** : 0.70

$\chi_{cr}$  : 0.58

$\chi_{cr}$  : 0.34





## ANEXO C: EJEMPLOS E INSPIRACIÓN

### PUENTE PEATONAL SOBRE EL SIMME, Wimmis, Suiza.

Año : 1989  
Largo total : 108 m  
Luz libre : 27 + 54 + 27 m

Sistema estructural:

Compuesto de dos vigas reticuladas de madera laminada de 3,00 m de alto; y una techumbre de estructura de madera aserrada.

Sistema de protección:

Confiado a la cubierta de zinc-titanio y al revestimiento lateral a través de un entablado ventilado.



### PUENTE PEATONAL SOBRE EL NECKAR, Ramseck, Alemania.

Año : 1988  
Largo total : 80 m  
Ancho de paso : 27 + 54 + 27 m

Sistema estructural:

Consiste en 3 vigas reticuladas de madera laminada unidas entre sí en los cordones interiores y superiores formando una viga espacial.

Sistema de protección:

LA protección se confía al revestimiento total de la estructura por paños vidriados





### PUENTE PEATONAL OS, Os, Noruega.

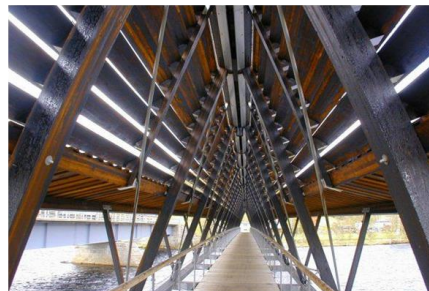
Año : 1996  
Largo total : 80 m  
Luz libre : 2 x 40 m

#### Sistema estructural:

Dos vigas reticuladas de madera laminada inclinadas conectadas entre si por el cordón superior y con la placa de madera tensada por los cordones inferiores.

#### Sistema de protección:

Los cordones inferiores están doblemente impregnados con CCA y creosota, el resto de la madera está impregnada con creosota. Además la estructura está cubierta con una entablado horizontal abierto y por una techumbre lateral (aleros).



### PUENTE PEATONAL BADTÖBLI, Suiza.

Año : 1991  
Largo total : 45 m

#### Sistema estructural:

Compuesto de vigas reticuladas inclinadas afianzadas en la parte superior por una viga de madera laminada que hace de cumbrera, hacia los costados de esta viga se forman retículas que hacen de estructuras para la techumbre. Se armó en cuatro partes principales.

#### Sistema de protección:

La cubierta e inclinación de las vigas laterales cumplen un papel fundamental en la protección del puente. Además estas vigas llevan un revestimiento de entablado lateral.



### PUENTE VEHICULAR STRABEN, Andelfingen, Suiza.

Año : 1992  
Largo total : 108 m  
Luz libre : 2 x 29 m + 2 x 22 m  
Ancho de paso : vehicular = 4,10 m, y peatonal = 1,70 m

#### Sistema estructural:

Compuesto de dos vigas reticuladas de madera laminada.

#### Sistema de protección:

La protección se confía a la techumbre y al revestimiento de entablado lateral.





**PUENTE PEATONAL EN EL PARQUE DEL LITORAL,  
Barcelona, España**

Año : 1991  
Largo total : 56 m  
Luz libre : Dos vanos de 28 m

Sistema estructural:

Vigas cajón en celosía de tipo Warren sin techo. Son dos vigas biapoyadas con una pila central. La anchura libre de circulación es de 4,3 m.

Sistema de protección:

La madera está tratada en autoclave con sales de CCA. Se ha utilizado pino silvestre (*Pinus sylvestris L.*) para la estructura, iroko (*Clhorophora excelsa-regia*) para la superficie de la rodadura y Cedro rojo del Pacífico (*Thula plicata D. Don*) para los cierres laterales.



**PUENTE PEATONAL EN EL PARQUE SOBRE EL RIO TORIO,  
León, España**

Año : 2003  
Largo total : 66,50 m  
Luz libre : Luces principales 12, 75, 41 y 12,75 m

Sistema estructural:

Dos vigas en diamante en voladizo con un tramo central isostático biapoyado en las vigas voladas. Las vigas en diamante están formadas por elementos de madera laminada encolada de tipo boomerang atirantadas mediante una banda tesa en el plano central. Ancho libre de 3,20 m y ancho total 3,60 m.

Sistema de protección:

Madera de pino silvestre tratada con sales hidrosolubles en autoclave. Disposición de baberos metálicos sobre las caras superiores de las piezas y dispositivos de recogida de agua en los ángulos entrantes.





**PUENTE PEATONAL, Socuéllamos, Ciudad Real, España**

Año : 2002  
Luz libre : 33 m  
Ancho de paso : 2 m

Sistema estructural:

Arco de muy reducida flecha. Tablero situado sobre las vigas riostras con tornapuntas que quedan colgadas de las piezas principales. Arriostramiento mediante cruces de San Andrés bajo el tablero, inmovilizando la parte superior de la sección del arco con las tornapuntas. Se fabricó en dos mitades por razones de transporte.

Sistema de protección:

Madera tratada con sales hidrosolubles y herrajes galvanizados en caliente.



**PUENTE PEATONAL SOBRE EL RIO CIGÜELA, Arenas de San Juan, C. Real, España**

Año : 2003  
Luz libre : 30 m  
Ancho de paso : 1,5 m

Sistema estructural:

Arco biarticulado de sección variable en madera laminada encolada de pino silvestre. Tablero constituido por travesaños y viguetas secundarias que soportan la tabla de piso. Arriostramiento mediante diagonales de madera aserrada.

Sistema de protección:

Madera de pino silvestre tratada en autoclave con sales hidrosolubles y acabado superficial con lasur a poro abierto.





**PUENTE PEATONAL EN ARTZINIEGA,  
Artziniega, España**

Año : 2021  
Luz libre : 10 + 5 m  
Ancho de paso : 1,8 m

Sistema estructural:

Sobre viga simple de sección constante en madera laminada encolada de pino silvestre. Tablero constituido por travesaños y viguetas que soportan la tablazón de suelo. Arriostramiento mediante diagonales de madera aserrada.

Sistema de protección:

Madera de pino silvestre tratada en autoclave con sales hidrosolubles y acabado superficial a poro abierto.



