

ANEJO N°6:
CÁLCULOS ESTRUCTURALES



Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. PASARELA PEATONAL	3
2.1. TABLERO.....	3
2.2. ESTRIBOS	6

APÉNDICE N°6.1: PROYECTO PASARELA

APÉNDICE N°6.2: CÁLCULOS ESTRUCTURALES ESTRIBOS



1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es la descripción de los cálculos que han dado lugar a la completa definición de todos los elementos integrantes de las diferentes obras de fábrica que se incluyen en este Proyecto.

Se incluyen las siguientes obras de fábrica:

- Pasarela peatonal:
 - Tablero
 - Estripos

En los siguientes capítulos se pasa a realizar la descripción de cada uno de los elementos enumerados, incluyendo la justificación del dimensionamiento realizado.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia

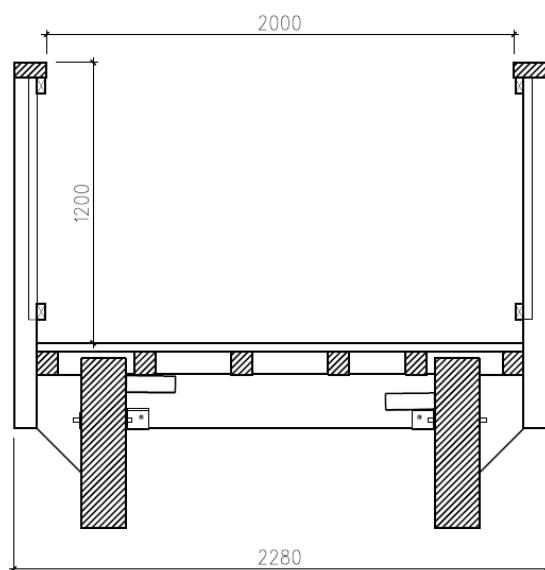
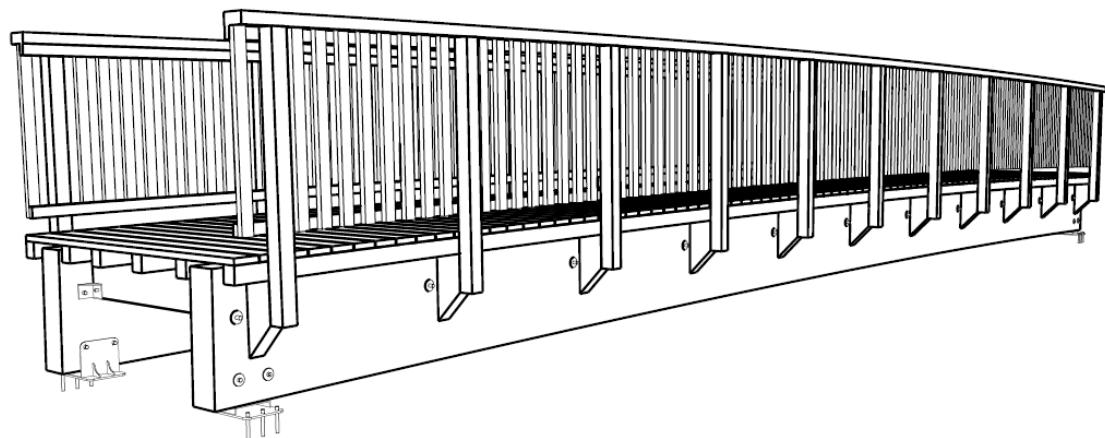


2. PASARELA PEATONAL

2.1. TABLERO

2.1.1. Descripción general

Se proyecta una pasarela peatonal de madera prefabricada, de 12,5 metros de largo y 2,00 metros de ancho de paso, con una anchura total de 2,28 metros, que dará continuidad al itinerario peatonal proyectado a ambas márgenes del arroyo Zaldu.



El puente presenta una tipología de viga biapoyada con ligera contraflecha. En primer orden estructural se disponen dos vigas paralelas trabajando principalmente a flexión. En un

segundo orden estructural se disponen las vigas riostras, colocadas perpendicularmente a las vigas del tablero, realizando la doble labor de sustentar los elementos inmediatamente superiores y asegurar la estabilidad transversal de la estructura al servir de arriostramiento a las vigas principales. El tercer orden estructural lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras y se dispone sobre éstas el tablón de piso. El arriostramiento del tablero se completa mediante la colocación de elementos diagonales que unen las vigas del tablero en el plano de la pasarela.



La barandilla, también de madera, está formada por montantes, entre los que se disponen barrotillos de forma no escalable por la configuración geométrica de la barandilla.



La estructura se anclará a la cimentación mediante herrajes de acero galvanizado S275 JR. Estos apoyos están diseñados de tal forma que evitan el contacto de la madera con el terreno, permiten la ventilación de la madera y facilitan la evacuación del agua de lluvia impidiendo que se

estanque en contacto con la madera. Estos herrajes se fijan al hormigón mediante anclajes de tipo mecánico de tipo “SPIT”.



El puente se realiza en madera de Pino silvestre (*Pinus sylvestris*) tratada en autoclave mediante tratamiento de protección profunda para clase de uso IV (siempre antes de laminar en el caso de la madera laminada).

Todas las vigas, tanto las principales como las secundarias serán de MLE (Madera Laminada Encolada) GI30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto).

Todas las vigas, viguetas y riostras deberán disponer de protección butílica en testas y caras superiores. Con todo ello se consigue la protección de los elementos principales de la pasarela para asegurar una correcta durabilidad de la misma. El butilo presenta una gran adhesión y capacidad de deformación compensando los movimientos naturales de la madera, incluso en condiciones ambientales extremas aportando una protección añadida que incrementa la vida útil y reduce las necesidades de mantenimiento.

2.1.2. Cálculos y dimensionamiento

El cálculo de la estructura de madera se efectúa de acuerdo a la normativa europea en cuanto al cálculo estructural y dimensionamiento de estructuras de madera y acero (UNE EN-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación; UNE EN-1993 Eurocódigo nº 3: Proyecto de estructuras de acero).

El cálculo estático se efectúa siguiendo las leyes de resistencia de materiales.

Las hipótesis de partida, el procedimiento de cálculo, las comprobaciones realizadas y los resultados obtenidos en el dimensionamiento del tablero de madera se muestran en el **Apéndice nº6.1: Proyecto Pasarela.**



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

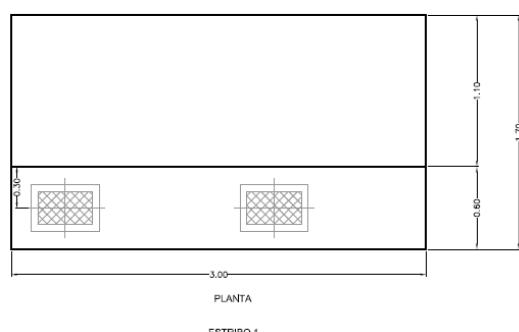
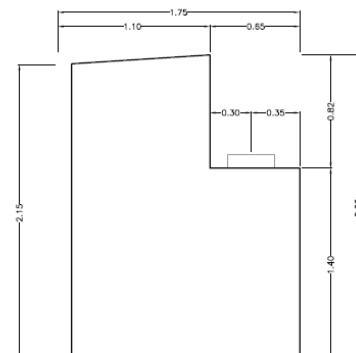
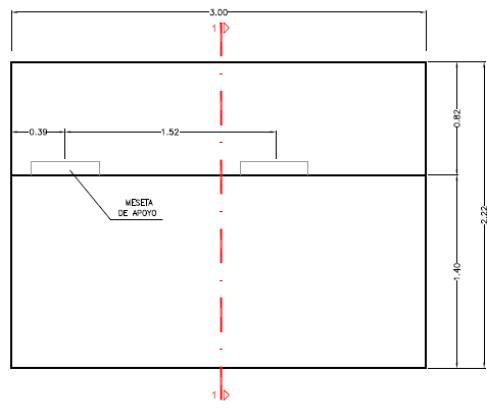
Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



2.2. ESTRIBOS

2.2.1. Descripción general

El tablero de madera de la pasarela se apoyará sobre sendos estribos de hormigón armado, que apoyarán directamente sobre roca mediante cimentación profunda que trabajará a su vez como muro de contención. A continuación, se muestran unas imágenes representativas de los estribos proyectados:

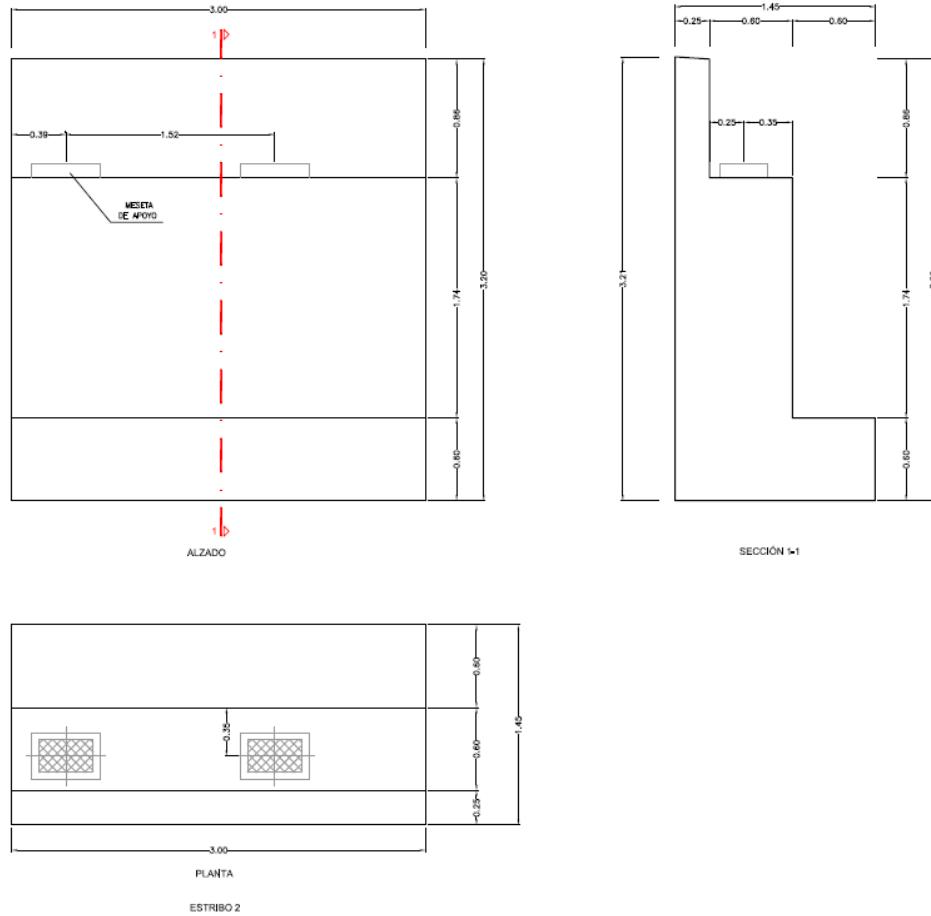


El estribo 1, presenta descalces de inestabilidades estructurales con un empuje horizontal de 1,3 t/m³. Para encontrar la estabilidad de dicho empuje, se ha diseñado un estribo de gran volumen, con una altura mínima para quedar empotrado 0,5 metros en roca.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



El estribo 2 se ha dimensionado en forma de muro de contención para salvar la altura entre el nivel bajo dónde queda la cabeza de talud del arroyo y el nivel alto que corresponde con el paseo al que da continuidad la pasarela de madera. De esta manera el estribo tiene forma de L en la coronación y puntera en la base del alzado.

Debido a que se va a llevar la tubería de abastecimiento anclada al tablero de la pasarela, pasará la tubería por el peto de coronación del estribo, lo que ha condicionado el ancho de los estribos, de 3 metros en ambos casos.

Cada uno de los estribos quedará empotrado en roca un mínimo de 0.5 metros de acuerdo con el **Anejo nº3. Geología y Geotecnia**.

Cabe señalar que se ha previsto la disposición de sendas mesetas de nivelación bajo las placas de anclaje del tablero, de manera que en caso necesario permitan ajustar el tablero prefabricado de madera a la rasante de la plataforma proyectada.

Por último, para proteger los alzados laterales de los estribos que quedan descubiertos se diseña una piel de escollera que comienza sobre la coronación de los taludes del cauce en el frente de los estribos y continúa por los laterales de los mismos tomando la forma según las necesidades del entorno de cada caso. Ambos estribos por el lado interior del paseo peatonal prolongarán la escollera hasta los macizos de anclaje del servicio de abastecimiento repuesto, desde donde se abrirá la escollera ligeramente respecto a la escollera existente a demoler. Esta apertura será necesaria para la estabilidad del talud y proteger los macizos de anclaje, dado que se prevé excavar casi la totalidad de dichos taludes. En cuanto a los laterales exteriores del paseo, debido a la suficiente distancia que queda entre el talud y el estribo, se podrá excavar la roca verticalmente para la ejecución de los estribos. De esta forma, se mantiene un talud estable y únicamente es necesaria la escollera en cabeza de talud.

IMAGEN ESTRIBOS

2.2.2. Cálculos y dimensionamiento

Para el dimensionamiento de la estructura de hormigón armado de los estribos se han realizado las comprobaciones en Estado Límite Último (ELU) y en Estado Límite de Servicio (ELS), según los criterios establecidos por el Código Estructural (RD 470/2021).

Las hipótesis de partida, el procedimiento de cálculo, las comprobaciones realizadas y los resultados obtenidos en el dimensionamiento de los estribos se muestran en el **Apéndice nº6.2: Cálculos estructurales estribos**.

APÉNDICE N°6.1:
PROYECTO PASARELA

PROYECTO:
PUENTE RECTO 12,5x2 m
sobre el Arroyo Zaldu, Ondárroa (Bizkaia)



NOTA IMPORTANTE

Considerando que este tipo de estructuras prefabricadas, y entregadas en obra (suministro) como una unidad prefabricada lista para su uso, se realizan todas con patentes exclusivas de marcas comerciales especializadas, en el proyecto de suministro a que se refiere este Pliego de Prescripciones, únicamente se fijarán las condiciones exigibles en cuanto a las siguientes 8 características: geometría (1), tipología del puente (2) (puente recto, estructuralmente isostático y compatible con las zapatas actualmente diseñadas), calidades exigidas en el pliego (3), tipo de madera a utilizar (4) (concretamente, pino silvestre seco, estabilizado y tratado clase de uso IV antes de laminar, en calidad estructural MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)), Seguridad y Cálculo indicados en el pliego (normas, accesibilidad, etc.) (5), certificados y Dosier de Calidad Mínimo exigido (6), pruebas dinámicas (7) (en sustitución de la prueba de carga) y estética del conjunto (8), siendo obligación del licitador el presentar el proyecto estructural de detalle del puente que propone suministrar, instalar y montar adecuado al Proyecto técnico constructivo contenido en el Pliego Técnico de este Contrato, para su aprobación previa por el órgano de contratación.

El futuro adjudicatario será, a todos los efectos, el responsable legal último a través de sus "técnicos competentes" (en el sentido que lo entiende la Administración) del correcto diseño, fabricación, transporte e instalación del puente, LIBERANDO, por tanto, de toda responsabilidad al Proyectista, Dirección Facultativa, Cliente Final, etc.

Es por ello que, el licitador presentará dentro de la Oferta Técnica, y como ELEMENTO PRINCIPAL de su oferta, su propia justificación técnica debidamente firmada por técnico competente adecuada al Proyecto Técnico Constructivo de referencia contenido en el Pliego Técnico de este Contrato y cuyo contenido incluirá, al menos los contenidos detallados en el mismo.

No se espera, por tanto, una simple adhesión nominal a la información preexistente en el Pliego Técnico sino una propuesta específica y desarrollada por parte de cada licitador.

LA NO PRESENTACIÓN, O PRESENTACIÓN INCOMPLETA, DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DETALLE POR PARTE DEL LICITADOR SERÁ CAUSA DE EXCLUSIÓN.
--



1

I. Índice



I. Índice
II. Memoria
1. Objeto y alcance.....
2. Motivación de la solución estructural adoptada
3. Descripción de las estructuras propuestas
4. Modelización de la estructura
5. Descripción de la unidad de obra.....
6. Descripción resumida
III. Pliego de condiciones técnicas particulares
1. Requisitos de cálculo:
2. Herrajes, soldaduras y uniones
3. Características tecnológicas de la madera
4. Madera aserrada
5. Madera laminada encolada
6. Tratamiento protector de la madera
7. Tratamientos de protección preventiva para el acero
8. Mantenimiento
9. Características higroscópicas de la madera
10. Certificaciones y ensayos.....
11. Checklist de cumplimiento de Pliego Técnico
IV. Normativa de referencia.....
V. Mantenimiento
1. Introducción
2. Objeto
3. Análisis de la situación de exposición
4. Especie de madera
5. Agentes de deterioro
6. Protección de la madera
7. Método y tipo de protección de puentes de madera.....
8. Revisiones a realizar por la propiedad.....
9. Propuestas de intervención para el mantenimiento

VI. Contenidos Mínimos del Dossier de Calidad Final requerido
VII. Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M)

Anexo

- Planos



II. Memoria



1. Objeto y alcance

El presente documento tiene como objeto recoger las condiciones técnicas ESPECÍFICAS por las que se regirá el contrato de **SUMINISTRO DE PUENTE PREFABRICADO DE MADERA**, que, en este caso particular será 12,5 metros de largo con 2 metros de ancho útil a situar sobre el Arroyo Zaldu en el término municipal de Ondárroa (Bizkaia).

Dado que este tipo de estructuras se realizan todas con patentes exclusivas de marcas comerciales especializadas, en el proyecto de suministro a que se refiere este Pliego de Prescripciones, únicamente se fijarán las condiciones exigibles en cuanto a geometría, calidades, tipo de madera a utilizar (pino silvestre seco, estabilizado y tratado clase de uso IV, MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)), seguridad, certificados, pruebas y estética, siendo obligación del licitador el presentar el proyecto estructural de detalle del puente que propone suministrar, instalar y montar adecuado al Proyecto técnico constructivo contenido en el Pliego Técnico de este Contrato, para su aprobación previa por el órgano de contratación. El futuro adjudicatario será, a todos los efectos, el responsable legal último a través de sus "técnicos competentes" del correcto diseño, fabricación, transporte e instalación del puente.

Es por ello que, el licitador presentará dentro de la Oferta Técnica, y como ELEMENTO PRINCIPAL de su oferta, su propia justificación técnica debidamente firmada por técnico competente adecuada al Proyecto Técnico Constructivo de referencia contenido en el Pliego Técnico de este Contrato y cuyo contenido incluirá, al menos los contenidos detallados en el mismo.

No se espera, por tanto, una simple adhesión nominal a la información preexistente en el Pliego Técnico sino una propuesta específica y desarrollada por parte de cada licitador.

LA NO PRESENTACIÓN, O PRESENTACIÓN INCOMPLETA, DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DETALLE POR PARTE DEL LICITADOR SERÁ CAUSA DE EXCLUSIÓN.

2. Motivación de la solución estructural adoptada

Debido al entorno en el que será ubicado en donde existe un gran valor paisajístico, natural y cultural se ha decidido utilizar la madera como elemento estructural de partida.

EL PARLAMENTO EUROPEO APOYA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA (informe no. A5-0384-2000, el informe completo puede obtenerse en la página web: <http://www.europarl.eu.int/>). Los siguientes textos están extraídos directamente del informe:

"Wood is an environmentally friendly material which is easy to work with and which binds CO₂ for the whole life cycle of the product."

"Wood may be used to replace more energy-intensive products in building and in the timber products industry, and at the end of its life cycle - unlike many other building materials - it can still be used for energy production."

En la actualidad nos encontramos en un momento en el que es preciso redirigir el sector de la construcción hacia un desarrollo más sostenible, tratando de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. Para cumplir con dichas directrices, la madera y sus productos derivados son los materiales más adecuados para ello, tanto por sus cualidades técnicas como ambientales.

La madera, además de ser un material ecológico, reúne otra serie de propiedades, como resistencia, durabilidad, adaptabilidad, versatilidad, etc., que la convierten en uno de los referentes para el sector de la construcción. Algunos motivos para usar la madera.

- Recurso histórico más natural y estético
- El uso de la madera está ligado a la eficiencia energética:

- La madera es el único material capaz de reducir las emisiones de CO₂, por lo que desempeña un papel crucial en la lucha contra el cambio climático
- La madera consume menos energía en su transformación y produce menos impactos que otros materiales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.
- La madera es un sumidero neto de CO₂ mientras los productos y estructuras construidos con ella mantengan su vida operativa.
- Prácticamente no hay desperdicio durante los procesos de manufacturación de la madera y se trata de procesos sencillos y limpios.
- La madera es un recurso natural, abundante y renovable cuyo consumo favorece la explotación forestal local y la protección medioambiental.
- Con la gestión forestal sostenible la industria de transformación ve garantizado el suministro de su materia prima en el futuro; además, fortalece el sentido de responsabilidad social y ambiental.
- El consumo de los productos de madera facilita el cumplimiento de los compromisos del protocolo de Kyoto.

- Material duradero, con las nuevas tecnologías aplicadas a los tratamientos de la madera, los procesos de impregnación periférica (sobre todo la inmersión rápida) y los procesos de impregnación profunda por autoclave

vacío y presión se obtienen unos niveles de penetración suficientes, que conservan las propiedades de la madera, pudiendo renovarse, con un simple proceso de mantenimiento.

- Material reutilizable, recuperable y recicitable, procedente de fuentes de suministro sostenible, atractivo y técnicamente avanzado.

- Debido a su estructura celular la madera es un excelente aislante acústico, debido a su composición en lignina y celulosa absorbe una parte importante de la energía de las ondas que recibe, con la consiguiente reducción de la polución acústica y fenómenos como, por ejemplo, la reverberación.

- Breve tiempo de montaje y gran estabilidad estructural, etc.

Por un conjunto de motivos técnicos que incluyen, entre otras, las siguientes: a) falta de durabilidad natural, b) incapacidad de tratamiento c) problemática con el correcto secado, d) gran coeficiente de contracción (hinchado-contracción) que perjudica la estabilidad dimensional de la madera perjudicando el comportamiento de las uniones, del encolado y favoreciendo el aumento de deslamados, deformaciones y también el fendado (y, por tanto, también la penetración de agua líquida que perjudica la durabilidad), etc. **quedan expresamente prohibido entre otras especies (o subespecies/variedades) tales como:** Picea Abies (también conocida como Pícea, Abeto, Abeto Rojo, etc.), Pseudotsuga (comúnmente llamado también abeto Douglas, pino-abeto, pino Oregón, etc.), Pinus Radiata (también conocido como pino insigne, pino de Monterrey, pino de California, etc.), Pinus Pinaster (conocido también como Pino marítimo, pino resinero, pino negro, etc.) Alerce, etc. y en líneas generales cualquier especie que no tenga durabilidad natural para clase de uso IV o que no sea impregnable para conseguir dicha durabilidad).

Todas las vigas, tanto las principales como las secundarias serán de MLE (Madera Laminada Encolada) GI30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto).

El puente presenta una tipología de viga biapoyada con ligera contraflecha. En un primer orden estructural se disponen dos vigas paralelas trabajando principalmente a flexión.

3. Descripción de las estructuras propuestas

El puente se realiza en madera de Pino silvestre (*Pinus sylvestris*) tratada en autoclave mediante tratamiento de protección profunda para clase de uso IV (siempre antes de laminar en el caso de la madera laminada), **con una longitud de 12,5 metros y un paso de ancho útil de 2 metros.**



Ilustración 1 . Vista general



Ilustración 2 . Alzado

En un segundo orden estructural se disponen las vigas riostras, colocadas perpendicularmente a las vigas del tablero, realizando la doble labor de sustentar los elementos inmediatamente superiores y asegurar la estabilidad transversal de la estructura al servir de arriostramiento a las vigas principales.

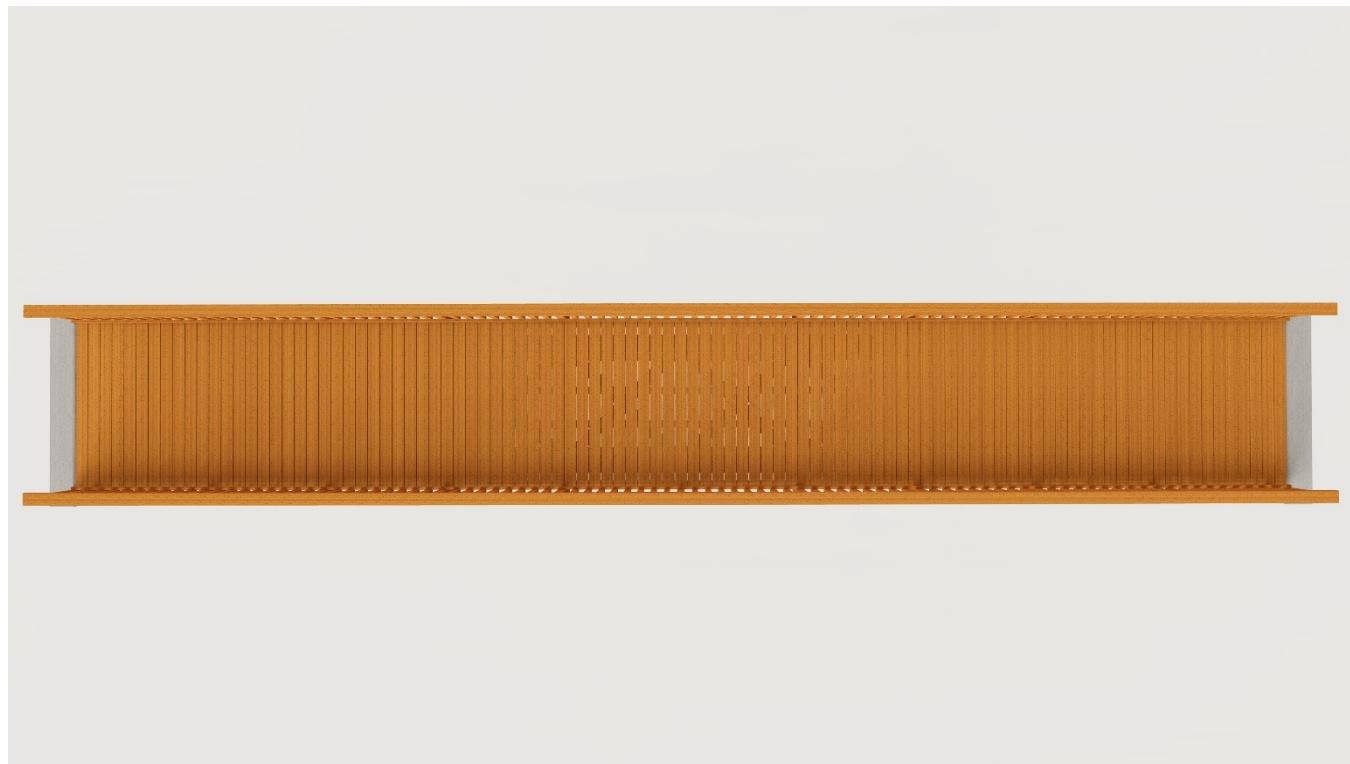


Ilustración 3. Planta

El tercer orden estructural lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras y se dispone sobre éstas el tablón de piso. El arriostramiento del tablero se completa mediante la colocación de elementos diagonales que unen las vigas del tablero en el plano de la pasarela.



Ilustración 4. Vista inferior

La barandilla, también de madera está formada por montantes, entre los que se disponen barrotillos de forma no escalable por la configuración geométrica de la barandilla.

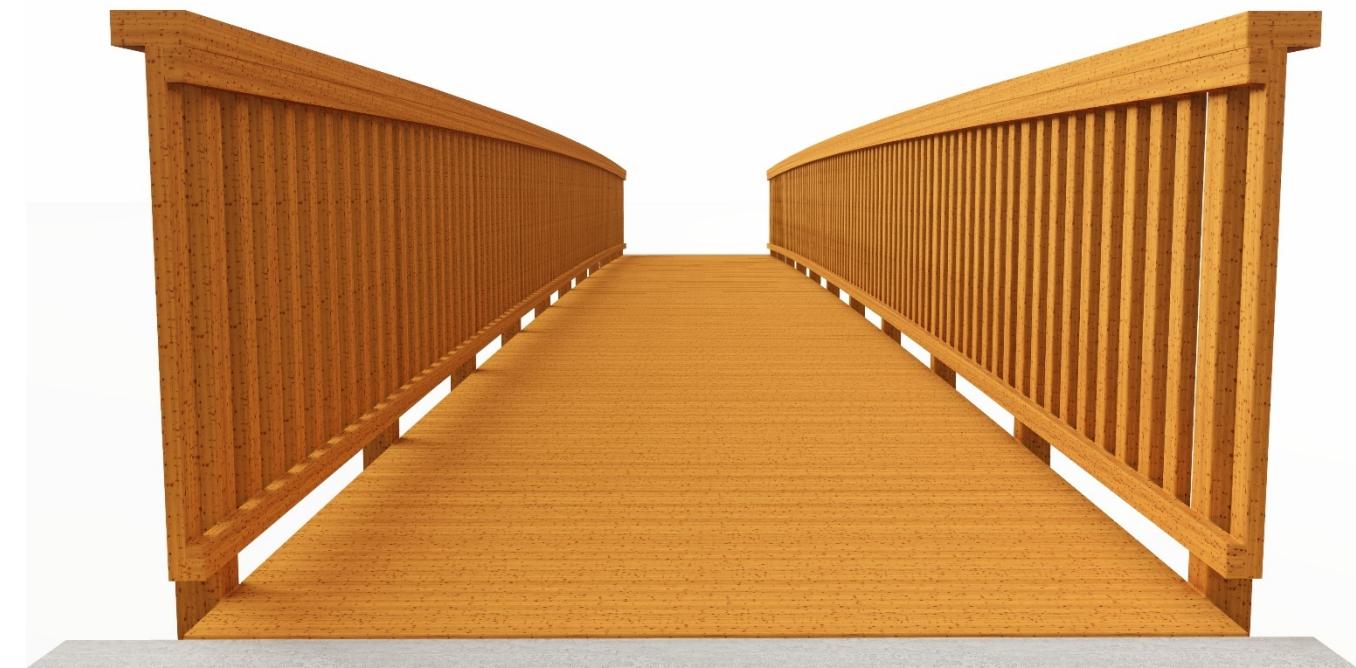


Ilustración 5. Vista interior

La estructura se anclará a la cimentación mediante herrajes de acero galvanizado S275 JR. Estos apoyos están diseñados de tal forma que evitan el contacto de la madera con el terreno, permiten la ventilación de la madera y facilitan la evacuación del agua de lluvia impidiendo que se estanke en contacto con la madera.

Estos herrajes se fijan al hormigón mediante anclajes de tipo mecánico de tipo "SPIT".



Ilustración 6. Detalle de apoyo

Los elementos principales deberán disponer de protección butílica y tabla de protección en testas y caras superiores. Con todo ello se consigue la protección de los elementos principales de la pasarela para asegurar una correcta durabilidad de la misma.

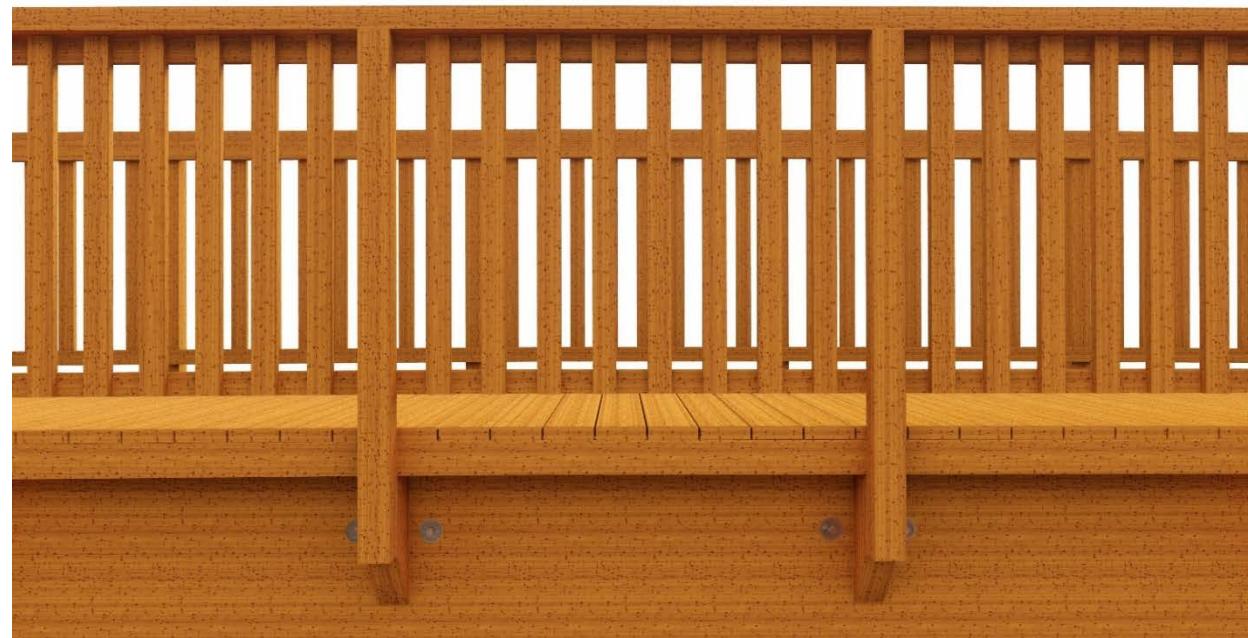


Ilustración 7. Detalle barandilla

3.1. Condiciones de servicio

3.1.1. Ubicación y clase de servicio

La ubicación del puente afecta a la determinación de acciones:

Se determinan según EUROCÓDIGO 1

Sobrecarga de viento

Cálculo a sismo (se precisa también)

Se determina según IAP-11 (Instrucción sobre las Acciones a considerar en el proyecto de Puentes)

En cuanto a la clase de servicio para los elementos de madera de la estructura, se asignará la clase de servicio siguiente:

- Clase CS-3: en elementos exteriores a la intemperie sin contacto con el terreno

3.2. Cálculos y dimensionamiento

El cálculo de la estructura de madera se efectuará de acuerdo a la normativa europea en cuanto al cálculo estructural y dimensionamiento de estructuras de madera y acero (UNE EN-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación; UNE EN-1993 Eurocódigo nº 3: Proyecto de estructuras de acero).

El cálculo estático se efectúa siguiendo las leyes de resistencia de materiales.

3.2.1. Seguridad estructural

El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que la estructura tiene un comportamiento adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

Las prescripciones aplicadas son:

- [UNE EN-1995-1-1](#) Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera Documento Básico
- [UNE EN-1993-1-1](#) Eurocódigo nº 3 Proyecto de estructuras de acero. Reglas generales y reglas para edificios
- [IAP-11](#) Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera

El proceso seguido para el cálculo estructural es el siguiente: primero, determinación de situaciones de dimensionado; segundo, establecimiento de las acciones; tercero, análisis estructural; y cuarto dimensionado. Los métodos de comprobación utilizados son el de *Estado Límite Último* para la resistencia y estabilidad, y el de *Estado Límite de Servicio* para la aptitud de servicio.

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites Últimos y los Estados Límites de Servicio.

3.2.2. Resistencia y estabilidad- aptitud al servicio

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmissible y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

3.3. Bases de cálculo

En las actuales normativas citadas los métodos de cálculo tradicionales en la madera (tensiones admisibles) han sido sustituidos por los de coeficientes parciales.

3.3.1. Valores de cálculo

El valor de cálculo de una acción tiene en cuenta los siguientes factores:

- Coeficiente parcial de seguridad para las acciones. Contempla la posibilidad de una desviación desfavorable del valor de las acciones, la posibilidad de falta de precisión en el modelo de las acciones y las incertidumbres en la evaluación del efecto de las mismas
- Valor característico de la acción. En las cargas de carácter permanente es el valor medio. En las cargas variables se adopta un criterio probabilístico o un valor especificado.

3.3.2. Combinación de acciones

La normativa citada establece los coeficientes aplicables a las diferentes combinaciones de acciones.

Debido a la variación de la resistencia en función de la duración de la carga (asignada a la acción de más breve duración en una combinación) deberán comprobarse las diversas posibilidades de simultaneidad de las cargas; es posible que una actuación de cargas de menor magnitud, pero de mayor duración den lugar a situaciones más desfavorables que la actuación de un mayor número de acciones con una duración menor.

3.3.3. Factores que influyen en las propiedades mecánicas de la madera

Los valores característicos de las propiedades mecánicas de la madera se obtienen mediante ensayos realizados en unas condiciones normalizadas de contenido de humedad y duración del ensayo para cada calidad definida en la norma de clasificación. Por este motivo se aplican correcciones a las resistencias cuando estos factores no coinciden con los de referencia.

3.3.3.1. Contenido de humedad

Al aumentar en contenido de humedad de la madera se disminuyen sus propiedades mecánicas. Los ensayos mecánicos que se realizan para determinar las propiedades de la madera se efectúan en unas condiciones ambientales determinadas ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ y $65 \pm 5\%$ de Humedad Relativa). En la mayoría de las coníferas, estas condiciones ambientales implican un contenido de humedad del 12%. Cuando el contenido de humedad de la madera sea diferente, deberá efectuarse una corrección de sus características mecánicas. Para ello, las estructuras quedan asignadas a una de las clases de servicios definidas a continuación:

- Clase de servicio 1: Se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20 + 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del aire que solo excede el 65% unas pocas semanas al año.

- En la Clase de servicio 1 el contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 12%.
- Clase de servicio 2: Se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20 + 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del aire que sólo excede el 85% unas pocas semanas al año
- En la clase de servicio 2 el contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 20%.
- Clase de servicio 3: Condiciones climáticas que conduzcan a contenidos de humedad superiores al de la clase de servicio 2

3.3.3.2. Duración de la carga

La duración de la carga influye significativamente en la resistencia de la madera. Los ensayos mecánicos normalizados se realizan con una duración aproximada de la carga de 3 a 7 minutos, siendo preciso corregir sus propiedades para duraciones diferentes.

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 se determinará basándose en la interacción entre la variación típica de la carga con el tiempo y las propiedades reológicas del material.

Clase de duración	Orden de duración acumulada de la carga característica	Ejemplos de cargas
Permanente	Más de 10 años	Peso propio, cerramientos
Larga duración	6 meses - 10 años	Andamios
Media duración	1 semana - 6 meses	Sobrecarga de uso en edificios
Corta duración	Menos de una semana	Sobrecarga de uso en pasarelas, nieve, viento
Instantánea		Viento, sismo

Tabla 1. Duración de las cargas

3.3.3.3. Efecto del tamaño de la pieza en la resistencia

Existe una relación entre la resistencia de la madera y el tamaño de la pieza, de forma que cuanto mayor sea su volumen, menor resulta la tensión de rotura. El criterio seguido en la normativa de cálculo para las solicitudes de flexión y tracción paralela consiste en tomar un valor de referencia del canto en flexión (o ancho en tracción paralela) y permitir la mayoración de la resistencia para valores inferiores y no modificarla para valores superiores.