## ANEXO D: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### D.I MODELO 1: VIGA SIMPLE SIN CUBIERTA

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo de Madera	Tipo de Protección	Precio Unitario (€/m <sup>3</sup> )	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	134	45	145	1498	1,31	78,03	C-18	4	756,43	990,75 €	
Rastreles	40	120	120	2500	1,44	49,15	GL-24h	3.2	1051,02	1.513,47 €	81,6%
Diagonales	16	80	160	3550	0,73	27,67	GL-24h	3.2	1051,02	764,13 €	90,3%
Riostras	9	300	160	2500	1,08	21,56	GL-24h	3.2	1051,02	1.135,10 €	65,8%
Vigas Principales	2	1200	240	20000	11,52	116,35	GL-24h	3.2	1051,02	12.107,75 €	87,1%
<b>BARANDILLA:</b>										- €	
- Pilastras	22	200	140	1750	1,08	27,41	GL-24h	3.2	1051,02	1.133,00 €	42,0%
- Pasamanos	20	150 φ		2500	0,88	94,95	C-18	4	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360	3,02	183,81	C-18	3.2	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>Total</b>	<b>403</b>				<b>21,06</b>	<b>598,94</b>				<b>20.502,38 €</b>	<b>90%</b>

## D.II MODELO 2: VIGA SIMPLE CON CUBIERTA

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)	Volumen (m³)	Superficie (m²)	Tipo de Madera	Tipo de Protección	Precio Unitario (€/m²)	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	134	45	145	1498	1,31	78,03	C-18	4	756,43	990,75 €	
Rastreles	40	120	120	2500	1,44	49,15	GL-24h	3.1	987,98	1.422,69 €	81,6%
Diagonales	16	80	160	3550	0,73	27,67	GL-24h	3.1	987,98	718,30 €	93,8%
Riostras	9	300	160	2500	1,08	21,56	GL-24h	3.1	987,98	1.067,02 €	66,8%
Vigas Principales	2	1200	240	20000	11,52	116,35	GL-24h	3.1	987,98	11.381,53 €	96,3%
<b>BARANDILLA:</b>											
- Pasamanos	20	150 φ		2500	0,88	94,95	C-18	4	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360	3,02	183,81	C-18	3.2	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>CUBIERTA:</b>											
- Pilares	10	200	140	3000	0,84	20,96	GL-24h	3.2	1051,02	882,86 €	74,0%
- Tirantes	5	100	80	2980	0,12	5,44	C-18	3.1	661,88	78,90 €	36,3%
- Pares	46	100	80	2600	0,96	43,79	C-18	3.1	661,88	633,29 €	67,7%
- Pendolones	5	60	60	500	0,01	0,64	C-18	3.1	661,88	5,96 €	2,0%
- Viga Longitudinal	2	200	140	22000	1,23	30,03	C-18	3.1	661,88	815,44 €	84,4%
<b>Total</b>	<b>449</b>				<b>23,14</b>	<b>672,40</b>				<b>20.854,90 €</b>	<b>96%</b>

### D.III MODELO 3: CELOSÍA SIN CUBIERTA

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo de Madera	Tipo de Protección	Precio Unitario (€/m <sup>3</sup> )	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	134	45	145	1498	1,31	78,03	C-18	4	756,43	990,75 €	
Rastreles	40	120	120	2500	1,44	49,15	GL-24h	3.2	1051,02	1.513,47 €	81,6%
Diagonales	16	120	160	3500	1,08	31,97	GL-24h	3.2	1051,02	1.130,06 €	88,7%
Riostras Superiores	9	260	180	2500	1,05	20,64	GL-24h	3.2	1051,02	1.106,72 €	79,5%
Riostras Inferiores	9	260	180	2500	1,05	20,64	GL-24h	3.2	1051,02	1.106,72 €	86,7%
Celosía Cordón Superior	2	300	200	20000	2,40	40,24	GL-24h	3.2	1051,02	2.522,45 €	69,3%
Celosía Cordón Inferior	2	300	200	20000	2,40	40,24	GL-24h	3.2	1051,02	2.522,45 €	63,7%
Celosía Diagonales	16	160	200	3500	1,79	41,34	GL-24h	3.2	1051,02	1.883,43 €	82,7%
Celosía Pilares	4	300	200	2500	0,60	10,48	GL-24h	3.2	1051,02	630,61 €	86,3%
<b>BARANDILLA</b>											
- Pilastras	22	200	140	1750	1,08	27,41	GL-24h	3.2	1051,02	1.133,00 €	42,0%
- Pasamanos	20	150 φ		2500	0,88	94,95	C-18	4	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360	3,02	183,81	C-18	3.2	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>Total</b>	<b>434</b>				<b>18,11</b>	<b>638,92</b>				<b>17.397,83 €</b>	<b>89%</b>

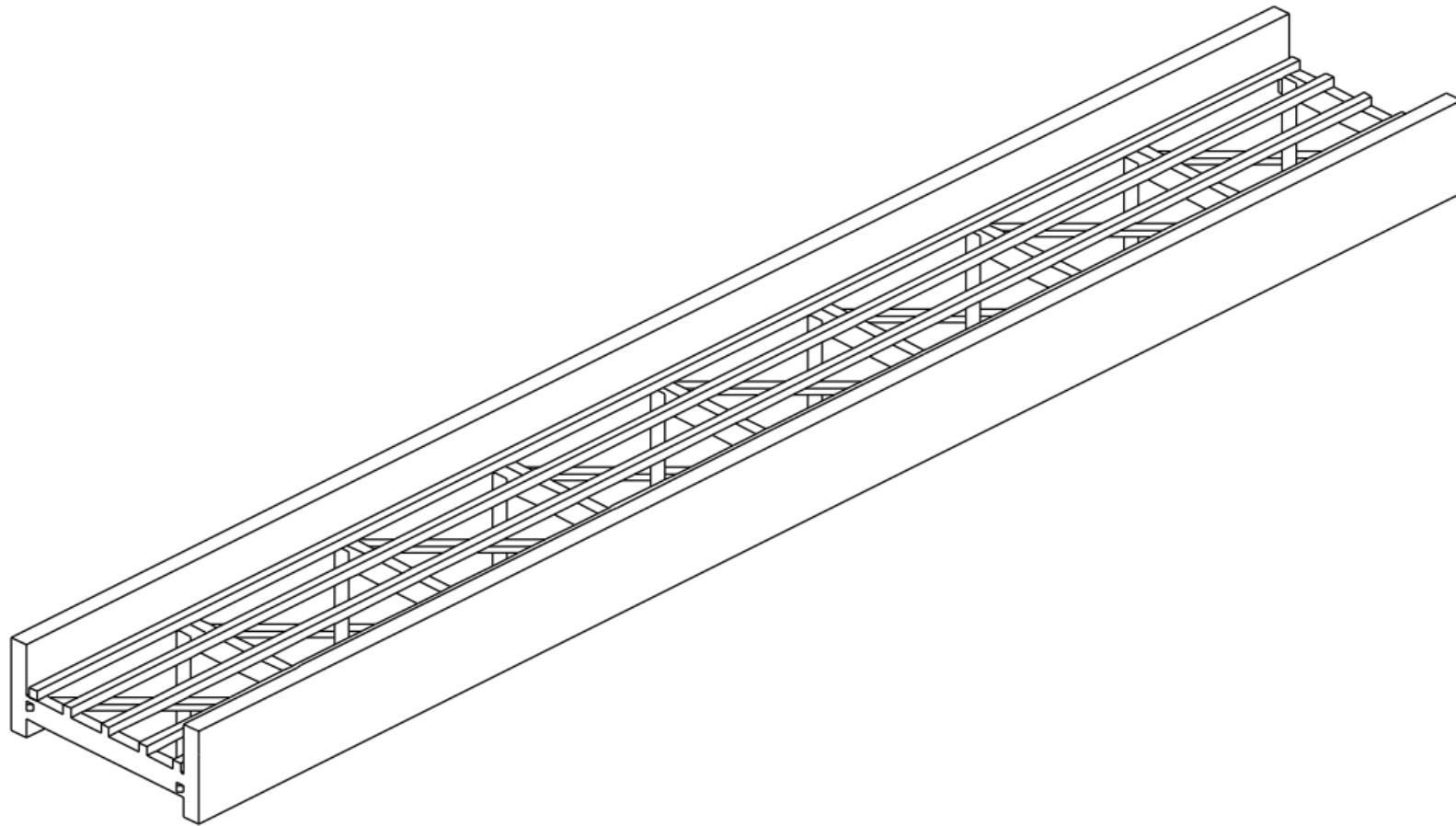


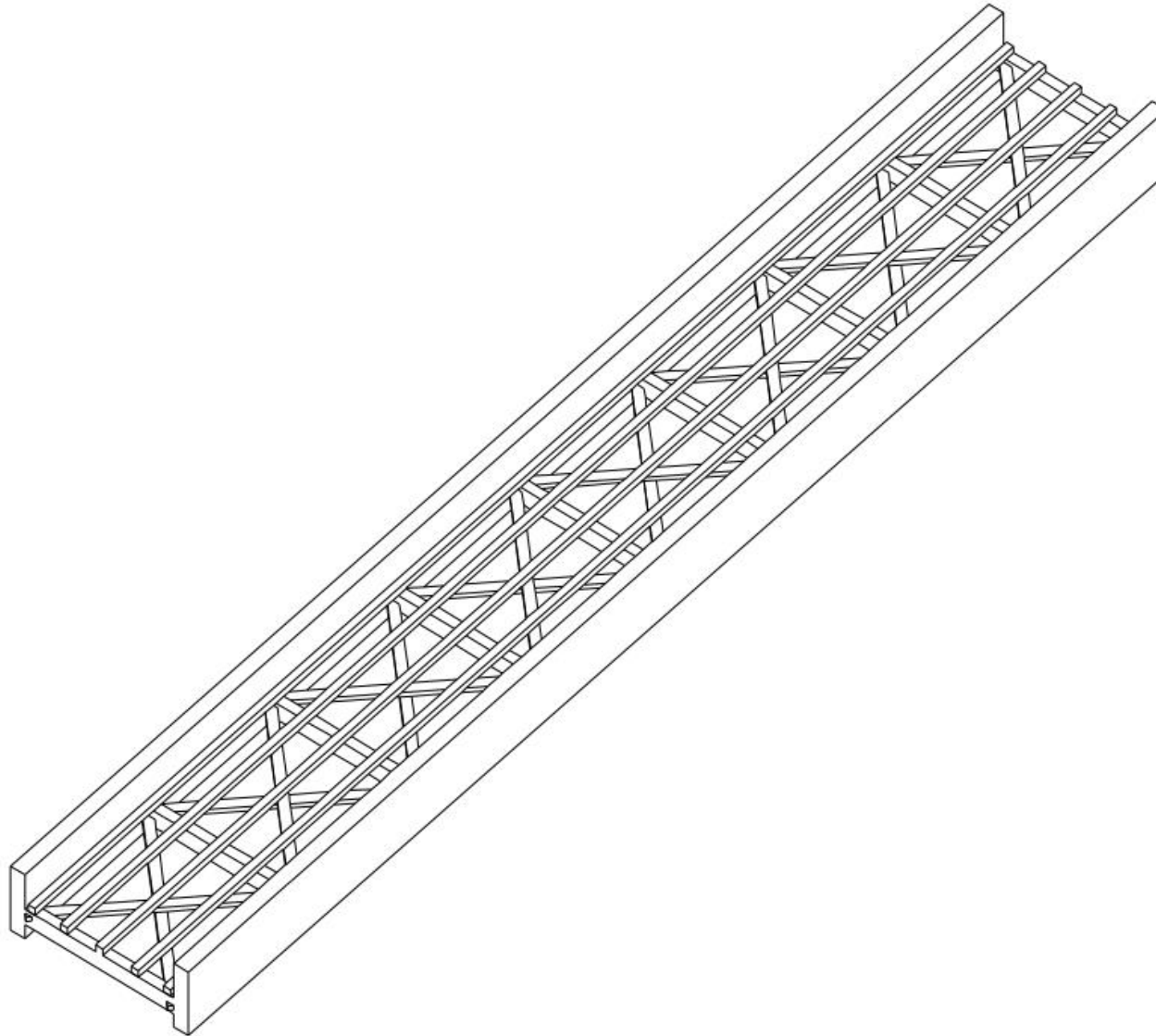
### D.IV MODELO 4: CELOSÍA CON CUBIERTA

Nombre	Cantidad	Altura (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)	Volumen (m³)	Superficie (m²)	Tipo de Madera	Tipo de Protección	Precio Unitario (€/m²)	Precio Total (€)	ELU
Entarimado	134	45	145	1498	1,31	78,03	C-18	4	756,43	990,75 €	
Rastreles	40	120	120	2500	1,44	49,15	GL-24h	3.1	987,98	1.422,69 €	81,6%
Diagonales	16	120	160	3500	1,08	31,97	GL-24h	3.1	987,98	1.062,28 €	90,4%
Riostras Superiores	9	260	180	2500	1,05	20,64	GL-24h	3.1	987,98	1.040,34 €	86,9%
Riostras Inferiores	9	260	180	2500	1,05	20,64	GL-24h	3.1	987,98	1.040,34 €	91,5%
Celosía Cordón Superior	2	300	200	20000	2,40	40,24	GL-24h	3.1	987,98	2.371,15 €	79,6%
Celosía Cordón Inferior	2	300	200	20000	2,40	40,24	GL-24h	3.2	1051,02	2.522,45 €	63,7%
Celosía Diagonales	16	160	200	3500	1,79	41,34	GL-24h	3.2	1051,02	1.883,43 €	93,3%
Celosía Pilares	4	300	200	2500	0,60	10,48	GL-24h	3.2	1051,02	630,61 €	93,0%
<b>BARANDILLA</b>											
- Pilastras	22	200	140	1750	1,08	27,41	GL-24h	3.2	1051,02	1.133,00 €	42,0%
- Pasamanos	20	150 φ		2500	0,88	94,95	C-18	4	756,43	668,36 €	63,3%
- Balaustrada Longitudinal	160	200	40	2360	3,02	183,81	C-18	3.2	724,91	2.189,81 €	6,5%
<b>CUBIERTA:</b>											
- Tirantes	5	100	80	2980	0,12	5,44	GL-24h	3.1	987,98	117,77 €	36,3%
- Pares	46	100	80	2600	0,96	43,79	C-18	3.1	661,88	633,29 €	67,7%
- Pendolones	5	60	60	500	0,01	0,64	C-18	3.1	661,88	5,96 €	2,0%
<b>TOTAL</b>	<b>490</b>				<b>19,19</b>	<b>688,79</b>				<b>17.712,23 €</b>	<b>93%</b>