3.3.3.4. Carga compartida

En los sistemas estructurales formados por varias piezas iguales y separadas a una misma distancia, que se encuentran unidas transversalmente por otra estructura secundaria que además de arrostrarlas distribuye la carga, las resistencias de cálculo de las piezas pueden aumentarse multiplicándose por un factor denominado de carga compartida.

3.4. Caracterización del material y condiciones de servicio

3.4.1. Elementos de madera

Los elementos estructurales, quitamiedos y pasamanos, se resuelven con madera de *Pinus sylvestris* (Pino silvestre, pino norte) tratada en profundidad en autoclave con sales hidrosolubles para clase de uso IV para madera aserrada y para madera laminada, para la cual se utilizan láminas tratadas previamente. No se trata la madera después de su laminación. **Para la madera laminada encolada de *Pinus sylvestris* la cual se utilizará para las viguetas, se asigna una clase resistente Gl30h** correspondiéndole las características mecánicas siguientes según UNE EN 14080:

Módulo elástico medio (E_0 m):	13,6 kN/mm ²
Resistencia característica a flexión (f_{mk}):	30 N/mm ²
Resistencia característica a tracción (f_{t0k}):	24,0 N/mm ²
Resistencia característica a tracción \perp (f_{t90k}):	0,5 N/mm ²
Resistencia característica a compresión (f_{c0k}):	30 N/mm ²
Resistencia característica a compresión \perp (f_{c90k}):	2,5 N/mm ²
Resistencia característica a cortadura (f_{vk}):	3,5 N/mm ²

Tabla 2. Propiedades mecánicas de la clase resistente Gl30h

Para la madera aserrada de *Pinus sylvestris* se asigna una clase resistente C24 (coníferas) correspondiéndole las características mecánicas siguientes UNE EN 338

Módulo elástico medio (E_0 m):	11 kN/mm ²
Resistencia característica a flexión (f_{mk}):	24 N/mm ²
Resistencia característica a tracción (f_{t0k}):	14 N/mm ²
Resistencia característica a tracción \perp (f_{t90k}):	0,5 N/mm ²
Resistencia característica a compresión (f_{c0k}):	21 N/mm ²
Resistencia característica a compresión \perp (f_{c90k}):	2,5 N/mm ²
Resistencia característica a cortadura (f_{vk}):	2,5 N/mm ²

Tabla 3. Propiedades mecánicas de la clase resistente C24

En cuanto a la clase de servicio de las estructuras, se asigna la clase de servicio siguiente:

- Clase CS-3: en elementos exteriores a la intemperie sin contacto con el terreno.

3.4.2. Elementos metálicos

Los herrajes metálicos con acero S 275 JR, el cual tiene las siguientes características:

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura ens. Charpy °C	
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)		Tensión de Rotura F_u (N/mm ²)			
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$		
S235JR	235	225	215	360	20 0 -20	
S235J0						
S235J2						
S275JR	275	265	255	410	20 0 -20	
S275J0						
S275J2						
S355JR	355	345	335	470	20 0 -20 -20 (1)	
S355J0						
S355J2						
S355K2						
S450J0	450	430	410	550	0	

(1) se le exige una energía mínima de 40J

Ilustración 8. Características mínimas de los aceros según UNE-EN 10025

Los procedimientos de comprobación especificados en el DB SE-A están basados en el comportamiento dúctil del material, la resistencia a rotura frágil ha de ser superior a la resistencia a rotura dúctil.

La temperatura de transición, definida como la mínima a la que la resistencia a rotura dúctil supera a la frágil, ha de ser menor que la mínima a la va a estar sometida la estructura.

No es necesario realizar comprobación si no se sobrepasan los espesores indicados en la tabla:

Grado	Temperatura mínima								
	0 °C			-10 °C			-20 °C		
	JR	J0	J2	JR	J0	J2	JR	J0	J2
S235	50	75	105	40	60	90	35	50	75
S275	45	65	95	35	55	75	30	45	65
S355	35	50	75	25	40	60	20	35	50

Ilustración 9. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición

Grado	Temperatura de ensayo (°C)	Resiliencia (J)		
		t ≤ 150	150 < t ≤ 250	250 < t ≤ 400
JR	20	27	27	-
J0	0	27	27	-
J2	-20	27	27	27
K2	-20	40	33	33

Ilustración 10. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero

4. Modelización de la estructura

El puente responde a un modelo estructural de viga biapoyada. El análisis de la estructura se realiza a través del siguiente modelo utilizando el software de cálculo RFEM de la compañía Dlubal Software GmbH.

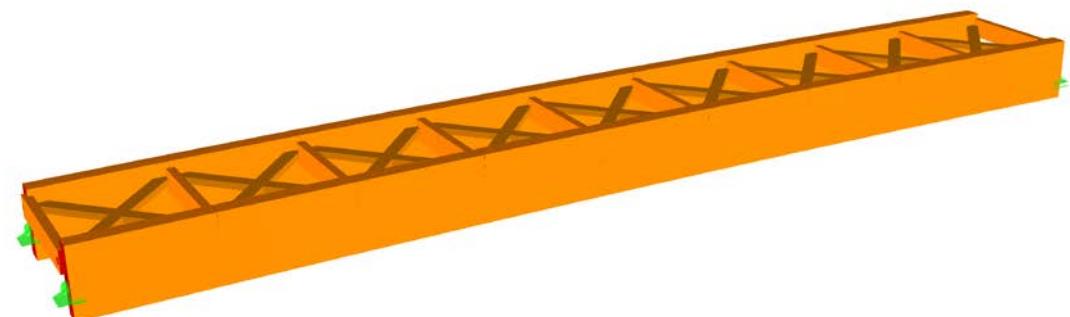


Ilustración 11. Modelización de la estructura

4.1. Hipótesis de carga. Combinaciones de hipótesis

Para la determinación del peso propio se considera un valor de la densidad de la madera de 500 kg/m³.

CARGAS PERMANENTES

Peso de piso	Tablero: 50 Kg/m ²
Pesos propios	Se determinan en función de la densidad de la madera y el acero
SOBRECARGAS	
Uso	Carga vertical uniformemente distribuida de 5 kN/m ² y horizontal de 0,5 kN/m ² . Puentes y pasarelas peatonales (Según IAP-11)
(N) Nieve	< 1000 msnm
(V) Viento	- Tipo III: Zona suburbana, forestal o industrial [Según IAP-11]. Coeficiente de exposición: 1,29 Zona C: Vref: 29 m/s

Tabla 4. Cargas consideradas

COMBINACIONES CONSIDERADAS

Combinación 1 (ELU)	1,35 x CP
Combinación 2 (ELU)	1,35 x CP + 1,35 USO
Combinación 3 (ELU)	1,35 x CP ± 1,5 x V _{y+z}
Combinación 4 (ELU)	1 x CP ± 1,5 x V _{y+z}
Combinación 5 (ELU)	1,35 x CP + 1,35 x USO ± 0,3 x 1,5 x V
Combinación 9 (ELS _{NS})	USO

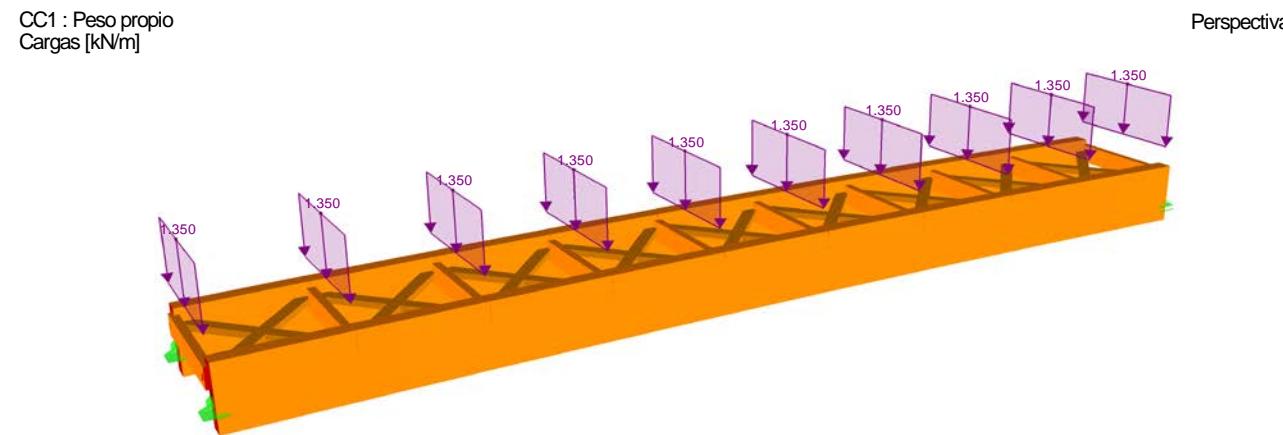
Tabla 5. Combinaciones consideradas

En cuanto a las combinaciones de hipótesis, no se tendrá en cuenta la nieve, pues es de un valor muy inferior a la sobrecarga de uso e incompatible con esta (al menos en su valor máximo).

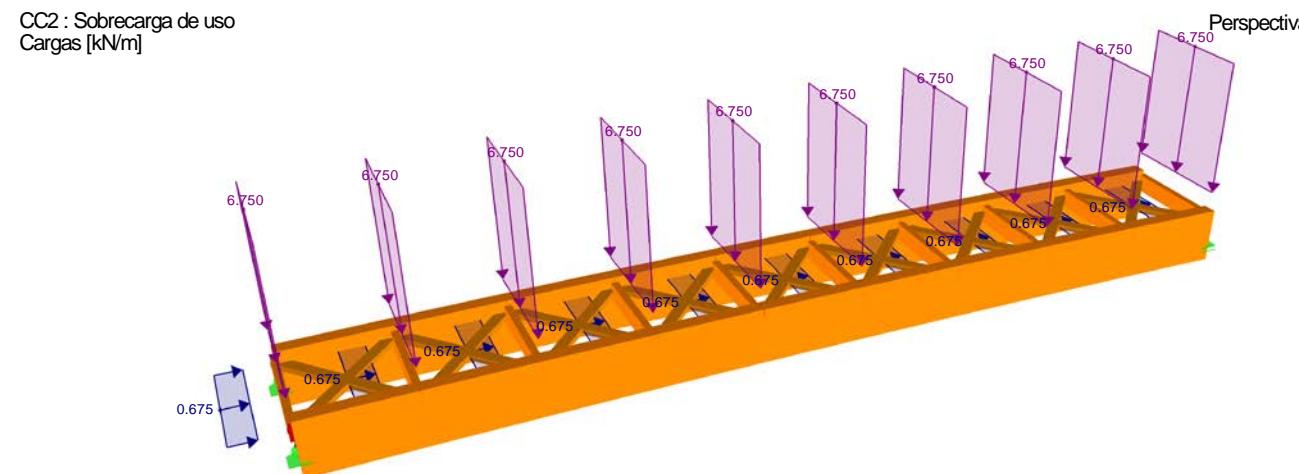
4.1.1. Hipótesis simples

A continuación, se muestra la distribución de cargas en el modelo:

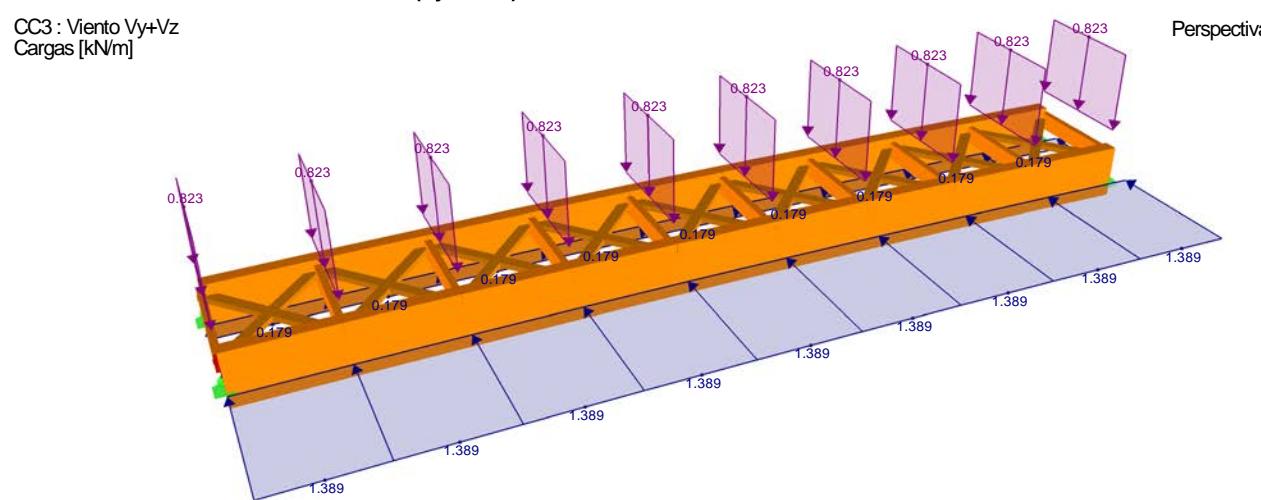
CARGAS PERMANENTES (CM):



SOBRECARGA DE USO PEATONAL (SUP):

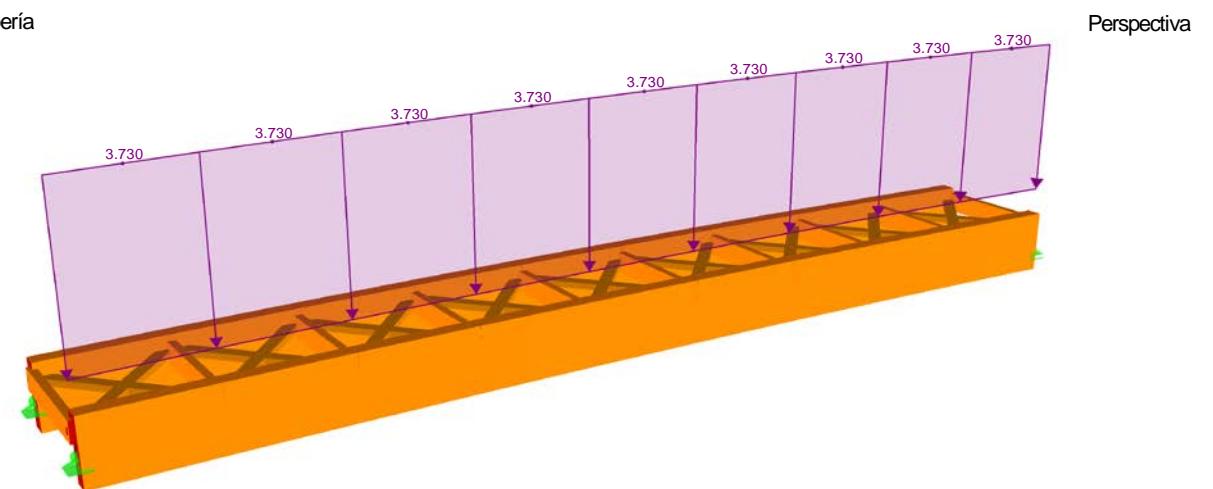


VIENTO TRANSVERSAL + VERTICAL (Vy + Vz):



PESO DE LA TUBERÍA:

CC4 : Peso tubería
Cargas [kN/m]



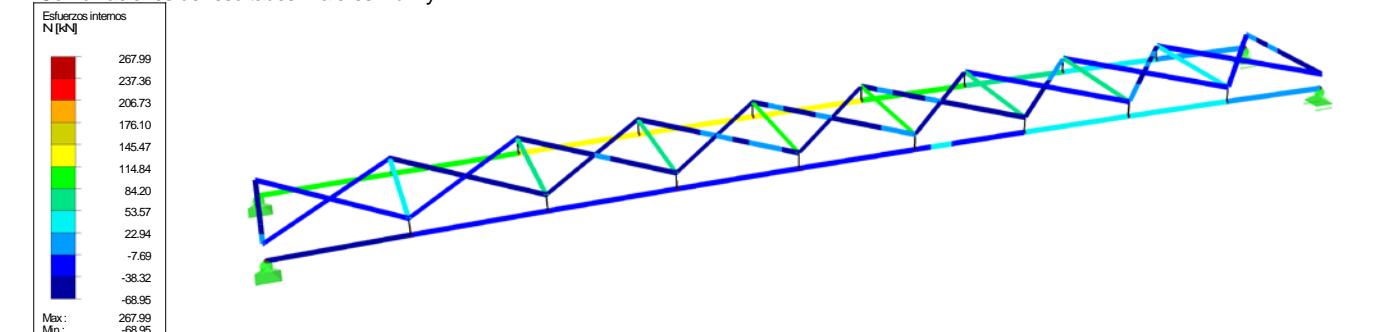
4.2. Esfuerzos y deformaciones

Se muestran a continuación los resultados del cálculo estructural del modelo de la estructura descrito después de un análisis lineal y no lineal de segundo orden por el método incremental (aplicación de la carga mediante incrementos de la misma y actualización de la matriz de rigidez y de la geometría después de cada incremento).

Los esfuerzos reflejados en el presente apartado corresponden a la envolvente de resultados (valores máximos y mínimos), obtenidos tras hacer un análisis estático lineal primero y una doble comprobación mediante análisis no lineal de segundo orden de las combinaciones de carga.