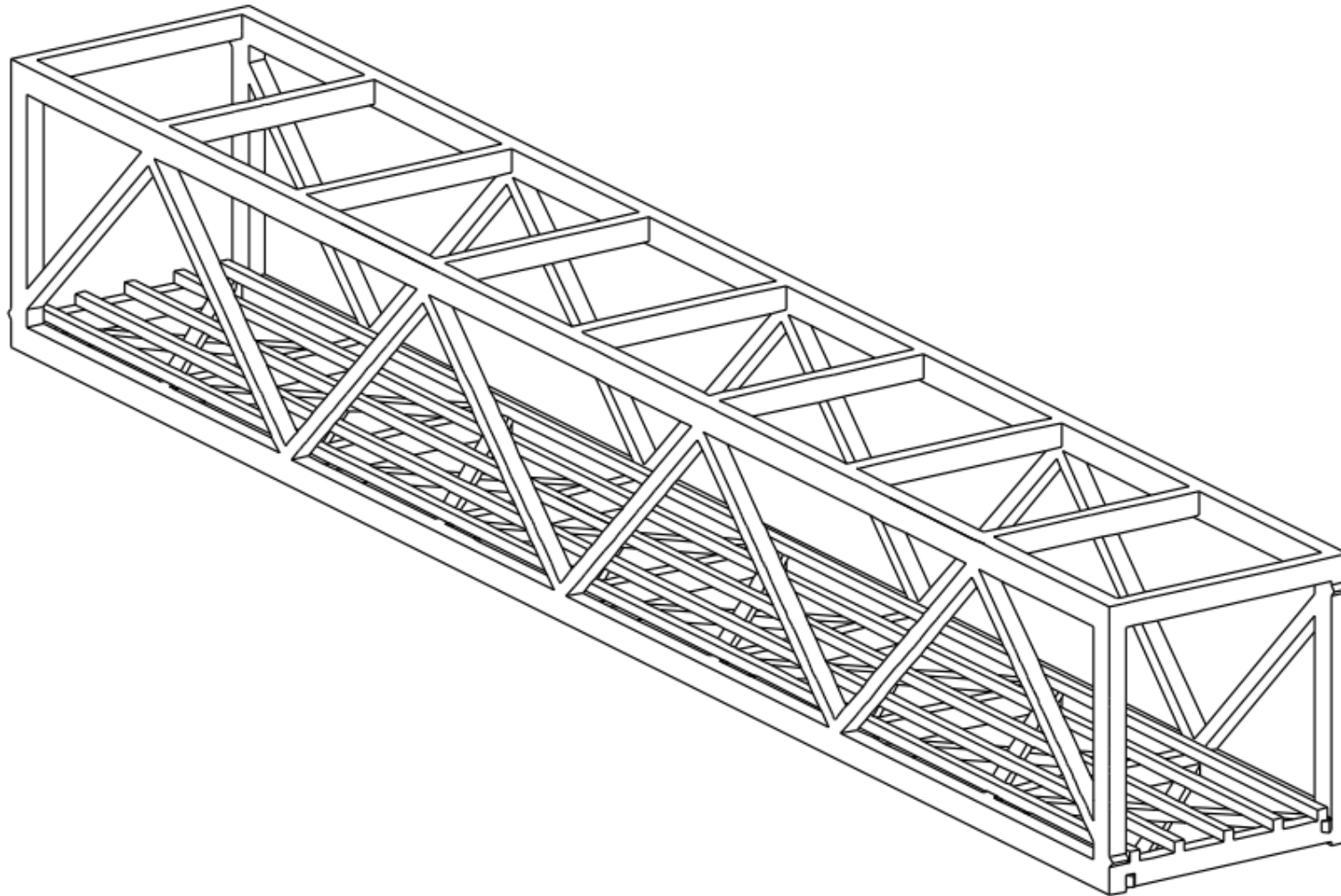
## ANEXO E: PLANOS

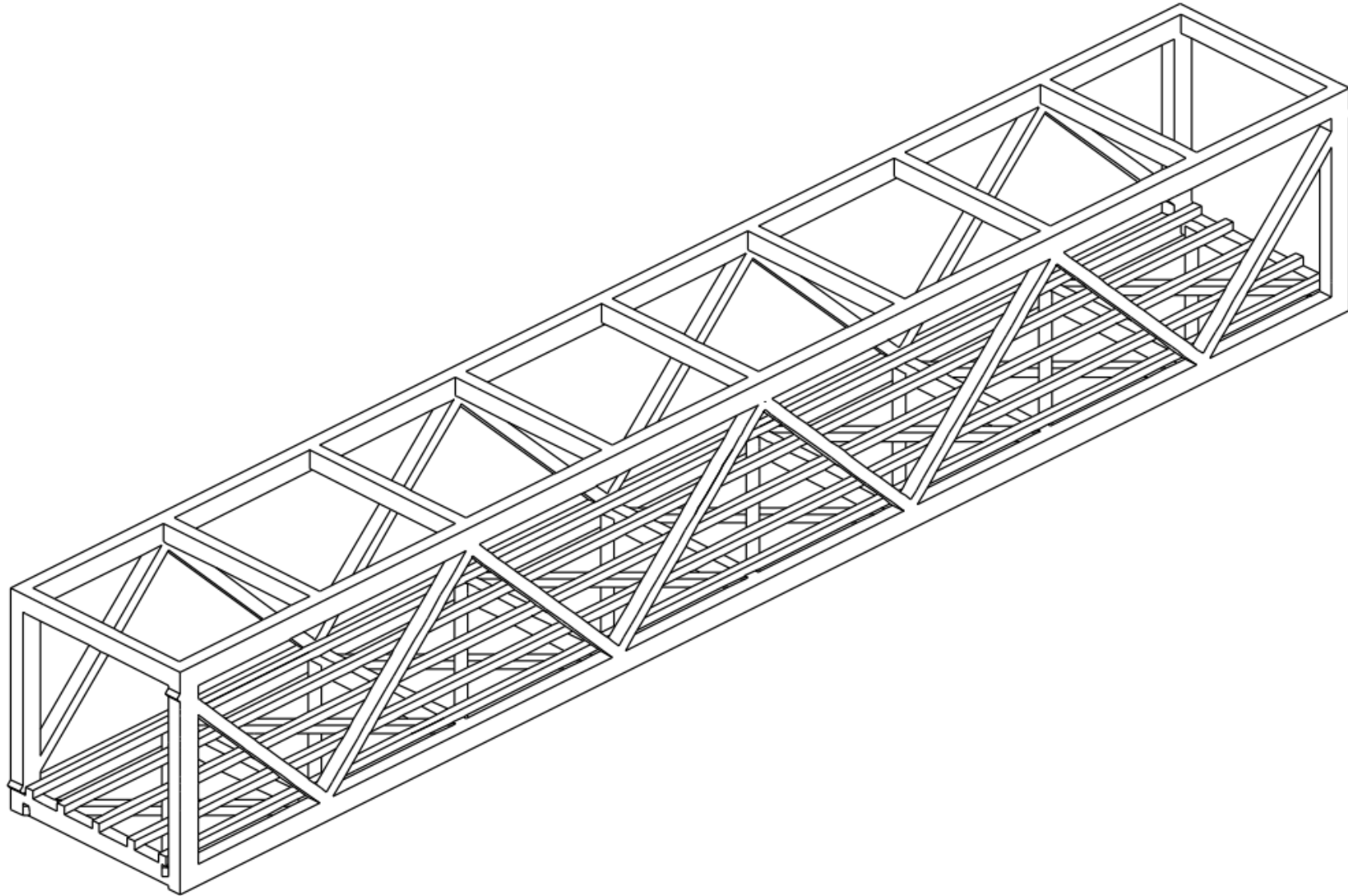
### E.I MODELO 1





## E.II MODELO 3