ELU: Esfuerzos axiles [kN]

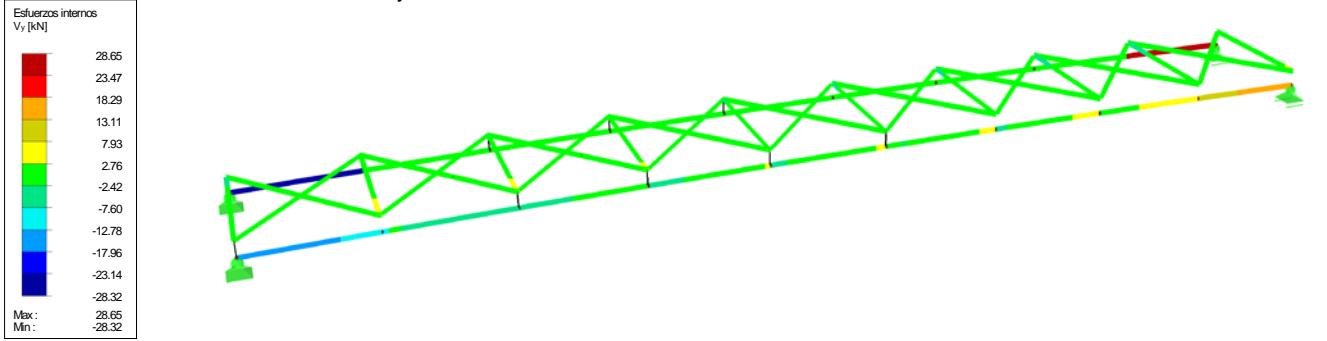
CR5 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos N
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Máx. N: 267.99, Mín. N: -68.95 [kN]

ELU: Esfuerzos cortantes Vy [kN]

CR5 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Máx. V-y: 28.65, Mín. V-y: -28.32 [kN]

ELU: Esfuerzos flectores Mz [kNm]

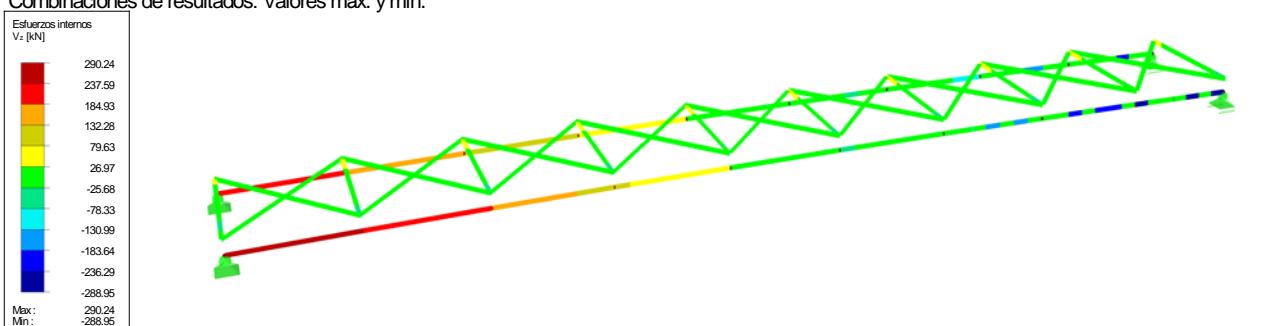
CR5 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Máx. M-z: 5.58, Mín. M-z: -31.68 [kNm]

ELU: Esfuerzos cortantes Vz [kN]

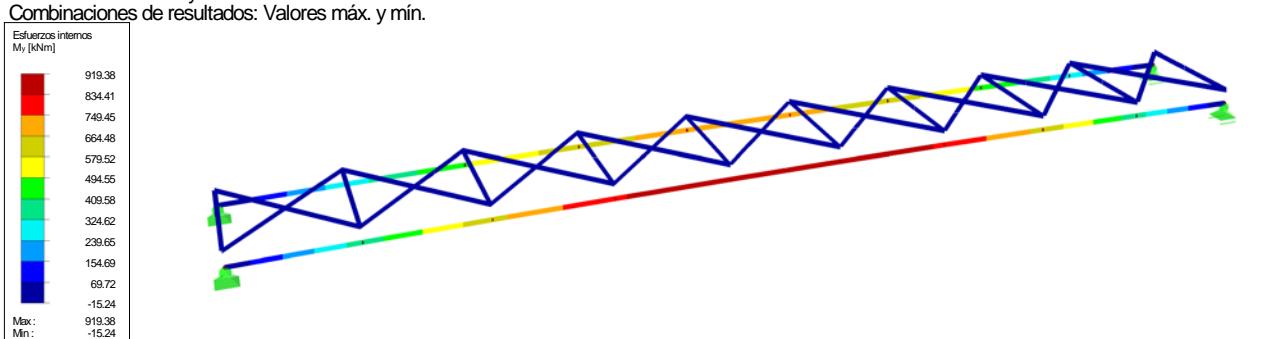
CR5 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Máx. V-z: 290.24, Mín. V-z: -288.95 [kN]

ELU: Esfuerzos flectores My [kNm]

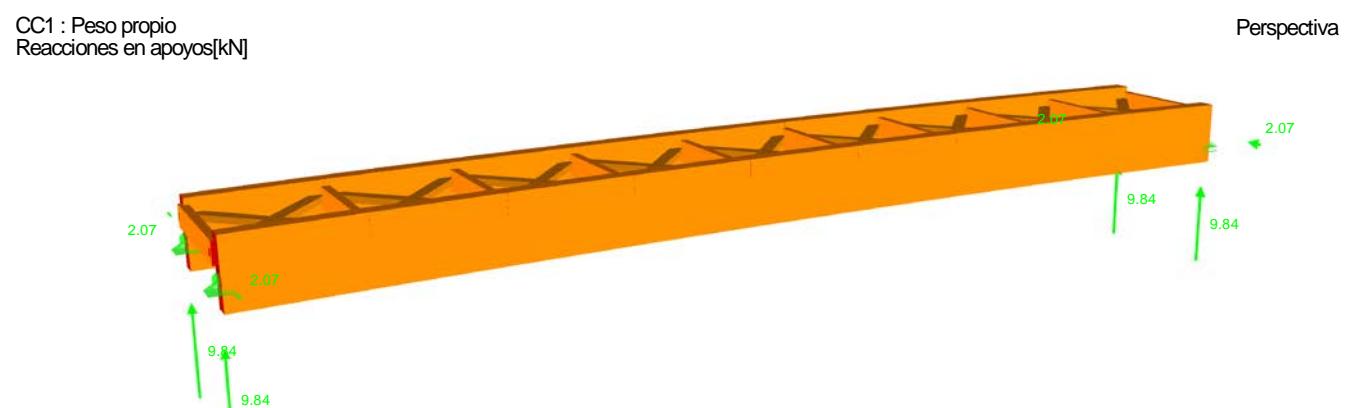
CR5 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Máx. M-y: 919.38, Mín. M-y: -15.24 [kNm]

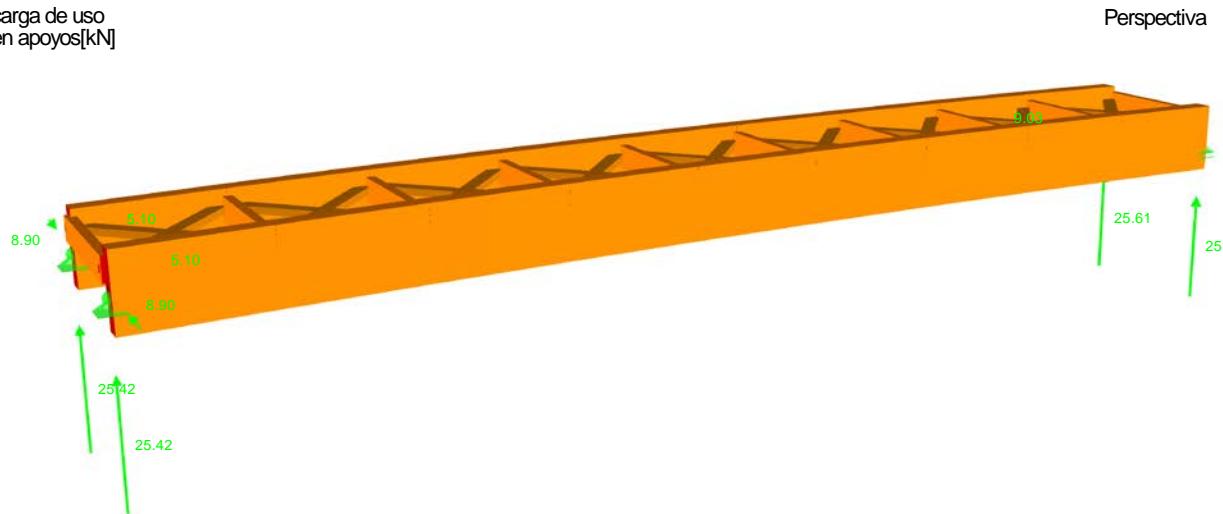
4.3. Reacciones en apoyos

De la misma manera, se muestran las reacciones por hipótesis simple de la estructura en los apoyos (Ver Plano 04 POSICIÓN ESTRIBOS Y CARGAS):

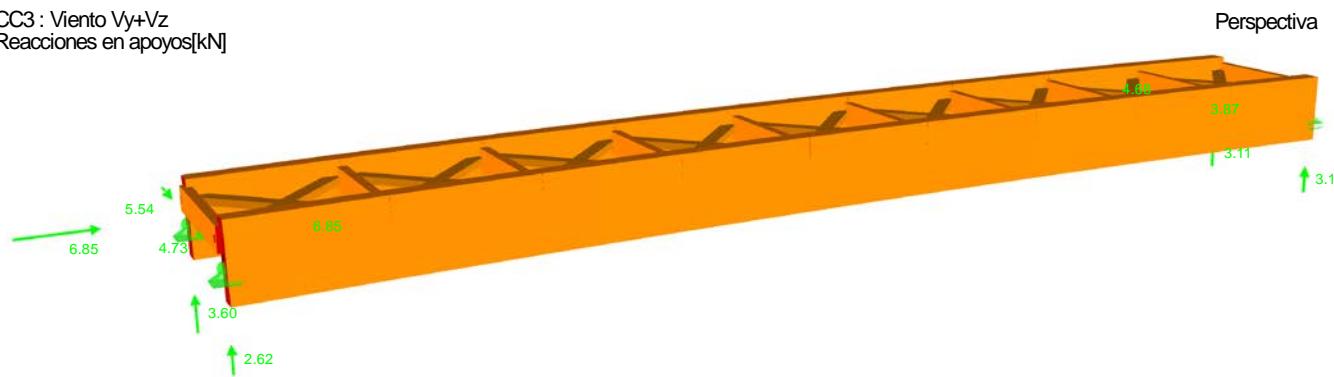


Máx. P-X': 0.00, Mín. P-X': 0.00 kN
Máx. P-Y': 2.07, Mín. P-Y': -2.07 kN
Máx. P-Z': -9.84, Mín. P-Z': -9.84 kN

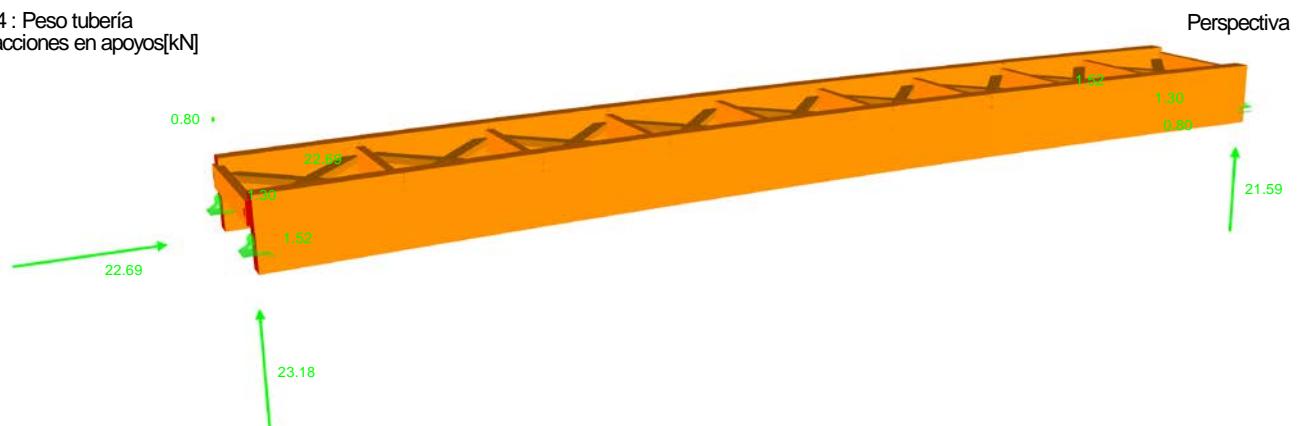
CC2 : Sobrecarga de uso
Reacciones en apoyos[kN]



CC3 : Viento Vy+Vz
Reacciones en apoyos[kN]



CC4 : Peso tubería
Reacciones en apoyos[kN]



4.4. Dimensionamiento y comprobación de elementos

Se realiza la comprobación de las secciones de los elementos principales de acuerdo con las solicitudes obtenidas en la simulación.

4.4.1. Comprobación ELU

Para la sección de cada elemento se hace la comprobación haciendo referencia a su clase resistente, especie y clase de servicio, indicando las solicitudes a las que se encuentra sometida para las diferentes hipótesis.

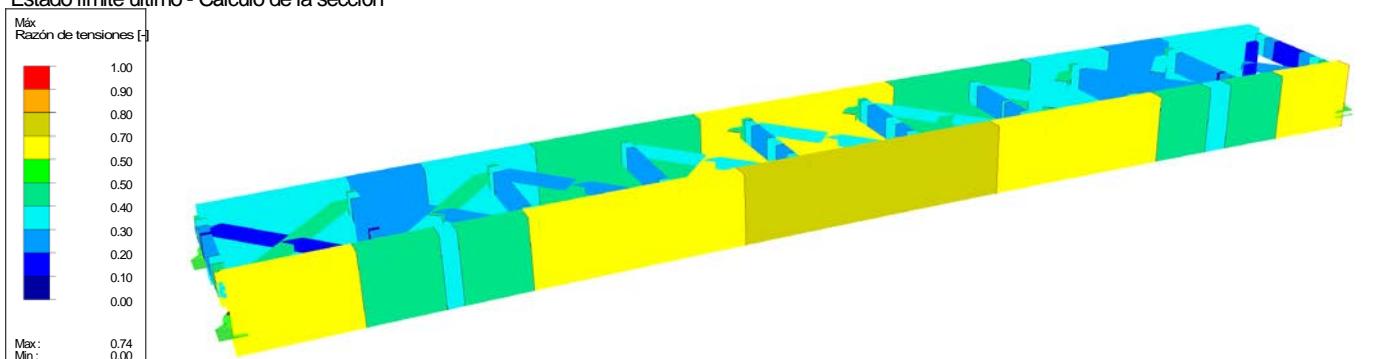
Se indican las características geométrico-resistentes debidas a la geometría de cada una de las secciones y las resistencias características y módulos de elasticidad asociadas a su Clase Resistente, que se modificarán de acuerdo con los factores que influyen sobre la capacidad resistente: clase de servicio, duración de la carga, efecto del tamaño de la pieza...)

La comprobación de los Estados Límites Últimos se hace por la comparación entre las tensiones de cálculo (obtenidas por aplicación de las fórmulas clásicas de resistencia de materiales sobre las solicitudes de cálculo) con las resistencias de cálculo (obtenidas por la aplicación sobre las resistencias características de los factores de modificación).

En la comprobación de las secciones comprimidas se aplican parámetros de minoración por pandeo basados en la determinación de la longitud eficaz de pandeo.

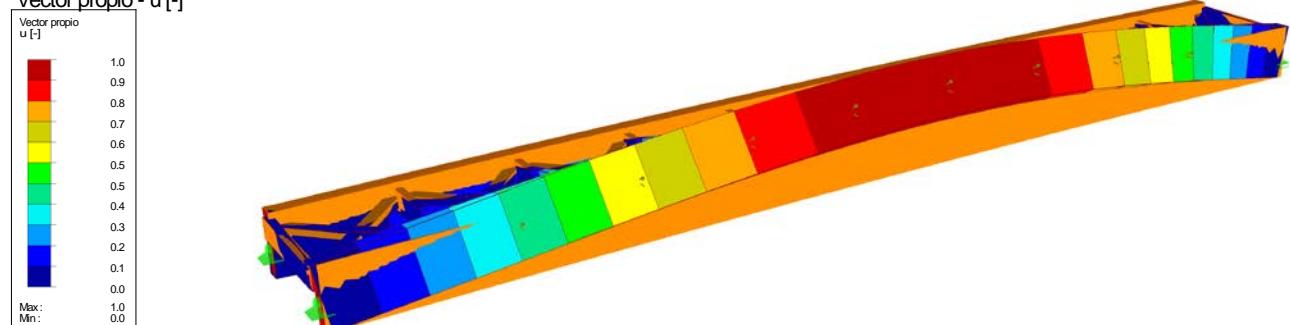
La comprobación de las deformaciones se hace de acuerdo con el Eurocódigo 5, en el que se determinan las acciones e influencias simultáneas que deben considerarse para cada situación de dimensionado y criterio, considerando o no la fluencia para la suma de las deformaciones instantáneas previstas para cada acción actuando de manera independiente.

RF-TIMBER Pro CA1
Estado límite último - Cálculo de la sección



Perspectiva

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 689.79400
Vector propio - u [-]



Coeficiente de deformaciones: 0.88
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -

4.4.2. Comprobación ELS

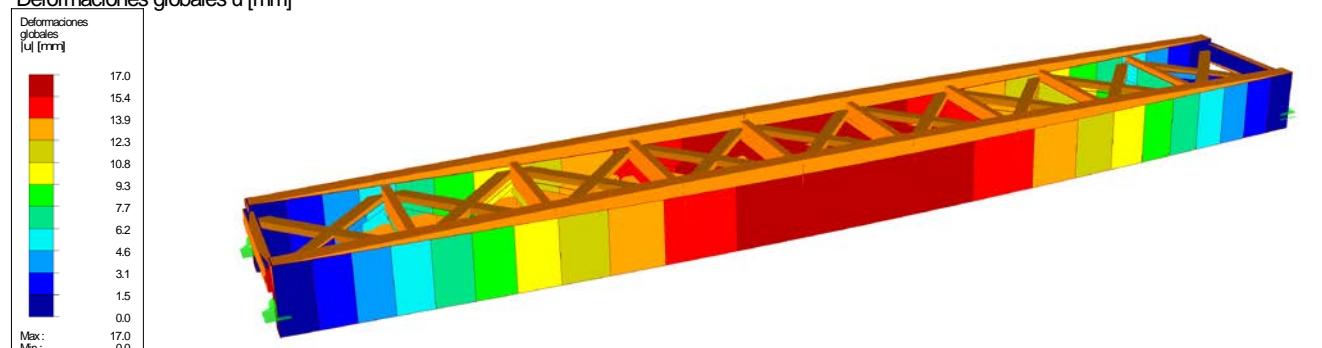
Los valores límites de las deformaciones están definidos en la norma EN 1995-2: EUROCÓDIGO 5: Proyecto de estructuras de madera, Parte 2: Puentes:

Tabla 7.1 – Valores límites para la flecha de vigas, placas y celosías

Acción	Rango de valores límites
Carga de tráfico característica	$\ell/400$ a $\ell/500$
Carga de peatones y carga de tráfico bajo	$\ell/200$ a $\ell/400$

- $f_{\max} = 17 \text{ mm} < \ell/200 = 62.5 \text{ mm}$

CO16 : CC2
Deformaciones globales u [mm]



Coeficiente de deformaciones: 10.00
Máx.u: 17.0, Mín. u: 0.0 mm

4.5. Análisis de pandeo global

El análisis global de pandeo es un análisis no lineal en el que se consideran los efectos de segundo orden, a través de un cálculo iterativo de sucesivos análisis lineales y recalculando la estructura con la geometría deformada

Perspectiva

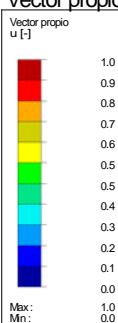
resultante del anterior hasta converger a una solución que satisfaga las condiciones de equilibrio, de compatibilidad y de comportamiento de los materiales. Para el cálculo también se tiene en consideración las imperfecciones iniciales con los coeficientes de minoración del material correspondientes.

Para el cálculo de pandeo global se ha considerado la combinación de hipótesis más desfavorable:

Combinación 5 (ELU)

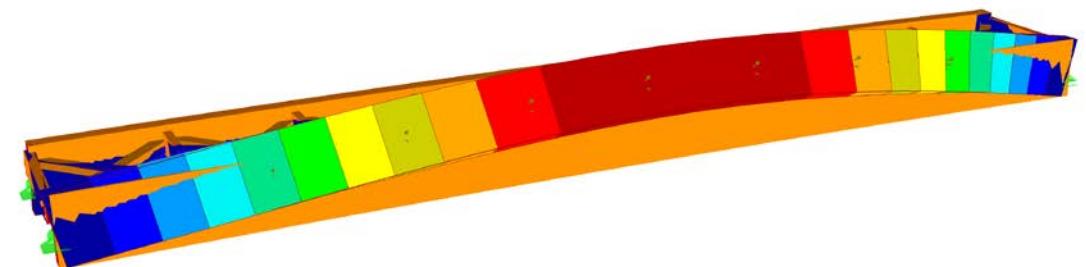
$1,35 \times CP + 1,35 \times USO \pm 0,3 \times 1,5 \times V$

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 1118.0200
Vector propio - u [-]



Coeficiente de deformaciones: 0.89
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -

Perspectiva



4.6. Modelo vibratorio de la estructura

Se muestra a continuación los primeros modos de vibración correspondientes a las frecuencias naturales de las estructuras.

Este análisis es necesario para verificar que las frecuencias de la estructura se encuentran en los valores admitidos por la normativa y se encuentra fuera del rango crítico para vibraciones verticales exigido por el Eurocódigo n°5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes, y que las mismas pueden ser enfrentadas con los valores obtenidos mediante un ensayo dinámico posterior.