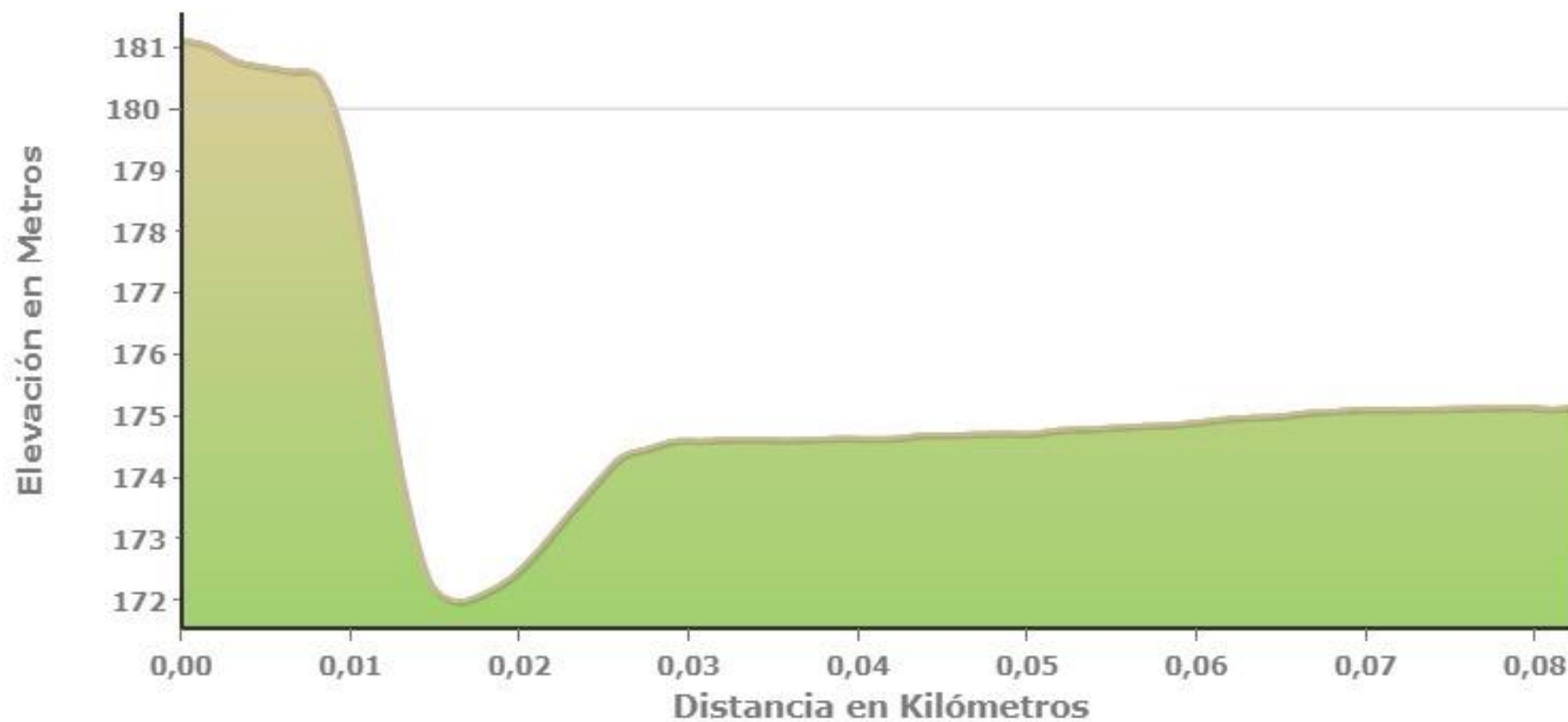




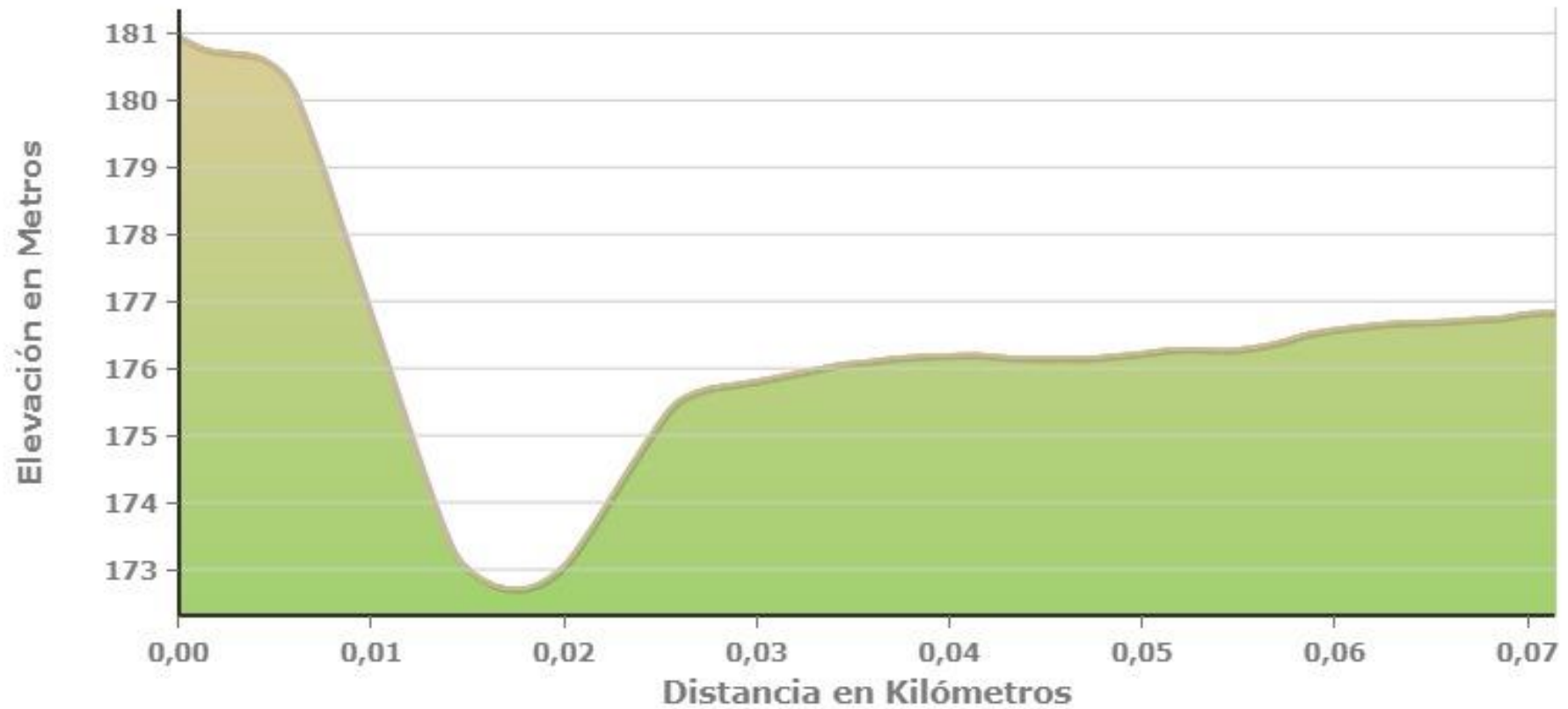
### E.III PERFILES HIDROLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO ARTZINIEGA



### E.III.1 POSICIÓN 1

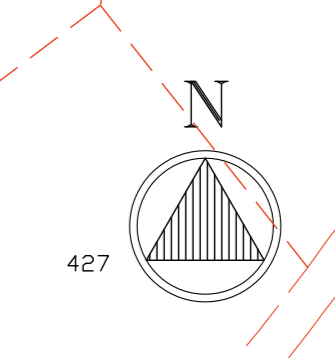
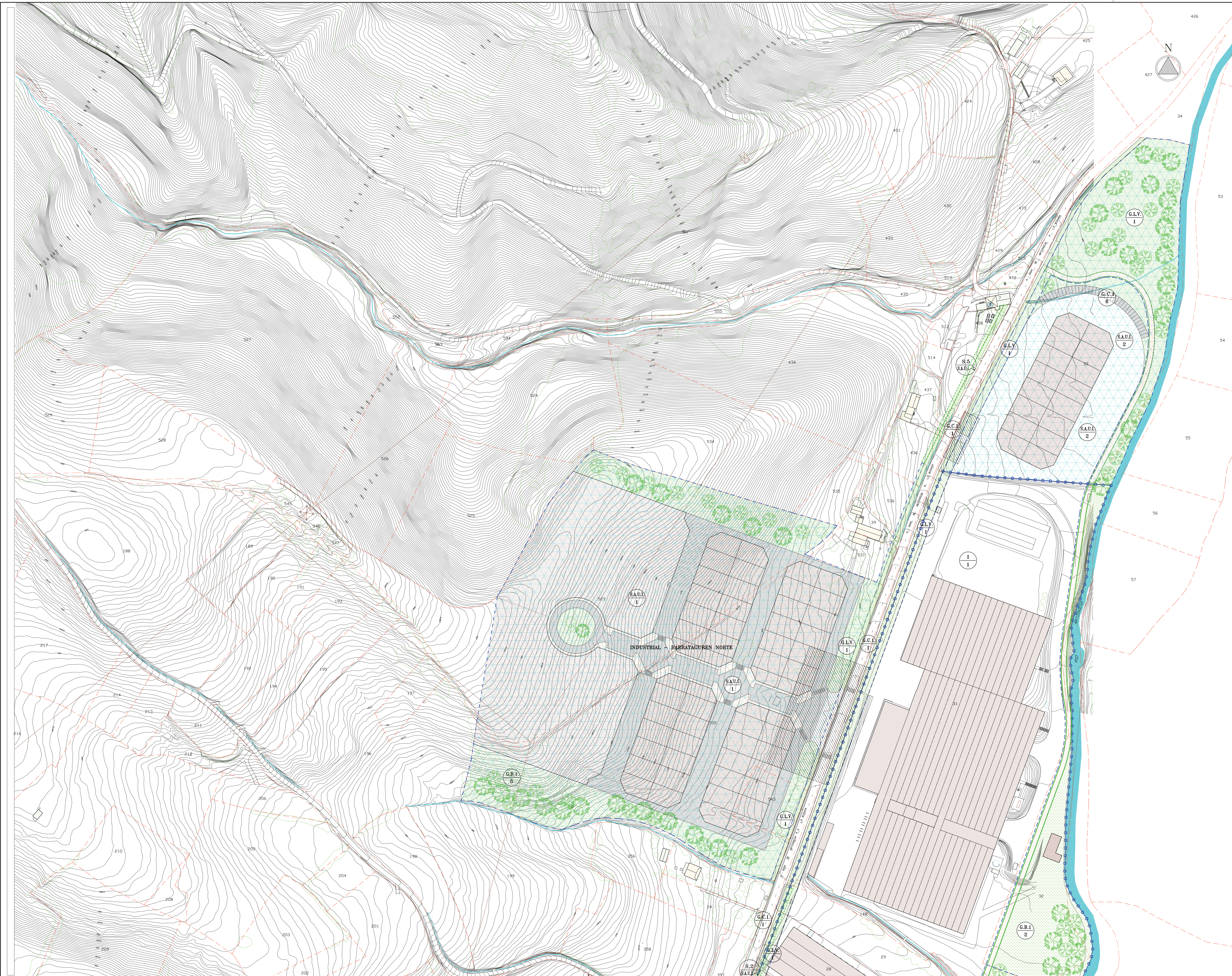