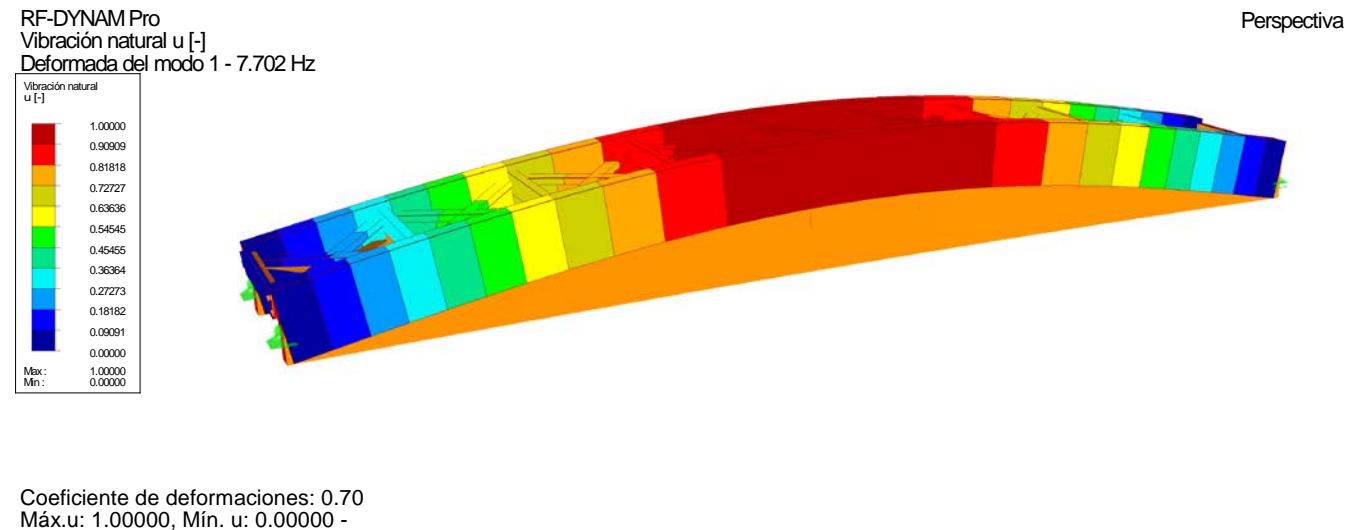
En general, se considera verificado el estado límite de servicio de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera del rango crítico para vibraciones verticales: de 1,25 a 4,60 Hz.

En pasarelas como estas, en la que se prevé la posibilidad de que algún modo de vibración esté dentro de ese rango será necesario efectuar estudios dinámicos específicos para asegurar los requisitos de confort en los peatones. En la práctica esto supone la determinación in situ de los parámetros modales mediante análisis modal experimental in situ sobre la pasarela colocada.

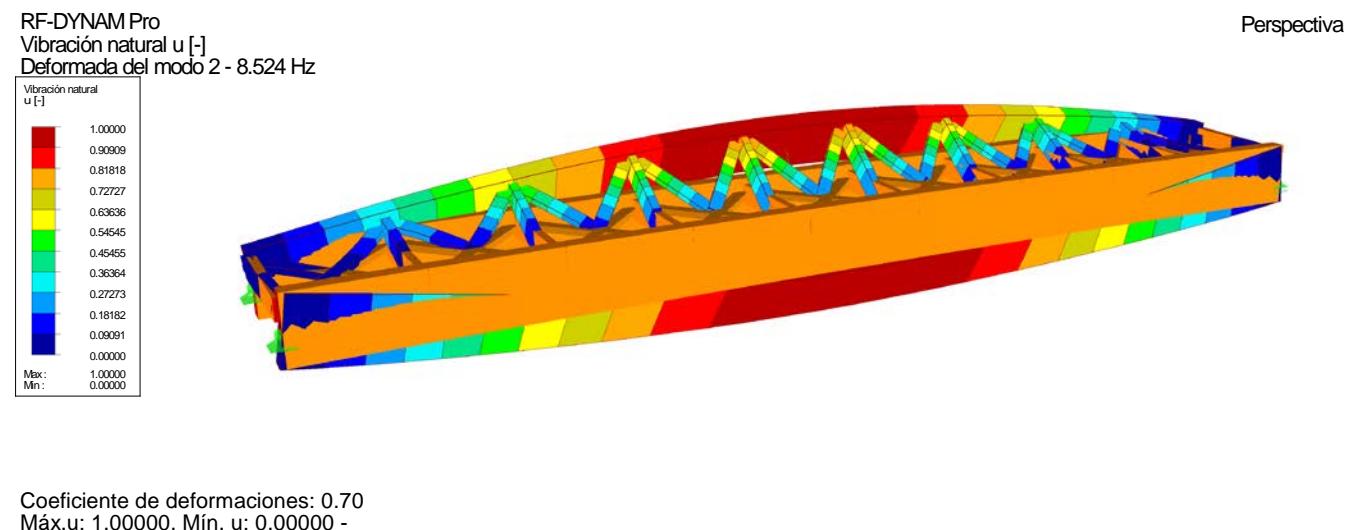
Una vez obtenidos los modos propios se medirán las aceleraciones en condiciones pésimas, es decir, en resonancia con cada uno de los módulos dentro del rango crítico.

Si las aceleraciones son superiores a las necesarias para un grado de confort medio (aceleraciones verticales por encima de 1-2 m/s²) se incorporará uno o varios amortiguadores TMD (amortiguador de masa sintonizado) sintonizado a la frecuencia del modo propio problemático.

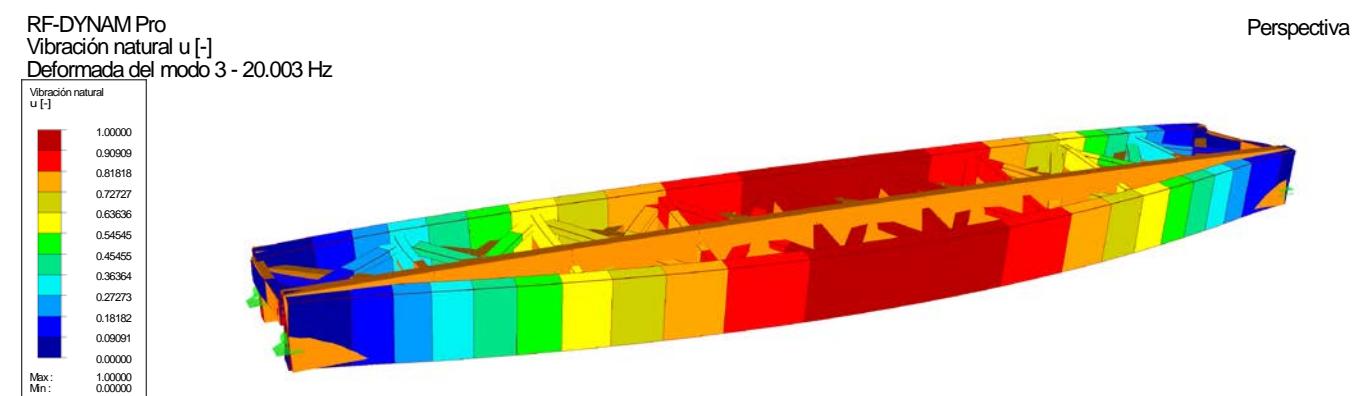
- MODO 1:



- MODO 2:

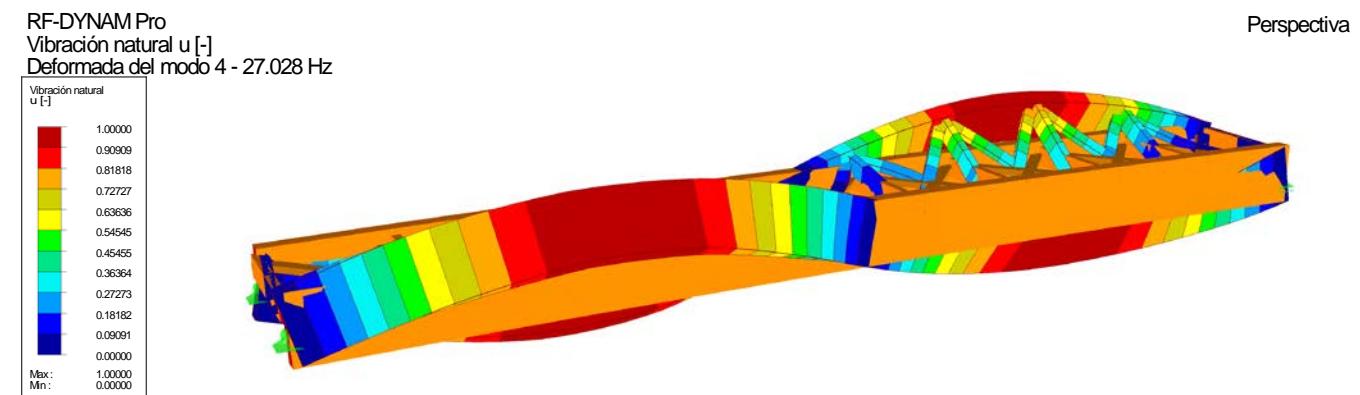


- MODO 3:



Coefficiente de deformaciones: 0.70
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

- MODO 4:



Coefficiente de deformaciones: 0.70
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

4.7. Aplicación de acciones sísmicas

En cumplimiento del Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma Sismorresistente: "Parte General y Edificación (NCSE-02)", se considera en el cálculo la posibilidad de aplicar Acciones Sísmicas.

La estructura objeto de este proyecto se encuentra situada en el término municipal de Ondárroa (Bizkaia). Mediante la realización de un estudio dinámico se determina que los esfuerzos generados por las acciones sísmicas no son determinantes para el dimensionamiento de la estructura.

4.8. Cálculo de la huella de carbono

Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Independiente según lo establecido en el RD 163/2014. El valor de la huella de carbono será inferior a 1.000 kg CO₂ por metro lineal de avance, calculado según la procedencia de la madera utilizada, y teniendo en cuenta todos los procesos llevados a cabo desde la obtención de los materiales hasta la instalación del puente.

Antideslizamiento MM-1-Non-Slip con clase de resbaladecidad 3 (resistencia al deslizamiento Rd>45) según CTE DB SU, con colocación en los accesos del puente de solado de alta resistencia al desgaste reforzado con material antideslizante en la superficie, mediante láminas antideslizantes Beige DG1.2x50.

Proyecto. Fabricación. Transporte. Montaje. El futuro adjudicatario será, a todos los efectos, el responsable legal último a través de sus "técnicos competentes" del correcto diseño, fabricación, transporte e instalación del puente

- Puentes calculados con sobrecarga de uso 500kg/m² según normativa IAP-2011 (y reducción según IAP-11)

- Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Independiente según lo establecido en el RD 163/2014.

- Sello PEFC o FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA a todas las entidades involucradas en el mismo (y no sólo a los proveedores nominados), desde la obtención de la materia prima hasta la colocación del producto final. Y, en concreto, el licitador y/o ejecutor final directo (subcontratista nominado para la ejecución de la partida de madera y no sólo sus proveedores) tendrá certificado de gestión forestal sostenible sello PEFC ó FSC en Cadena de Custodia. **Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.**

- Pruebas dinámicas certificadas por Organismo Independiente para cumplir la IAP-2011

En la presente unidad de obra se verificará:

- **Proyecto Técnico de ejecución de la pasarela de madera ofertada;** Incluyendo planos de conjunto y detalle para que la obra quede perfectamente definida (Incluidas placas de anclaje) y cimentación propuesta. Cálculo con criterio de Sección Óptima Equilibrada con coeficiente de correlación igual o menor a 15

- **Sobrecarga de uso de 500 kg/m².** Proyecto de ejecución presentado ajustado a la normativa IAP-11, y por tanto a esa sobrecarga de uso indicada.

- **Modelo vibratorio teórico del proyecto** presentado ajustado a la normativa IAP-11 y con un rango de vibraciones donde frecuencia natural de la estructura se sitúe por encima de 4,6 Hz para vibraciones verticales y longitudinales.

- **Propuesta de Prueba de carga dinámica,** en la que se calcule experimentalmente la frecuencia natural real de la pasarela y sus modos de vibración certificada por Organismo Técnico Independiente.

- **El Cálculo de la Huella de carbono** del proyecto del proyecto presentado certificado por Organismo Técnico Independiente según lo establecido en el RD 163/2014.

- **Certificado E.P.D. (Environmental Product Declaration, EPD) o en castellano D.A.P. (Declaración Ambiental de Producto, DAP) de la Madera Laminada Encolada** conforme a la Norma Internacional ISO 14025, que define los requisitos que deben cumplir estas Declaraciones ambientales, incluyendo la verificación por tercera parte

- **Certificados técnicos:**

5. Descripción de la unidad de obra

Suministro de Infraestructura formada por puente de madera peatonal, con una longitud total de 12,5 metros con 2 metros de ancho de paso útil de **Pinus sylvestris** procedente de bosques gestionados con criterios de sostenibilidad avalados por CERTIFICADO PEFC o FSC. Formados por vigas, vigas de tablero, vigas principales, riostras, viguetas y pasamanos según secciones óptimas de **MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)** y tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados según secciones óptimas de **MA.C24/sup (Madera Aserrada)** de acuerdo con los principios establecidos en el Eurocódigo 5.

Madera seca y estabilizada certificada por organismo Técnico Independiente.

Cálculo con criterio de Sección Óptima Equilibrada con coeficiente de correlación igual o menor a 15.

Tratamiento clase de Uso IV antes de laminar en autoclave con sales hidrosolubles para Clase de Uso IV, según norma UNE 56416/88 (Sistema Bethell/Célula llena).

Aplicación adicional de tres fases de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante Lasur a poro abierto con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, mano de fondo y acabado. Tratamiento adicional superficial. La madera tendrá una aplicación adicional de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante lasur a poro abierto con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, manos de fondo y acabado color castaño (3 manos).

Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento $\leq 4\text{-}S3\text{-}C$. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.

Protección por ecodiseño y piezas de sacrificio PS-X.

Arriostramiento Longitudinal (Length Bracing en vigas principales y Bending + Contraviento en cubierta y tablero) y Transversal, que anula las inestabilidades laterales características de las pasarelas de madera.

Herrajes de acero galvanizado en caliente, calidad S 275 JR

- o El cálculo de las estructuras ofertadas.
- o Características y procedencia de la madera.
 - o Clase resistente.
 - o Calidad del protector utilizado.
 - o Método de aplicación empleado.
 - o Certificado de secado de la madera y periodo de estabilización del mismo.
 - o Tipo de acero de los herrajes y protección.
 - o Certificado de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 por Organismo Técnico Independiente.
 - o Certificados de Pintura. Tratamiento superficial con Lasur al agua (no disolvente) a poro abierto, específico para madera, con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, con manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento $\leq 4\text{-S3-C}$. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.
- Se facilitará LIBRO DE MANTENIMIENTO redactado por empresa externa y especializada.

6. Descripción resumida

Suministro de Infraestructura formada por puente de madera peatonal, con una longitud total de 12,5 metros con 2 metros de ancho de paso útil de ***Pinus sylvestris***.

Formada por vigas principales curvas, riostras, viguetas, pies derechos, pasamanos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados según secciones óptimas **MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)**. Tratamiento clase de Uso IV antes de laminar. Protección por ecodiseño. Arriostramiento longitudinal Length Bracing y transversal Bending. Dispositivos de monitorización dinámica uniaxial DMD-2BT bimodal flexión torsión. Certificado de Rango de Frecuencia de Vibraciones 3/sup. mediante ensayo de análisis modal experimental. Herrajes de acero galvanizado en caliente, calidad S 275 JR y tornillería Hprotec. Tarima con sistema Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladididad 3 con resistencia al deslizamiento Rd>45) según CTE DB SU. Protocolo prueba de carga. Libro de mantenimiento. Certificados PGA. Proyecto. Fabricación. Transporte

- Puentes calculados con sobrecarga de uso 500 kg/m² según normativa IAP-2011 (y reducción según IAP-11)

- Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Independiente según lo establecido en el RD 163/2014. El valor de la huella de carbono será inferior a:

- 1.000,00 kg CO₂ por cada metro lineal de puente.

- Sello PEFC ó FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA
- Pruebas dinámicas certificadas por Organismo Independiente para cumplir la IAP-2011
- Sección Óptima Equilibrada. Con un coeficiente de correlación menor o igual a 15
- Tratamiento adicional superficial. La madera tendrá una aplicación adicional de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante lasur a poro abierto con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento $\leq 4\text{-S3-C}$. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.



III. Pliego de condiciones técnicas particulares



1. Requisitos de cálculo:

1.1. Acciones a considerar (IAP-11)

La definición de las acciones y sus combinaciones, así como el establecimiento de los coeficientes de ponderación, a considerar en el proyecto de puentes y pasarelas de madera están recogidas en la instrucción española **IAP-11: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera**, cuyo ámbito de aplicación está íntegramente contenido dentro del Eurocódigo 0: Bases de cálculo y del Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras. En el ámbito de aplicación de dicha normativa se incluyen las estructuras asimilables a los puentes, las pasarelas para peatones, ciclistas o ciclomotores y a las obras de acompañamiento, como son las escaleras y rampas de acceso.

Sobrecarga de Uso. En las zonas de uso peatonal de los puentes, se supondrá aplicada una sobrecarga uniforme de 5 kN/m^2

Vibraciones. Será necesario comprobar mediante estudios dinámicos la adecuada respuesta vibratoria de las pasarelas de madera. Como refleja la IAP-11 se considerará verificado el estado límite de servicio de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera de los rangos críticos de vibración: Entre 1,25 y 4,60 Hz para vibraciones verticales y entre 0,5 y 1,2 Hz para las vibraciones laterales. Para ello Se determinarán en proyecto los parámetros dinámicos estructurales (Módulos principales de vibración y sus frecuencias correspondientes)

1.2. Proyecto de estructura de madera (Eurocódigo 5)

El cálculo de la estructura de madera se efectúa de acuerdo a la normativa europea en cuanto al cálculo estructural y dimensionamiento de estructuras de madera (UNE EN-1995-1-1 Eurocódigo n° 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación).

2. Herrajes, soldaduras y uniones

2.1. Herrajes

2.1.1. Acero Galvanizado

Los herrajes metálicos serán con acero S 275 JR, el cual tiene las siguientes características:

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura ens. Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de Rotura F_u (N/mm ²)	
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$	
S235JR	235	225	215	360	20
S235J0					0
S235J2					-20
S275JR	275	265	255	410	20
S275J0					0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 (1)
S450J0	450	430	410	550	0

(1) se le exige una energía mínima de 40J

Ilustración 12. Características mínimas de los aceros según UNE-EN 10025.

Los procedimientos de comprobación especificados en el DB SE-A están basados en el comportamiento dúctil del material, la resistencia a rotura frágil ha de ser superior a la resistencia a rotura dúctil.

La temperatura de transición, definida como la mínima a la que la resistencia a rotura dúctil supera a la frágil, ha de ser menor que la mínima a la va a estar sometida la estructura.

No es necesario realizar comprobación si no se sobrepasan los espesores indicados en la tabla:

Grado	Temperatura mínima								
	0 °C			-10 °C			-20 °C		
	JR	J0	J2	JR	J0	J2	JR	J0	J2
S235	50	75	105	40	60	90	35	50	75
S275	45	65	95	35	55	75	30	45	65
S355	35	50	75	25	40	60	20	35	50

Ilustración 13. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición.

Grado	Temperatura de ensayo (°C)	Resiliencia (J)		
		$t \leq 150$	$150 < t \leq 250$	$250 < t \leq 400$
JR	20	27	27	-
J0	0	27	27	-
J2	-20	27	27	27
K2	-20	40	33	33

Ilustración 14. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero.