### E.III.2 POSICIÓN 2





## E.IV PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE ARTZINIEGA (PGOU)



(1) N°	SUELO URBANO (USO)
USO	1. INDUSTRIAL R. RESIDENCIAL
(S.A.U.I) N°	SUELO URBANIZABLE (USO)
USO	1. INDUSTRIAL R. RESIDENCIAL
(S.U.I) (1)	SECTOR URBANO ABIERTO A SUELO URBANIZABLE (N°)
N° DE ZONA	S.A.U.R-0 S.A.U.R-1 S.A.U.R-2 S.A.U.I-1
(G/L) N°	DELIMITACIÓN DE ZONAS
USO	SISTEMA GENERAL / SISTEMA LOCAL (USO)
N° DE ZONA	L.V. ESPACIOS LIBRES: PARQUES URBANOS L.E. ESPACIOS LIBRES: ÁREAS PÚBLICAS E.1 EQUIPAMIENTO DOCENTE E.2 EQUIPAMIENTO CULTURAL E.3 EQUIPAMIENTO SOCIAL E.4 EQUIPAMIENTO SANITARIO E.5 EQUIPAMIENTO ASISTENCIAL E.6 EQUIPAMIENTO DEPORTIVO E.7 EQUIPAMIENTO RELIGIOSO E.8 EQUIPAMIENTO ADMINISTRATIVO E.9 EQUIPAMIENTO DE SERVICIOS E.10 EQUIPAMIENTO DE CEMENTERIOS E.11 EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD CIUDADANA C.1. COMUNICACIONES VIARIAS B.1. INSTALACIONES Y SERVICIOS
DELIMITACIÓN DE ZONAS	B.1. INSTALACIONES Y SERVICIOS
(B) N°	BEN INMUEBLE DE INTERÉS CULTURAL

ACCESO A DEFINIR POR EL DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS DE LA D.F.A.

AYUNTAMIENTO DE ARTZINIEGA



ARTZINIEGAKO UDALA

8 FEB 2013

ADJEN ONARRENA APROBACIÓN DEFINITIVA

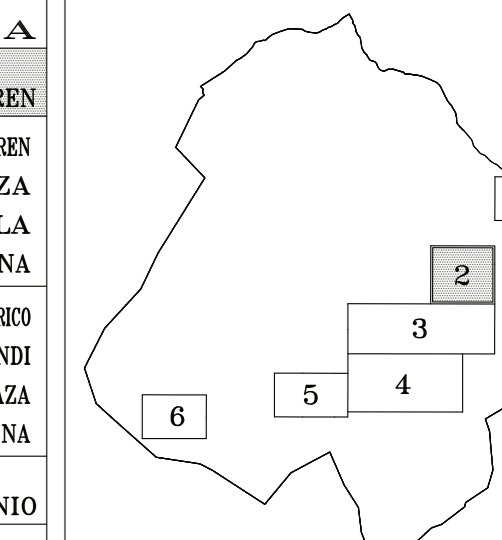
CALIFICACIÓN GLOBAL	
ESCALA: 1/1000	4.2
MARZO 2012	

TESTU BATEGINA  
**LEHENENGO ALDAKETA**  
 ARTZINIEGAKO ARAU SUBSIDIARIOEI BURUZKO  
 ORDENAMENDU PLANOAK

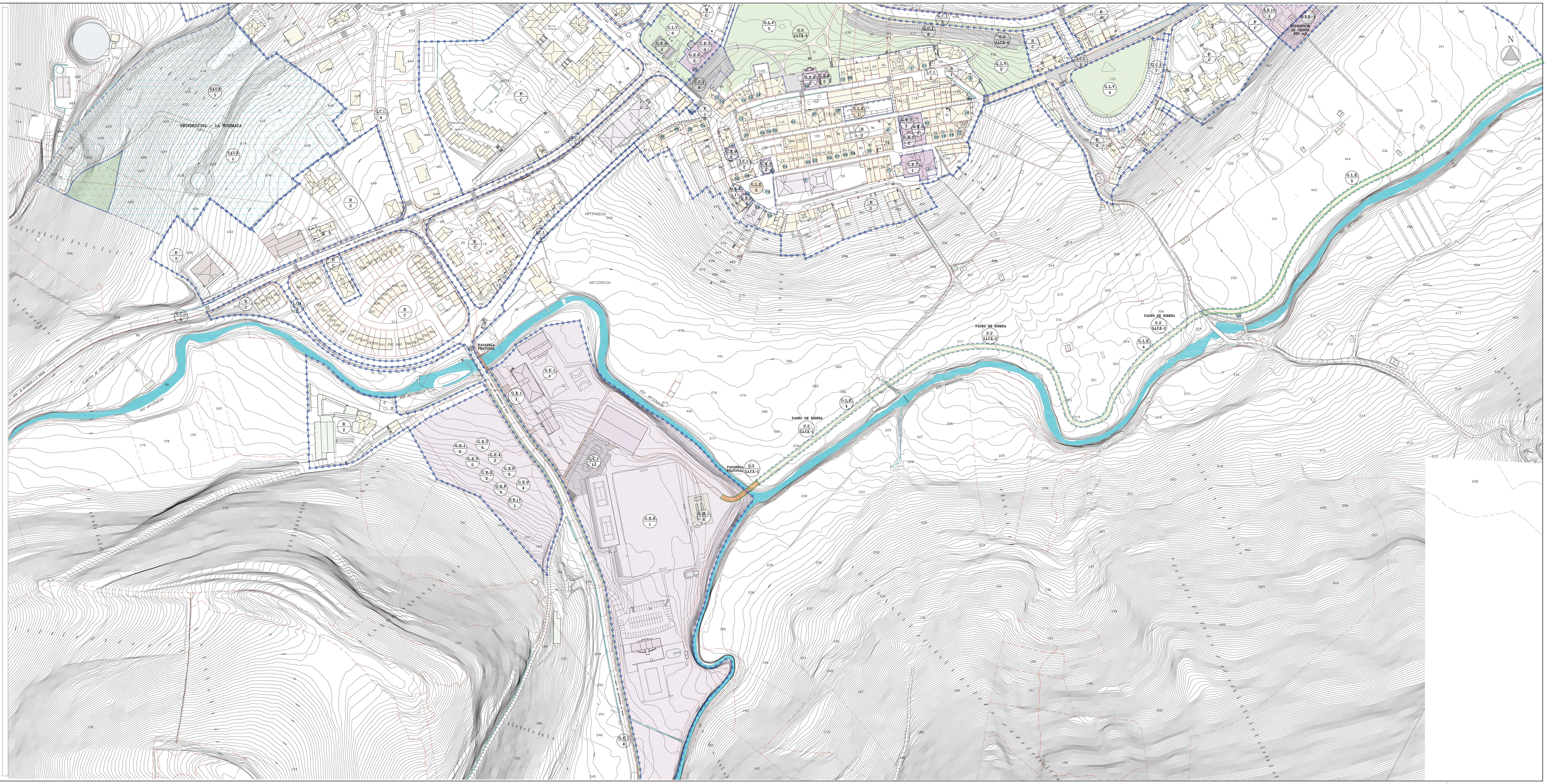
**4.2 MODIFICADO**

NORMAS SUBSIDIARIAS DE ARTZINIEGA  
 PLANOS DE ORDENACIÓN  
 1ª MODIFICACION PUNTUAL  
 TEXTO REFUNDIDO

1	URETA
2	BARRATAGUREN
3.1	BARRATAGUREN
3.R	ARENAZA
3.R	ZARALLA
3.R	LA ENCINA
4.R	OSU BISTRO
4.R	BOISUMENDI
4.E	LA BORMAZA
4.E	LA BARCENA
5	SAN ANTONIO
6	BAYES DE TURELA







(1)	SUELO URBANO (USO)	Nº DE ZONA	L INDUSTRIAL
(2)	R RESIDENCIAL	DELIMITACIÓN DE ZONAS	E RESIDENCIAL
(3)	SUELO URBANIZABLE (USO)	Nº DE ZONA	L INDUSTRIAL
(4)	R RESIDENCIAL	DELIMITACIÓN DE ZONAS	E RESIDENCIAL
(5)	SUELO URBANO ABIERTO A SUELO URBANIZABLE (U)	Nº DE ZONA	L INDUSTRIAL
(6)	R RESIDENCIAL	DELIMITACIÓN DE ZONAS	E RESIDENCIAL
(7)	SISTEMA GENERAL / SISTEMA LOCAL (USO)	Nº DE ZONA	L INDUSTRIAL
(8)	L.E. ESPACIOS LIBRES / ÁREAS PÚBLICAS	Nº DE ZONA	L.E. ESPACIOS LIBRES / ÁREAS PÚBLICAS
(9)	E.1 EQUIPAMIENTO DOCENTE	Nº DE ZONA	E.1 EQUIPAMIENTO DOCENTE
(10)	E.2 EQUIPAMIENTO CULTURAL	Nº DE ZONA	E.2 EQUIPAMIENTO CULTURAL
(11)	E.3 EQUIPAMIENTO SOCIAL	Nº DE ZONA	E.3 EQUIPAMIENTO SOCIAL
(12)	E.4 EQUIPAMIENTO SANITARIO	Nº DE ZONA	E.4 EQUIPAMIENTO SANITARIO
(13)	E.5 EQUIPAMIENTO ASISTENCIAL	Nº DE ZONA	E.5 EQUIPAMIENTO ASISTENCIAL
(14)	E.6 EQUIPAMIENTO DEPORTIVO	Nº DE ZONA	E.6 EQUIPAMIENTO DEPORTIVO
(15)	E.7 EQUIPAMIENTO RELIGIOSO	Nº DE ZONA	E.7 EQUIPAMIENTO RELIGIOSO
(16)	E.8 EQUIPAMIENTO ADMINISTRATIVO	Nº DE ZONA	E.8 EQUIPAMIENTO ADMINISTRATIVO
(17)	E.9 EQUIPAMIENTO DE SERVICIOS	Nº DE ZONA	E.9 EQUIPAMIENTO DE SERVICIOS
(18)	E.10 EQUIPAMIENTO DE CEMENTERIOS	Nº DE ZONA	E.10 EQUIPAMIENTO DE CEMENTERIOS
(19)	E.11 EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD CIUDADANA	Nº DE ZONA	E.11 EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD CIUDADANA
(20)	C.1. COMUNICACIONES VIARIAS	Nº DE ZONA	C.1. COMUNICACIONES VIARIAS
(21)	E.1. INSTALACIONES Y SERVICIOS	Nº DE ZONA	E.1. INSTALACIONES Y SERVICIOS
(22)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(23)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(24)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(25)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(26)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(27)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(28)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(29)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(30)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(31)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(32)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(33)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(34)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(35)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(36)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(37)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(38)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(39)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(40)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(41)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(42)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(43)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(44)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(45)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(46)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(47)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(48)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(49)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(50)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(51)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(52)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(53)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(54)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(55)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(56)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(57)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(58)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(59)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(60)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(61)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(62)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(63)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(64)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(65)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(66)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(67)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(68)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(69)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(70)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(71)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(72)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(73)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(74)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(75)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(76)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(77)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(78)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(79)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(80)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(81)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(82)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(83)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(84)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(85)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(86)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(87)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(88)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(89)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(90)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(91)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(92)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(93)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(94)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(95)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(96)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(97)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(98)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(99)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS
(100)	DELIMITACIÓN DE ZONAS	Nº DE ZONA	DELIMITACIÓN DE ZONAS

ACCESO A DEFINIR POR EL DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS DE LA D.F.A.

AYUNTAMIENTO DE ARTZINIEGA

ARTZINIEGAKO UDALA

8 FEB 2013

CALIFICACIÓN GLOBAL	4.4
ESCALA: 1/1000	
MARZO 2012	

TESTU BATEGINA  
**LEHENENGO ALDAKETA**  
 ARTZINIEGAKO ARAT SUBSIDIARIOI BURUTZKO  
 ORDENAMENDU PLANOAK  
**1ª MODIFICACION PUNTUAL**  
 TEXTO REFUNDIDO  
 NORMAS SUBSIDIARIAS DE ARTZINIEGA  
**PLANOS DE ORDENACION**  
**4.4 MODIFICADO**

1	U R E T A
2	BARRATGUREN
3	ARRENZALA
4	LA ENCIÑA
5	LA BARRACA
6	SAN ANTONIO
7	SETES DE TIBELA