3. Características tecnológicas de la madera

3.1. Especie

La especie de madera utilizada en los elementos de madera aserrada será el **Pino silvestre (*Pinus sylvestris*)**. Según EN 350 en la que se describen las condiciones de durabilidad e impregnabilidad de la especie.

3.1.1. Pino silvestre (*Pinus sylvestris*):

Esta conífera se encuentra ampliamente distribuida en el norte de Asia y Europa. En España existen grandes masas en los Pirineos, Cordillera Ibérica y Cordillera Central. Sus masas forestales, su producción y su exportación son estables, siendo las principales fuentes de suministro a España, Suecia, Finlandia y Rusia, y es una de las principales maderas empleadas en construcción.

Se trata de una madera resinosa con albura de color amarillo pálido y duramen claramente diferenciado, de color rojizo. Los anillos de crecimiento están muy marcados en la madera de verano y tienen un espesor entre 1,5 y 3 mm, variando según la procedencia.

Presenta fibra recta y grano de fino a medio. Es una madera poco nerviosa u presenta una densidad comprendida entre 500 y 540 Kg/m³.

Cédula de secado recomendada: nº 10 del CTBA.

Se rechazarán las piezas que presenten ataques de hongos de azulado.

La madera de albura es impregnable y la de duramen es no impregnable y la de albura es impregnable.

En cualquier caso, para los elementos estructurales, se prescribe:

Madera que no presente ningún defecto de quemadura, ataque de insectos (se pueden admitir ciertas picaduras negras), ni de hongos (azulado o pudrición).

Aserrada con aristas vivas y perpendiculares entre sí.

Los nudos estarán sanos y adheridos, no agrupados y con un diámetro máximo de 40 mm.

Se pueden admitir fendas superficiales en los extremos.

La densidad mínima, con una humedad del 20 %, sobrepasará los 450 Kg/m³.

La humedad media de una pieza debe estar en los niveles citados con anterioridad, al menos hasta una profundidad de 20 mm.

Por un conjunto de motivos técnicos que incluyen, entre otras, las siguientes: a) falta de durabilidad natural, b) incapacidad de tratamiento c) problemática con el correcto secado, d) gran coeficiente de contracción (hinchado-contracción) que perjudica la estabilidad dimensional de la madera perjudicando el comportamiento de las uniones, del encolado y favoreciendo el aumento de deslamинados, deformaciones y también el fendido (y, por tanto, también la penetración de agua líquida que perjudica la durabilidad), etc. quedan expresamente prohibido entre otras especies (o subespecies/variedades) tales como: Picea Abies (también conocida como Pícea, Abeto, Abeto Rojo, etc.), Pseudotsuga (comúnmente llamado también abeto Douglas, pino-abeto, pino Oregón, etc.), Pinus Radiata (también conocido como pino insigne, pino de Monterrey, pino de California, etc.), Pinus Pinaster (conocido también como Pino marítimo, pino resinero, pino negro, etc. Alerce, etc. y en líneas generales cualquier especie que no tenga durabilidad natural para clase de uso IV o que no sea impregnable para conseguir dicha durabilidad).

4. Madera aserrada

La madera utilizada para la fabricación de elementos estructurales debe proceder de bosques gestionados de manera sostenible y tratados mediante una selvicultura racional, con una **calidad mínima de clase resistente C24** y con un grado de humedad entre el 12 y el 15 %, siendo siempre menor del 18%, de acuerdo con las Normativas Europeas, respetando en todo momento las exigencias de estas Normativas en lo referente a Medio Ambiente. La madera estará seca y estabilizada.

Se prescribe, como mínimo, madera aserrada de coníferas con clase de servicio C-24, cuyos valores característicos son los siguientes según la Norma UNE-EN 338:

C24

Propiedades resistentes (N/mm ²)	
Flexión ($f_{m,k}$)	24
Tracción paralela ($f_{t,0,k}$)	14
Tracción perpendicular ($f_{t,90,k}$)	0,4

Compresión paralela ($f_{c,0,k}$)	22
Compresión perpendicular ($f_{c,90,k}$)	2,5
Cortante ($f_{v,k}$)	4,0
Propiedades de rigidez (KN/mm ²)	
Módulo de elasticidad paralelo medio ($E_{0,medio}$)	11
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil ($E_{0,k}$)	7,4
Módulo de elasticidad perpendicular medio ($E_{90,medio}$)	0,37
Módulo de cortante medio (G)	0,69
Densidad (Kg/m ³)	
Densidad característica (ρ_k)	350
Densidad media (ρ_{medio})	420

Tabla 6. Características de la madera aserrada C24

5. Madera laminada encolada

Dependiendo del tipo de madera utilizada en la ejecución de la madera laminada encolada se puede obtener madera laminada homogénea o combinada. Se denomina homogénea cuando todas las láminas son de la misma clase resistente de madera aserrada y se denomina combinada cuando, para la constitución de la mitad central del canto de las piezas sometidas a flexión, se recurre al empleo de madera de la categoría inmediatamente inferior a la de la madera de las láminas extremas. Se consideran láminas extremas a las situadas en los bordes superior e inferior de la sección transversal con 1/6 del canto en ambos lados (con al menos dos láminas). Los elementos así obtenidos se asimilan, desde el punto de vista de calidad tecnológica, a maderas de la misma categoría que las empleadas en la fabricación de los cuartos exteriores de la pieza.

Toda la MLE se presentará mecanizada (cepillada) en su superficie y con los cantos suavizados (chaflanadas, redondeadas) y con una CALIDAD VISUAL SUPERFICIAL MÍNIMA de acuerdo con las recomendaciones de la German Laminated-Wood Research Laboratory (Association) que fija los siguientes parámetros mínimos

	Conceptos	Criterio - Calidad Superficial Visual Mínima
1	Nudos firmes	Permitidos
2	Nudos caídos y sueltos con restos de corteza	Permitidos hasta $\varnothing \leq 30$ mm permitido. A partir de 30 mm deben ser reemplazados.
3	Restos de Resinas	Permitido
4	Puntos defectuosos mejorados por medio de tapones de agujeros de nudo.	Permitido
5	Nudos y grietas mejorados por medio de compuesto de relleno	Permitido
6	Marcas de ataque de insectos	permitidas hasta 2 mm
7	Duramen	Permitido
8	Fendas de secado	Permitido. En comparación con la madera sólida, la madera laminada encolada es principalmente un material de madera resistente a las grietas. Las grietas en la superficie causadas por cambios y fluctuaciones en el clima o el medio ambiente son inevitables. Por lo tanto, no se consideran un defecto y están permitidos y no tienen ningún impacto sobre la resistencia del componente de estructura.
9	Decoloraciones como resultado de manchas azules, rayas rojas y marrones	Hasta 10% del área de superficie visible del componente de la estructura completa
10	Presencia de mohos	No permitido
11	Contaminación de la superficie	No permitido
12	Distancia entre las "finger joints"	Sin límite
13	Superficie	Se permiten áreas superficiales no niveladas hasta un máximo del 5% del área de superficie; y siempre y cuando no sea más profunda que > 3 mm
14	Esquinas (Cantos)	suavizadas (redondeadas, chaflanadas)

5.1. Clase resistente

Se prescribe que la clase resistente a utilizar será, como mínimo, Gl30h, cuyos valores característicos son los siguientes:

Gl30h

Propiedades resistentes (N/mm ²)	
Flexión ($f_{m,k}$)	30
Tracción paralela ($f_{t,0,k}$)	24
Tracción perpendicular ($f_{t,90,k}$)	0,5
Compresión paralela ($f_{c,0,k}$)	30

Compresión perpendicular ($f_{c,90,k}$)	2,5
Cortante ($f_{v,k}$)	3,5
Propiedades de rigidez (N/mm ²)	
Módulo de elasticidad paralelo medio ($E_{0,medio}$)	13.600
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil ($E_{0,k}$)	10.500
Módulo de elasticidad perpendicular medio ($E_{90,medio}$)	300
Módulo de cortante medio (G)	250
Densidad (Kg/m ³)	
Densidad característica (ρ_k)	425

Tabla 7. Características de la madera laminada GL30h

La clase resistente de la madera aserrada de la que se obtienen las láminas para la elaboración de la madera laminada, según la clasificación visual de la misma, deben ser las siguientes:

Clase resistente	GL30h
MLE homogénea	C35

Tabla 8. - Clases resistentes de las láminas de madera para la GL30h

Los valores característicos de la madera aserrada de la que se obtienen las láminas son los siguientes:

C35

Propiedades resistentes (N/mm ²)	
Flexión ($f_{m,k}$)	35
Tracción paralela ($f_{t,0,k}$)	22
Tracción perpendicular ($f_{t,90,k}$)	0,4
Compresión paralela ($f_{c,0,k}$)	23
Compresión perpendicular ($f_{c,90,k}$)	2,7
Cortante ($f_{v,k}$)	4,0
Propiedades de rigidez (KN/mm ²)	
Módulo de elasticidad paralelo medio ($E_{0,medio}$)	12
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil ($E_{0,k}$)	8
Módulo de elasticidad perpendicular medio ($E_{90,medio}$)	0,40
Módulo de cortante medio (G)	0,75
Densidad (Kg/m ³)	
Densidad característica (ρ_k)	380
Densidad media (ρ_{medio})	460

Tabla 9. Características de la madera aserrada C35

Glulam strength class	T class	C class	Bending strength, N/mm ²
GL24h	T14	C24	30
GL28h	T18	C30	36
GL30h	T21	C35	38
GL32h	T24	C40	41

5.2. Contenido de humedad de la madera

La humedad media de una pieza debe estar entre el 8 y el 16 % y, en todo caso, conviene seguir las recomendaciones del fabricante de las colas.

Durante el encolado, entre dos láminas contiguas, no debe de haber una diferencia de humedad mayor del 4 %.

22

5.3. Espesor de lámina de la madera laminada

Los valores máximos de las láminas no deben sobrepasar las siguientes dimensiones:

- La anchura de las láminas no será en ningún caso superior a 21 cm.
- El espesor de las láminas será, como máximo, de 33 mm en caso de utilizar madera tratada en profundidad.
- El espesor de las láminas será, como máximo, de 45 mm en caso de utilizar madera sin tratar.

- El área de la sección recta de las tablas no rebasará los 70 cm² en el caso de utilizar láminas de 33 mm de espesor.

- El área de la sección recta de las tablas no rebasará los 100 cm² en el caso de utilizar láminas de 45 mm de espesor.

En el caso de piezas curvas, el espesor máximo de las láminas dependerá de las especificaciones de la dimensión de lámina, del radio de curvatura y de la especie utilizada. El grueso de acabado no deberá superar el valor siguiente, según la norma UNE-EN 386:

$$t \leq (R/250) \cdot (1 + (f_{k,1} / 80))$$

donde,

t; grueso de lámina

R; radio de curvatura

$f_{k,1}$; valor característico de la resistencia a flexión de los empalmes en testa (MPa)

5.4. Colas para la madera laminada

El requisito que deben cumplir las colas es permitir la realización de ensamblajes de resistencia y durabilidad suficiente para asegurar el funcionamiento completo de la estructura durante toda la vida prevista para su utilización.

Se utilizan pegamentos termoendurecibles, que tienen un muy limitado tiempo de vida, por lo que se deben formular momentos antes de su aplicación, mezclando la resina con el endurecedor, las cargas y los disolventes necesarios.

El fraguado se produce por la policondensación de las resinas al reaccionar con un endurecedor. Para que se produzca la policondensación hay un exceso de formaldehído, lo que provoca que tras el fraguado exista una emisión continua de producto que no ha reaccionado.

En el encolado de las tablas se utilizarán colas del tipo resorcina, actualmente las más empleadas en la fabricación de piezas de madera laminada.

Las colas serán de tipo resorcina-fenol con certificados de homologación:

CTBA (Carpintería nº 42.51.64.4c del 7/06/1.989)

AFNOR-NF b 54 154 encolado tipo 4

Instituto OTTO GRAF DIN 68705 encolado tipo 4

BS 1203 Y BS 1204 – encolado WBP

La cola se realiza mediante la combinación de Cascosinol 1771 con endurecedor 2520, obteniéndose una cola resistente al agua y a la intemperie. Las proporciones de la mezcla son de 100 partes por peso de Cascosinol 1771 y 15 partes por peso de endurecedor 2520.

Condiciones de trabajo de las resorcinas:

- Temperatura mínima de utilización: 15 °C

Temperatura ambiente: 18 a 25 °C

Humedad de la madera: 8 a 15 %

- Fórmulas de las mezclas adhesivas:

En peso: Adhesivo 100 partes + endurecedor 25 partes.

En volumen: Adhesivo 100 partes + endurecedor 20 partes.

- Duración máxima de la mezcla:

a 20 ° C : 2 horas

a 25 ° C : 1 hora

- Gramaje por una cara: 300 a 600 g/m²

- Tiempo de ensamblaje:

Abierto: 5 a 20 minutos.

Cerrado: 50 a 80 minutos.

- Presión de ajuste tiempo mínimo:

Madera / madera a 20° C : 16 horas.

Madera / madera a 40° C : 4 horas.

- Presión de ajuste en prensa:

Madera / madera: 7 a 14 bar.

- Tiempo de utilización de la mezcla adhesiva:

Temperatura de la mezcla (° C)	15	20	25	30
Tiempo de utilización (h)	3	2	1	0.5

Tabla 10. Tiempo de utilización de la mezcla adhesiva

- Tiempo de ensamblaje abierto:

Normalmente entre 15 y 20 minutos, en función de la temperatura del taller, disminuyendo el tiempo conforme aumenta la temperatura.

- Tiempo de ensamblaje cerrado (sin presión):

Entre 0.5 y 1.3 h

• Pendiente: 10 %

No se utilizará la disposición de entalladuras de orientación inclinada por la complejidad del empalme.

La resistencia a flexión obtenida en las tablas empalmadas será, como mínimo, del 75 % del que tendría la tabla utilizada sin empalmar, suponiendo una pieza sin defectos y sana.

La presión de empalmado en las cabezas de las tablas será de 80 a 90 Kg/cm² y se realiza en prensas en continuo.

5.5. Fabricación de la madera laminada-encolada

5.5.1. Láminas

La madera, antes de ser encolada, debe tener un grado de humedad que no supere el 16 %.

Esta condición podrá realizarse de dos maneras diferentes:

- Cada paquete, antes de entrar en el proceso de fabricación, sufre cinco mediciones de su grado de humedad; si éstas se encuentran por debajo del valor citado, se admiten en el proceso.
- Cada tabla, de una forma automática, sufre una medición de humedad antes de la entrada en la máquina fresadora encargada de realizar la entalladura en las testas de las tablas; en caso de que supere el valor máximo es expulsada de la cadena de fabricación automáticamente.

Se procederá al saneado de las tablas, en el que deberán eliminarse:

- Los nudos muertos.
- Las fendas.
- Las alteraciones de color.
- Las zonas de desviación de la fibra demasiado acentuadas (sobre todo en la zona de empalmado)
- Las zonas de tabla donde se observe cualquier tipo de pudrición.

El saneado de las tablas se efectuará eliminando los defectos mediante un corte con una sierra de purga.

Una vez que se hayan seleccionado las láminas o tablas adecuadas, se procederá a realizar en sus testas las entalladuras correspondientes a las juntas de empalmado longitudinal.

Las entalladuras serán del tipo dentada o finger joint, perpendiculares a la sección recta de las tablas que, tras su encolado, se enlazan longitudinalmente entre sí. Estas entalladuras cumplen la doble función de asegurar una correcta transmisión de los esfuerzos, aumentando la resistencia de la madera; y evitar la desconexión por deslizamiento relativo de las piezas.

Las dimensiones de los dientes serán:

- Longitud de diente: 40 mm

5.5.2. Encolado

Una vez se ha procedido al empalmado longitudinal de las tablas y se han cortado con los largos deseados, se procede al apilado de las mismas en espera del tiempo necesario de estabilización de las colas.

Para garantizar un espesor uniforme en las juntas de encolado, así como permitir una buena distribución de las colas y una uniforme distribución de tensiones, las superficies de las tablas deberán resultar lo más planas posibles.

A tal efecto, las láminas pasarán a una cepilladora de dos caras donde se regresará las tablas en sus caras de mayor superficie. La desviación del espesor no sobrepasará los 0.2 mm / 100 cm.

Una vez se cepillan las láminas, se procederá a la aplicación de la cola. El tiempo a transcurrir entre el cepillado y la aplicación de la cola debe ser el mínimo imprescindible y nunca sobrepasará las 24 horas.

Las láminas ya cepilladas se pasan por un peine de encolado por una de sus caras. La lámina encolada por una de sus caras se superpone a la anterior sin cola, hasta constituir la pieza completa que se pretende fabricar.

Para obtener una buena junta de encolado es necesario que la cola no sobrepase los 0.4 mm de espesor una vez realizado el prensado, lo que quiere decir que el margen de irregularidad una vez cepillada la lámina no puede ser superior a 0.2 mm.

5.5.3. Prensado

Es necesario aplicar una presión sobre las piezas para facilitar el contacto entre grupos polares de la cola y las láminas de madera, facilitando, además, el fraguado de la cola.

El prensado de las láminas se realizará en prensas de tipo horizontal o vertical, mediante llaves de choque neumáticas. La operación de prensado se debe comenzar por el punto central de la pieza y hacia los extremos, para permitir a las láminas el movimiento necesario de adecuación y de posición en el sentido longitudinal.

Se deben seguir las recomendaciones del fabricante de las colas, tanto en las presiones de prensado como en las condiciones del taller y en el tiempo de prensado y de polimerización, debiendo permanecer constante la presión durante la polimerización de la cola.

Tras la polimerización de la cola, las piezas son almacenadas para la estabilización de la junta de encolado.

5.5.4. Acabado de las piezas

Una vez que la pieza haya pasado por el proceso completo de empalmado, cepillado, encolado y prensado, y las colas hayan polimerizado convenientemente, se retirará de la prensa y se procederá al segundo cepillado de las dos caras de mayor superficie.

Esta operación se llevará a cabo en una máquina regresadora de la capacidad y dimensiones adecuadas.

El cepillado debe de ofrecer superficies de total planimetría con diferencias inapreciables.

Posteriormente, y una vez se ha cepillado la pieza, se procede al replanteo (sobre el propio elemento de MLE) de la misma con su dimensión final contándose con circulares y sierras de manejo manual.

Se procurará realizar en taller los taladros y entalladuras que sirvan para albergar elementos metálicos de unión, con el fin de obtener una mayor precisión en la ejecución de los mismos.

- Clase de uso 2: El elemento está bajo cubierta y protegido de la intemperie, pero ocasionalmente se puede alcanzar una humedad ambiental elevada. En estas circunstancias el contenido de humedad del elemento de madera puede sobrepasar ocasionalmente el 20% en parte o en la totalidad de la pieza. Existe riesgo de ataque por hongos cromógenos o xilófagos. El riesgo de ataque por insectos es similar al de la clase 1.
- Clase de uso 3: El elemento se encuentra al descubierto (a la intemperie y no cubierto), no está en contacto con el suelo y está sometido a una humidificación frecuente. En estas condiciones el contenido de humedad del elemento de madera puede sobrepasar el 20%. El riesgo de ataque de hongos cromógenos o xilófagos es más marcado que el de la clase de uso 2. Se divide en dos clases:
 - Clase de uso 3.1. El elemento estructural se encuentra al exterior, por encima del suelo y protegido, es decir sujeto a medidas de diseño y constructivas destinadas a impedir una exposición excesiva a los efectos directos de la intemperie, inclemencias atmosféricas o fuentes de humedad. En estas condiciones la humedad de la madera puede superar ocasionalmente el contenido de humedad del 20%.
 - Clase de uso 3.2. El elemento estructural se encuentra al exterior, por encima del suelo y no protegido. En estas condiciones la humedad de la madera supera frecuentemente el contenido de humedad del 20%.
- Clase de uso 4: El elemento está en contacto con el suelo o con agua dulce y está expuesto a una humidificación en la que supera permanentemente el contenido de humedad del 20%. Existe un riesgo permanente de pudrición y de ataque de termitas.
- Clase de uso 5: El elemento está permanentemente en contacto con el agua salada. En estas circunstancias el contenido de humedad de la madera es permanentemente superior al 20%. Además de los riesgos de ataque de la clase 4, se añade el originado por los xilófagos marinos.

6. Tratamiento protector de la madera

Se aplicará a la madera el tratamiento en profundidad para CLASE DE USO 4. Se entregará certificado de tratamiento que avale la penetración y retención del protector para la clase de uso 4 de acuerdo con la norma UNE-EN 335.

La durabilidad de la madera es muy elevada, incluso en condiciones adversas para otros materiales, pero tiene una fuerte variabilidad en función de las condiciones ambientales. La madera utilizada deberá estar tratada o tener una durabilidad natural adecuada a la clase de riesgo a la que se va a ver sometida.

6.1. Clases de uso

Se utiliza un sistema de clasificación de las situaciones de puesta en obra de la madera denominado clases de uso, que definen el grado de humedad que puede llegar a alcanzar una estructura durante su vida de servicio, condicionando el riesgo de ataque que puede sufrir.

En la norma UNE-EN 335 se definen las siguientes clases de uso:

- Clase de uso 1: El elemento está bajo cubierta protegido de la intemperie y no está expuesto a la humedad. En estas circunstancias el contenido de humedad de la madera es inferior al 20%. No hay riesgo de ataque por hongos y en cuanto a los ataques por insectos se admite que ocasionalmente pueda ser atacada por termitas y coleópteros (dependiendo de la ubicación geográfica).

6.2. Tratamientos de protección preventiva para la madera

Los tipos de protección que se pueden aplicar a las estructuras de madera son los siguientes:

- Protección superficial: es aquella en la que la penetración media alcanzada por el protector es de 3 mm, siendo como mínimo de 1 mm en cualquier parte de la superficie tratada. Los métodos de tratamiento más adecuados para la aplicación de una protección superficial son el pincelado, pulverización y la inmersión breve.
- Protección media: es aquella en la que la penetración media alcanzada por el protector es superior a 3 mm en cualquier zona tratada, sin llegar al 75 % del volumen impregnable. Los métodos de tratamiento más adecuados son la inmersión prolongada, la inmersión caliente y fría los sistemas de impregnación por autoclave.

- Protección profunda: es aquella en que la penetración media alcanzada por el protector es igual o superior al 75 % del volumen impregnable. Los métodos de tratamiento más adecuados para conseguir la protección en profundidad son los de impregnación por autoclave: vacío-presión.

Clase de uso	Tipo de protección
1	No necesaria. Recomendable una protección superficial
2	Es necesaria una protección superficial. Recomendable una protección media.
3	Es necesaria una protección media. Recomendable una protección profunda
3.1	Es necesaria una protección media. Recomendable una protección profunda
3.2	Es necesaria una protección media. Recomendable una protección profunda
4	Es necesaria una protección profunda
5	Es necesaria una protección profunda

Tabla 11. Tipo de protección en función de la clase de uso

El tipo de protección requerido viene definido por las clases de uso, según la tabla anterior. Se prescribe el tratamiento mediante la aplicación de una mano de lasur protector insecticida y fungicida como producto de acabado.

Los lasures empleados presentarán, entre otras, materias activas fungicidas e insecticidas, cubriendo la totalidad del espectro de los agentes bióticos deteriorantes de la madera constructiva, con lo cual se refuerza el tratamiento biocida proporcionado por las sales.

Presentarán también propiedades hidrorrepelentes.

Además, al ser los lasures productos de acabado (pigmentados o no), proporcionan protección contra la meteorización y contra la radiación ultravioleta.

Se prescribe como tratamiento protector adicional la aplicación de protector superficial a base de lasures mediante pincelado. Se realiza la aplicación de una mano de lasur protector insecticida y fungicida que sirve como protector frente a la radiación ultravioleta, y como regulador de la humedad por sus propiedades hidrorrepelentes.

Los lasures empleados presentarán, entre otras, materias activas fungicidas e insecticidas, cubriendo la totalidad del espectro de los agentes bióticos deteriorantes de la madera constructiva.

Además, al ser los lasures productos de acabado (pigmentados o no), proporcionan protección contra la meteorización y contra la radiación ultravioleta. Tratamiento superficial con Lasur al agua (no disolvente) a poro

abierto, específico para madera, con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, con manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento $\leq 4-S3-C$. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.

7. Tratamientos de protección preventiva para el acero

Se empleará herrajes acero galvanizado S-275JR, para todos los elementos metálicos de la estructura.

8. Mantenimiento

Los elementos de madera deberán ser pintados con la periodicidad que el uso aconseje con lasures o productos no filmógenos (poro abierto) que penetren en el interior de la madera sin formar un recubrimiento superficial.

En ningún caso se aplicarán a la madera barnices o esmaltes ya que además de impedir el intercambio natural de humedad entre la madera y el ambiente, su limitada resistencia a la fotodegradación los hace poco duraderos, dejando la madera desprotegida frente a radiaciones ultravioleta.

En el momento de la realización de las operaciones de mantenimiento, la madera deberá estar seca, con un grado de humedad nunca superior al 18 %.

Así mismo, los elementos metálicos también deberán ser pintados con una cierta periodicidad para evitar la corrosión.

9. Características higroscópicas de la madera

La madera se suministrará con un **contenido de humedad inferior al 18%**. La madera estará **seca y estabilizada con Certificado Técnico por Organismo Independiente**.

La madera es un material higroscópico y por tanto, tiende a absorber o perder agua según las condiciones del ambiente (humedad relativa y temperatura del aire). De esta forma a cada estado ambiental corresponde un grado de humedad de la madera, llamado humedad de equilibrio higroscópico.

La higroscopicidad de la madera se mide como la variación de la densidad de la misma cuando su contenido de humedad varía en un 1 por 100.

Así, por ejemplo, una madera colocada en un local a 20º C de temperatura y con una humedad relativa del 40%, alcanzará una humedad de equilibrio del 8%. Es por tanto deseable secarla previamente hasta esta humedad, para que sufra las mínimas alteraciones dimensionales posibles, y no se desarrollen tensiones internas de consideración.

La madera deberá tener la humedad lo más parecida a la humedad de equilibrio higroscópico correspondiente a las condiciones higrotérmicas de servicio. De esta manera se reducen los movimientos que podría tener a causa de la variación de su grado de humedad. A continuación, se indican los grados de humedad aconsejables según su utilización:

En obras hidráulicas:	30%
En medios muy húmedos:	25-30%
Expuestas a la humedad (no cubiertas)	18-25%
Obras cubiertas pero abiertas	16-20%
Obras cubiertas y cerradas	13-17%
En local cerrado y calefactado:	12-14%
En local con calefacción continua:	10-12%

Tabla 12. Porcentaje de humedad con respecto a la protección de la obra a la humedad

La fluctuación de las condiciones ambientales de temperatura y de humedad provocará inevitablemente la aparición de fendas de secado.

9.1. Fendas de secado

Las fendas de secado son inevitables y debidas a la contracción de la madera, provocando fisuras en la dirección radial que se forman como consecuencia del secado de la madera en el tronco apeado o en la madera aserrada y son de mayor tamaño en piezas de gruesas escuadrías.

La aparición de fendas de secado está directamente relacionada con la propiedad física de hinchazón y merma de la madera, produciéndose una variación de las dimensiones de la madera en función del contenido de humedad. Cuando aumenta dicho contenido se hincha, mientras que cuando disminuye se contrae o merma.

Debido a la anisotropía de la madera, las variaciones dimensionales serán distintas en función de la dirección (axial, radial o tangencial). La mayor variación dimensional se produce en la dirección tangencial, seguido de la dirección radial y prácticamente despreciable en la dirección longitudinal.

Estas contracciones de la madera, principalmente por la diferencia entre la contracción radial y tangencial, son las que provocar la aparición de fendas de secado.

La norma europea que regula todo lo referente a las calidades y propiedades de las maderas destinadas al trabajo estructural es la EN 14081-1, que comenta no tener en cuenta la aparición de las fendas, de la siguiente manera: "Si la experiencia y la investigación demuestran que las fendas tienen un efecto significativo en la resistencia de las calidades especiales para componentes específicos, deberán limitarse. En caso contrario deberán despreciarse".

Más específica se muestra la Norma DIN 4074. Parte 1. Clasificación de la madera aserrada para uso estructural (1989):

Esta norma tiene aplicación en la madera de coníferas de las especies pino silvestre, pícea, abeto y alerce. La norma habla claramente sobre las fendas de secado, especificando que son admitidas en todas las calidades consideradas.

Exudados de resina: "La exudación de resinas en maderas se presenta como un hecho habitual. No es por tanto un defecto del material. Es común que las maderas contengan resinas en su composición, aunque varía, de modo considerable, el porcentaje en su conformación. Las coníferas como los pinos, los abetos y los cedros son las especies más usadas, de textura blanda, suelen distinguirse por su mayor contenido de resina en la superficie.

Estas resinas son disueltas en alcohol industrial o solventes y aparecen más comúnmente en la superficie ante la presencia de altas temperaturas y humedad ambientales. Deben ser eliminadas antes de pintar con el lasur protector"

10. Certificaciones y ensayos

Se exigirán los siguientes certificados y ensayos verificados por centro tecnológico independiente, sobre los siguientes aspectos:

10.1. Certificados

- Cálculo de la estructura conforme a las normativas referidas.
- Especie de la madera: Nombre comercial y nombre botánico (Pino silvestre, Pinus sylvestris).
- Certificado de procedencia de gestión sostenible PEFC o similar.
- Certificado de propiedades mecánicas: Clases resistentes.

- Certificado de tratamiento protector para la clase de uso 4 de acuerdo con la norma UNE-EN 335.
- Certificado de ensayo dinámico en el que se determinen los parámetros dinámicos estructurales (modos de vibración y sus frecuencias correspondientes).
- Certificado de Huella de Carbono **según lo establecido en el RD 163/2014** por Organismo Técnico Independiente.
- Certificado de clasificación de resbaladicia ($R_d > 45$) de tablón de piso, por Organismo técnico Independiente.
- Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) para la MLE.

Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) N°607/2012 y Reglamento (UE) N°995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas

- **Certificados de Pintura.**

Tratamiento superficial con Lasur al agua (no disolvente) a poro abierto, específico para madera, con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, con manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento $\leq 4\text{-S3-C}$. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.

10.2. Ensayos

- **Ensayos estáticos:** El proyecto de la pasarela incluirá un “Protocolo para la realización de Prueba de Carga”, en el que se definirán los pasos y los parámetros que la pasarela deberá verificar durante la ejecución de una prueba de carga.
- **Ensayos dinámicos:** La norma IAP-11 señala como preceptivas las pruebas de carga dinámicas en zonas de tránsito peatonal en las que se prevea que las vibraciones puedan causar molestias a los usuarios.

10.3. Sellos o marcas de calidad

- **Marcado CE:** Toda la madera llevará marcado CE, del que se exigirá la documentación correspondiente. La MLE dispondrá igualmente de Certificado DAP.

- **Gestión forestal sostenible**

A efectos de garantizar la TRAZABILIDAD y la CAPACIDAD/EXPERIENCIA en todo el proceso que concierne al actual proyecto, se exigirá

- Sello de Cadena de Custodia Sello PEFC ó FSC a todas las entidades involucradas en el mismo (y no sólo a los proveedores nominados), desde la obtención de la materia prima hasta la colocación del producto final.
- Y, en concreto, el licitador y/o ejecutor final directo (subcontratista nominado para la ejecución de la partida de madera y no sólo sus proveedores) tendrá certificado de gestión forestal **sostenible sello PEFC ó FSC en CdC (Cadena de Custodia)**. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.

- Declaración SDD

11. Checklist de cumplimiento de Pliego Técnico

A modo de resumen se presenta el siguiente cuadro

RELACIÓN TÉCNICA DE PRESTACIONES DEL PUENTE	
COMPROBACION-1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS NUEVA PASARELA Y SOBRE LA UNIDAD DE OBRA	Verificación de cumplimiento (SÍ/NO)
PROYECTO TÉCNICO PROPIO (acorde o mejorando, el Pliego Técnico del Proyecto) El adjudicatario deberá presentar la documentación técnica de la estructura que proponga, firmada por técnico competente que garantice las condiciones estructurales y de servicio requeridas a este tipo de estructuras según normativas en vigor (25 de marzo entró en vigor la Orden Circular 1/2019 por la que todos los puentes y pasarelas se calculan con los Eurocódigos) Eurocódigo 0: Bases de cálculo de estructuras (Eurocode 0: Basis of structural design), Eurocódigo 1: Acciones en estructuras (Eurocode 1: Actions on structures), Eurocódigo 5; Proyecto de estructuras de madera Parte (Eurocode 5: Design of timber structures), Eurocódigo 8: Proyecto para la resistencia al sismo de las estructuras (Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance), IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera publicada por el Ministerio de Fomento, en su versión más reciente del año 2011 El ámbito de aplicación de la IAP está íntegramente contenido dentro del ámbito del Eurocódigo 0, Bases de cálculo, y del Eurocódigo 1, Acciones sobre las estructuras. Se requiere un capítulo específico relativo el recálculo y comprobación de los elementos y de sus uniones.	
TÉCNICO COMPETENTE Identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto liberando de toda Responsabilidad. Nota importante: "competente" en el sentido que lo exige y requiere La Administración Pública, RESPONSABILIZÁNDOSE y LIBERANDO TODA RESPONSABILIDAD AL PROYECTISTA ORIGINAL, DIRECCIÓN FACULTATIVA y/o PROPIEDAD . Se valora positivamente que dicho Proyecto sea Visado por el Colegio Profesional.	
DURABILIDAD/VIDA ÚTIL DEL PUENTE Requisitos de durabilidad: Cumplimiento de las condiciones de durabilidad de "Design Guidelines for Wood in Outdoors Above ground Applications" de la SP Technical Research Institute of Sweden. Se solicita indicación de LA VIDA ESTRUCTURAL ÚTIL del puente que, en cualquier caso, NO DEBE SER INFERIOR A 30 AÑOS .	
MADERA LAMINADA ENCOLADA (MLE) DE CALIDAD NO INFERIOR A GI30h PARA TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES La estructura definida en este proyecto, se realiza en Madera Laminada Encolada (MLE) de pino silvestre con protección profunda para la clase de uso IV ANTES DE LAMINAR y con una calidad estructural GI30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) (TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO SOLO LAS VIGAS PRINCIPALES SERÁN DE MLE). Incluso el pasamanos (aunque no sea estructural) será en MLE	

DISEÑO Y CÁLCULO DE SECCIONES CON SECCIÓN ÓPTIMA EQUIVALENTE La sección óptima equivalente es un parámetro adimensional de diseño que relaciona superficie de exposición de la pieza resistente con el volumen de madera empleada. Con un $I_c < 15$ se busca limitar el uso de piezas muy esbeltas y aumentar por diseño la durabilidad natural. Confirmar que se utiliza este criterio de optimización de sección con el objeto de elegir entre las posibles secciones de cálculo aquella que haga que la "sección activa" frente a la humedad sea menor y concentrarnos pues el cálculo de las secciones en la "sección pasiva" con respecto a la humedad.	
HERRAJES METÁLICOS Comprobar calidad ST275JR – en Acero Galvanizado en Caliente	
INCORPORAR CÁLCULO DINÁMICO Estudios dinámicos. Vibraciones. Como parte del Proyecto Constructivo de Detalle que deberá entregar el Fabricante del Puente se deberá aportar el cálculo dinámico indicando los diferentes modos de vibración vertical correspondientes a las frecuencias naturales de la estructura. Este análisis es necesario para verificar que las frecuencias de la estructura se encuentran en los valores admitidos por la normativa, y pueden ser enfrentadas con los valores obtenidos mediante un ensayo dinámico posterior.	
TMD (Tuned Mass Damper) (Amortiguador de Masa Sintonizada) Se colocarán uno o varios amortiguadores TMD (Tuned Mass Dampers) (amortiguador de masa sintonizados) sintonizados con las frecuencias características de la estructura, localizadas dentro del rango crítico, en las que las aceleraciones medidas superen los valores recomendados en normativa.	
INCORPORAR CÁLCULO MOVIMIENTO SÍSMICO Comprobar que dicho cálculo también es realizado	
MA (Madera Aserrada)- Calidad Estructural C24 Quitamiedos, barrotillos y tablón de piso según secciones óptimas de MA.C24/sup (Madera aserrada) de acuerdo con los principios establecidos en el Eurocódigo 5	
ECODISEÑO Y PIEZAS DE SACRIFICIO Protección por ecodiseño y piezas de sacrificio	
DISPOSITIVOS PARA MONITORIZACIÓN DINÁMICA Dispositivos de monitorización dinámica uniaxial DMD-2BT bimodal flexión torsión. Certificado de Rango de Frecuencia de Vibraciones 3/sup. mediante ensayo de análisis modal experimental.	
RESBALADICIDAD TABLÓN DE PISO Tablón de piso con clasificación de resbaladicia (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente.	
ANTIDESLIZAMIENTO Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladicia 3 con resistencia al deslizamiento Rd>45) según CTE DB SU, certificado por Organismo Técnico Independiente.	

<u>CÁLCULO HUELLA CARBONO SIN REBASAR LÍMITE DEL PROYECTO</u>		Se podrá requerir CERTIFICADO al respecto en cualquier fase del proceso de licitación y/o Ejecución, así como visita a las instalaciones.
Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Técnico Independiente según lo establecido en el RD 163/2014. El valor de la huella de carbono será inferior (criterio de diseño) a 1.000,00 kg CO2 por metro de avance lineal del puente		
<u>PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA ESTÁTICAS A REALIZAR POR EL TÉCNICO COMPETENTE QUE FIRMA EL PROYECTO DEL PUENTE</u>		<u>COMPROBACION-3:</u> <u>CONTROL DE CALIDAD</u>
La prueba de carga estática es discrecional por parte de la Dirección Facultativa Y ES RECOMENDABLE SUSTITUIRLA POR UNA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA realizada por una THIRD PARTY INSPECTION que emita informe acreditando el cumplimiento normativo. No obstante, la realización del protocolo de prueba de carga estática forma parte del alcance del fabricante/proyectista del puente, por si la Dirección Facultativa decide realizarla independientemente de que la realización física de la prueba de carga estática no forme parte del alcance del trabajo de esta licitación (a diferencia de la Prueba de Carga Dinámica que Sí forma parte del alcance del trabajo). Protocolo de Prueba de carga estática ESPECÍFICA, redactado por el Proyectista del puente y concordante con las características de diseño y constructivas del proyecto de puente que se pretende ejecutar. Se indicará la metodología de dicha prueba y los valores esperados.		MARCADO CE/DoP (Declaración de Prestaciones). Toda la madera llevará marcado CE, del que se exigirá la documentación correspondiente. Declaración de Prestaciones (DoP: Declaration of Performance), en las que se deben recoger todas las características técnicas necesarias de un determinado producto, acorde a su correspondiente norma de marcado CE.
<u>MANTENIMIENTO</u> Libro de mantenimiento y criterios de diseño utilizados para aumentar la durabilidad de la obra		<u>CERTIFICADO DE CONSTANCIA DE LAS PRESTACIONES / CERTIFICATE CONSTANCY OF PERFORMANCE</u> (verificado por agentes externos) De conformidad con lo especificado en los artículos 8 y 9 del Reglamento (UE) N.º 305/2011 de Productos de construcción, para la realización el Marcado CE.
<u>COMPROBACION-2:</u> <u>PLAN DE OBRA Y CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO</u>		<u>DECLARACION SDD</u> Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) N.º 607/2012 y Reglamento (UE) N.º 995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas.
<u>PLAN DE OBRA / PLANNING</u> Entregar Planing de trabajos para el puente que debe ser acorde con el tiempo/plazo del Proyecto.		<u>SELLO PEFC ó FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA</u> El sello es de la empresa, no de la madera. La CdC (Cadena de Custodia) exige a todas las entidades involucradas en el mismo (y no sólo a los proveedores nominados), desde la obtención de la materia prima hasta la colocación del producto final que tengan uno de lo dos (o los dos) sellos para asegurar la trazabilidad/Cadena de Custodia. Y, en concreto, el licitador y/o ejecutor final directo (subcontratista nominado para la ejecución de la partida de madera y no sólo sus proveedores) tendrá certificado de gestión forestal sostenible <u>sello CdC-PEFC ó CdC-FSC en Cadena de Custodia</u> . Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.
<u>Certificado de DISPONIBILIDAD de madera emitido por Organismo Técnico Independiente.</u> Con el objeto de verificar y validar el planning presentado, solicitar este certificado de disponibilidad tanto en MA (Madera Aserrada) como sobretodo de MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) ya que su correcta fabricación puede suponer entre 3 y 4 meses		<u>CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA</u> (Pinus Sylvestris) <u>CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA</u> * Clase Gl30h para la MLE (toda la madera estructural será MLE). Se adjuntará una "Declaración de Prestaciones" específica de este producto. * Clase C24 para la MA (sólo tablón de piso y barrotillos de la barandilla)
<u>SOLVENCIA TÉCNICA PARA EJECUTAR LA PASARELA</u> (Recursos Humanos y Materiales) EXPERIENCIA: Relación de, al menos, tres obras SIMILARES de PUENTES DE GRANDES DIMENSIONES, de igual o mayor tamaño al que se licita, ejecutadas en el curso de los últimos cinco años. Aportar los CBE (Certificados de Buena Ejecución) verificando que la luz libre entre apoyos es igual o mayor que la que se solicita en la presente licitación		<u>DECLARACIÓN / CERTIFICADO DE LA CLASIFICACIÓN VISUAL DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA GL30h utilizada.</u> Prepared according to recommendations of German Laminated-Wood Research Laboratory (Association) (Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.).
INSTALACIONES, MEDIOS MATERIALES Y MAQUINARIA: El proceso de fabricación, se realizará mediante prefabricación en instalaciones adecuadas donde se pueda presentar el puente previamente para su verificación, comprobación y validación.		<u>CERTIFICADOS DEL FABRICANTE DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA ISO 9001 y 14001</u> <u>CERTIFICADOS DE LOS ADHESIVOS UTILIZADOS</u> para la fabricación de la madera laminada encolada (entre láminas) y también de las uniones (fingerjoints) junto con sus hojas de seguridad

<u>CERTIFICADO DE MEDIDAS FINALES DE LAS LÁMINAS DE LA MADERA</u> La madera laminada encolada destinada a clase de servicio 3 conforme a la Norma EN-1995-1-1 deberá disponer de láminas de espesor $6 \leq t \leq 35$ (mm).		Respuesta vibratoria REAL de las pasarelas de madera. Como refleja la IAP-11 se considerará verificado el estado límite de servicio de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera de los rangos críticos de vibración: Entre 1,25 y 4,60 Hz para vibraciones verticales y entre 0,5 y 1,2 Hz para las vibraciones laterales. Para ello Se determinarán en proyecto los parámetros dinámicos estructurales (Módulos principales de vibración y sus frecuencias correspondientes)	
<u>CERTIFICADO D.A.P (Declaración Ambiental de Producto), DEL PRODUCTO FABRICADO QUE ES LA MADERA LAMINADA ENCOLADA.</u> También conocido en su nomenclatura inglesa como EPD (Environmental Product Declaration) conforme a la Norma Internacional ISO 14025, que define los requisitos que deben cumplir estas Declaraciones ambientales, incluyendo la verificación por tercera parte		<u>CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO</u> Certificación de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 emitido por THIRD PARTY INSPECTION	
<u>CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA Y ESTABILIZADA.</u> La MLE (Madera Laminada Encolada) se suministrará con un contenido de humedad inferior al 12% (se exige certificado del fabricante); y la MA (Madera Aserrada) comprendido entre el 18% y el 25% como máximo (se exige certificado del suministrador). La madera estará seca y estabilizada. Se presentará, igualmente, certificado independiente de esta situación por Centro Tecnológico u Organismo Oficial Independiente			
<u>CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA</u> Emitido por la empresa que ha realizado el tratamiento en donde se indique el producto utilizado, hoja técnica y de seguridad del mismo con los niveles adecuados; y hoja de tratamiento y número de seguimiento (trazabilidad) indicando los niveles obtenidos al lote que se ha utilizado en la obra. Se debe indicar también la concentración de kg de sales de biocida, siendo esta igual o superior a la indicada en la datasheet del fabricante y/o organismo notificado para obtener la clase de uso IV y/o NTR-A			
<u>CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO</u> Tanto del tablón de piso como de las láminas antideslizantes adicionales que se deberán colocar en los accesos ($R_d > 45$ según CTE DB SU) certificado también por Organismo Técnico Independiente.			
<u>BANDAS BUTÍLICAS</u> Colocación de bandas butílicas sobre las caras superiores en todas las zonas susceptibles de presentar acumulaciones de agua con el fin de incrementar la vida útil y reducir las necesidades de mantenimiento.			
<u>CERTIFICADO DE LA PINTURA</u> Tratamiento superficial con Lasur al agua (no disolvente) a poro abierto, específico para madera, con manos de fondo y acabado color castaño (2 manos). Calidad superior. Según parámetros de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento $\leq 4-S3-C$. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.			
<u>CERTIFICADO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA</u>			



32

IV. Normativa de referencia



UNE EN 1990	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.
UNE EN 1995	Eurocódigo nº 5. Proyectos de estructuras de madera
C.T.E.-D.B.-S.E-M	Código Técnico de la edificación. Documento Básico SE-M. Seguridad estructural. Estructuras de madera.
C.B. 71 1984	Normativa francesa. Règles de calcul et de conception des charpentes en bois
DIN 1052	Normativa alemana. Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung
UNE EN 1991	Eurocódigo nº 1: Acciones en estructuras
UNE EN 1993	Eurocódigo nº 3. Proyectos de estructuras de acero
Código Estructural	Código Estructural aprobado en el real Decreto 470/2021 del 29 de junio de 2021, que regula las estructuras de hormigón, acero y mixtas hormigón-acero, tanto de edificación como de obra civil
IAP-11	Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras
UNE EN 336	Madera estructural. – Medidas y tolerancias
UNE EN 338	Madera estructural. – Clases resistentes
UNE EN 384	Madera estructural. – Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.
UNE EN 408	Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Propiedades físicas y mecánicas.
UNE-EN 14080	Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos.

UNE EN 1912	Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies.
UNE 56544	Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas.
UNE EN 335	Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Clases de uso: definiciones, aplicación a la madera maciza y a los productos derivados de la madera.
UNE EN 350	Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Ensayos y clasificación de la resistencia a los agentes biológicos de la madera y de los productos derivados de la madera.
UNE-EN 14081-1	Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales
UNE EN 14081-2	Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 2: Clasificación mecánica. Requisitos complementarios para los ensayos de tipo.
UNE-EN 14081-3	Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 3: Clasificación mecánica. Requisitos complementarios para el control de producción en fábrica.
UNE-EN-927-6	Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior. Parte 6: Envejecimiento artificial de los recubrimientos para madera mediante la exposición a lámparas UV fluorescentes y al agua.



34

v.Mantenimiento



1. Introducción

Conscientes de los cuidados que necesitan todos los materiales, y con el fin de prolongar la vida útil de los puentes realizados en madera, se realiza un informe de mantenimiento en el que se propone el *seguimiento y diagnóstico de posibles deficiencias observadas a lo largo de su vida útil así como propuestas de conservación y mantenimiento por parte de la propiedad.*

2. Objeto

El objeto del presente anexo es explicar las características de la madera colocada a la intemperie y proponer una serie de acciones a ejecutar por parte de la propiedad para el mantenimiento de los puentes de madera.

3. Análisis de la situación de exposición

El puente se define como CLASE DE USO 3, en el que la estructura se encuentra al descubierto y a la intemperie, no en contacto con el suelo y sometida a una humidificación frecuente. En estas condiciones, el contenido de humedad de los elementos de madera puede sobrepasar el 20%. El riesgo de ataque por hongos cromógenos o xilófagos es marcado si no se tienen en cuenta las medidas preventivas oportunas.

Para el cálculo estructural, se definió la pasarela como sometida a una CLASE DE SERVICIO 3, en la que las condiciones climáticas conducen a contenidos de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del aire que excede el 85%.

4. Especie de madera

La madera empleada para la construcción de puentes de madera al exterior y sin cubierta es *Pinus sylvestris* (Pino silvestre). La durabilidad natural e impregnabilidad de esta especie de madera se detalla a continuación:

Especie de madera	Albura/Duramen	Durabilidad natural						Impregnabilidad	
		H	T	Insectos xilófagos larvarios					
				L	A	Hb	Hc		
<i>Pinus sylvestris</i>	A	-	S	NA	S	S	NA	1v	
	D	M-pDv	S	NA	S	S	NA	3-4v	

Tabla 13. Durabilidad e impregnabilidad del Pino silvestre

A: Albura

H: Hongos

L: Líctidos

Hb: Hylotrupes bajulus (cerambícido)

D: Duramen

T: Termitas

A: Anóbidos

Hc: Hesperophanes cinnereus (cerambícido)

La **durabilidad natural** de la madera se define como la resistencia intrínseca de la madera frente a las posibles degradaciones que pueden producir cada uno de los agentes destructores de la madera: hongos xilófagos de pudrición, insectos xilófagos de ciclo larvario (anóbidos, cerambícidos y líctidos), insectos sociales (termitas), xilófagos marinos y fuego.

Durabilidad natural	Descripción
M-pDv	Medianamente - poco durable
S	Sensible
NA	No atacable

Tabla 14. Tipos de durabilidad natural

La **impregnabilidad** de una especie de madera es la capacidad que presenta para que un líquido (como por ejemplo un protector) pueda penetrar en su interior. La cantidad de producto que entra en la madera depende del método de tratamiento que se utilice.

Impregnabilidad	Descripción
1v	Impregnable
3-4 v	Poco impregnable – no impregnable

Tabla 15. Tipos de impregnabilidad

Impregnable: muy fácil de impregnar. La madera aserrada puede ser impregnada totalmente con tratamiento a presión sin dificultad.

Poco impregnable: Difícil de impregnar. Después de 3 a 4 h de tratamiento bajo presión se alcanzan sólo penetraciones de 3 a 6 mm.

No impregnable: Prácticamente imposible de impregnar.

5. Agentes de deterioro

Los agentes de deterioro de la madera se suelen agrupar en función de su origen biótico (insectos y hongos) y abiótico (radiación solar y lluvia). A continuación, se detalla un gráfico de estos agentes de deterioro y la influencia que tienen sobre la madera.

PROCESO DE PUDRICIÓN DE LA MADERA NATURAL SIN PROTECCIÓN Y A LA INTEMPERIE

1. AGENTES ATMOSFÉRICOS		
	1.1. SOL	1.2. LLUVIA
ACCIÓN SOBRE:	Superficie (modificación química en el acabado)	Superficie
PROVOCA:	Degradación lignina →pérdida cohesión entre fibras Calentamiento zonal →Aparición fendas superficiales	Aumento contenido humedad
APARIENCIA:	Color grisáceo y aparición surcos superficiales	Aparición fendas superficiales
CONSECUENCIA:	No es un efecto grave en la madera por sí mismo (efecto estético), pero facilita la penetración de otros agentes de deterioro	

Tabla 16. Agentes de deterioro atmosférico

2. AGENTES XILÓFAGOS					
2.1. HONGOS XILÓFAGOS					
	2.1.1. MOHOS	2.1.2. HONGOS CROMÓGENOS	2.1.3. HONGOS DE PUDRICIÓN		
			A. PUDRICIÓN PARDA O CÚBICA	B. PUDRICIÓN BLANCA	C. PUDRICIÓN BLANDA
ACCIÓN SOBRE:	Alimentación de materiales de lumen. No celulosa ni lignina	Alimentación de materiales de lumen	Celulosa (color blanco)	Lignina	Celulosa, pared secundaria
PROVOCA:	No produce pérdidas de resistencia No es peligroso por su mínima acción degradadora.	No produce pérdidas de resistencia No es peligroso por su mínima acción degradadora.	Pérdida caract. Físico-mecánicas. La más grave.	Pérdida caract. Físico-mecánicas.	Pérdida caract. Físico-mecánicas
APARIENCIA:	Esporas en superficie de madera (color oscuro) Pelusilla sobre la superficie	Coloraciones: azulado, tonos verdes, corazón rojo, ...	Color marrón oscuro, con tendencia a agrietarse. Estructuras prismáticas, laminares...	Color blancuzco, aspecto fibroso.	Aspecto final blando o esponjoso (parecido a queso fresco)

NOTAS:	Crean condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición. Fáciles de eliminar con limpieza	Crean condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición superficial		Afecta a madera de frondosas.
--------	---	---	--	-------------------------------

2.2. INSECTOS XILÓFAGOS		
	2.2.1. INSECTOS XILÓFAGOS LARVARIOS	2.2.2. INSECTOS XILÓFAGOS SOCIALES - TERMITAS
ACCIÓN SOBRE:	Huevos: colocados en fendas, ranuras, orificios... Larvas: alimentación de celulosa y lignina	Celulosa de la madera, principalmente a la madera blanda de primavera
PROVOCA:	Larvas: degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas.	Degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas.
APARIENCIA:	Larvas: galerías internas Adulto: agujeros en la superficie de la madera	Galerías paralelas a la dirección de la fibra, con tiras de madera sin degradar entre ellas. Aspecto de hoja de libro
TIPOS Y ATAQUE:	CERAMBÍCIDOS (Carcoma grande): ataca albura coníferas LÍCTIDOS (Polilla): Ataca albura frondosas ANÓBIDOS (Carcoma fina): ppalm.albura coníferas y frondosas europeas ANÓBIDOS (Reloj de la muerte): frondosas previamente atacada por hongos de pudrición CURCULIÓNIDOS (Gorgojos): albura frondosas y coníferas y duramen previamente atacado por hongos pudrición	- <i>Reticulitermes lucifugus Rossi</i> (en Península y Baleares) - <i>Criptotermes brevis Walker</i> (en Canarias) - <i>Kalotermes flavicollis Fabr.</i>
NOTAS:	Su aparición depende de la especie, humedad madera, T ^a y presencia de hongos de pudrición	La T ^a óptima es aprox. 30°C y humedad relativa del aire de 95-100%. A T ^a <2°C se paraliza.
2.3. XILÓFAGOS MARINOS		
	2.3.1. MOLUSCOS XILÓFAGOS (TEREDO)	2.3.2. CRUSTÁCEOS XILÓFAGOS
PROVOCA:	Degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas	Degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas
APARIENCIA:	Degradación no visible desde el exterior. Orificios circulares 0,5-1mm diámetro	Galerías longitudinales <1cm y 2 mm diámetro
NOTAS:	Ataque en aguas transparentes	Ataque en aguas turbias y en aguas transparentes

Tabla 17. Agentes xilófagos

6. Protección de la madera

Una vez conocida la especie de madera a emplear y sus propiedades relacionadas con la protección, su durabilidad natural y su impregnabilidad, la protección preventiva engloba tanto la protección química como la correcta instalación en obra.

Los aspectos que afectan a la protección preventiva de madera se detallan a continuación:

6.1. Clases de uso

Las clases de uso intentan valorar el riesgo de ataques de agentes xilófagos en función del lugar donde se va a instalar la madera. Una vez determinada, teniendo en cuenta las medidas constructivas y la especie de madera, se puede prescribir el tratamiento químico adecuado.

CLASE DE USO	SITUACIÓN A LA INTEMPERIE	EXPOSICIÓN DE LA MADERA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	Cubierto y sin contacto con el suelo	Permanentemente seco	Máxima 18-20%
2	Cubierto y sin contacto con el suelo, con riesgo de humedades	Humectaciones ocasionales	En alguna ocasión >20%
3	Al exterior no cubierto y sin contacto con el suelo	Humectaciones frecuentes	Frecuentemente >20%
3.1	Al exterior por encima del suelo y protegido	Humectaciones frecuentes	Ocasionalmente >20%
3.2	Al exterior por encima del suelo y no protegido	Humectaciones frecuentes	Frecuentemente >20%
4	En contacto con el suelo o con agua dulce	Humectaciones permanentes	Permanentemente >20%
5	En contacto con agua salada	Humectaciones permanentes	Permanentemente >20%

Tabla 18. Clases de uso

Tal y como se apuntó anteriormente, los puentes de madera están sometidos a una **clase de uso 3**, permanentemente expuesto a la intemperie, pero evitando el contacto con el suelo mediante los herrajes de apoyo.

6.2. Medidas de tipo constructivo y de saneamiento

En el caso de los puentes de madera sin techo protector alguna de las medidas que se tienen en cuenta a la hora del diseño, y que se deben de mantener a lo largo de la vida útil del puente, son las siguientes:

- Encuentro de piezas de madera con el terreno: se evita esta situación mediante la colocación de herrajes de apoyo metálicos, que impiden el contacto entre el suelo y la madera.

- Encuentro entre dos piezas de madera al exterior: la durabilidad será mayor si se cruzan las piezas (como es el caso de las cruces de arriostramiento) que si se ejecutan ensambles entre ellas que pudieran producir retenciones de agua.
- Viguetas y vigas: se separan estos dos elementos para evitar la creación de una superficie longitudinal en la que se acumularía el agua de lluvia.
- Tablero de piso: las piezas que forman el tablero de piso se colocan sobre las viguetas, separadas entre sí una distancia suficiente, que facilite la ventilación de la superficie; la cara superior de las piezas de tablero se ejecuta con cantos redondeados para que no se acumulen gotas de lluvia; se deja una separación entre las piezas de 6 a 12 mm para facilitar su movimiento y evitar que se acumulen residuos que pueden provocar retenciones de agua.

En cualquier zona donde se pueden producir acumulaciones de residuos de debe realizar una limpieza periódica que evite la acumulación de agua, formando parte esta labor del mantenimiento de la estructura.

Sólo los elementos directamente expuestos, como son las barandillas y las tablas del pavimento, son elementos no protegidos, que deben considerarse como elementos sometidos al desgaste y deben ser instalados de tal manera que puedan ser reemplazados fácilmente sin herramientas especiales y sin generar costos elevados.

Sólo para los elementos estructurales sería necesaria una protección química preventiva contra ataque de insectos, aunque a todos los elementos de madera que constituyen el puente se les aplica una protección química.

6.3. Métodos de tratamiento

El método de tratamiento es el procedimiento para introducir una cantidad de producto protector en un volumen de madera determinado a una penetración especificada. El éxito de la protección depende de la especie de madera (impregnabilidad), de la calidad del protector y del método de tratamiento utilizado.

Se distinguen dos formas para tratar la madera:

- PASIVA: se basa en la capacidad natural de la madera para recibir o absorber el protector, siendo la cantidad de producto absorbida irregular y no controlable. Se incluye en este primer sistema el pincelado, la pulverización y la inmersión breve.
- ACTIVA: se basa en métodos artificiales (fundamentalmente técnicas de vacío-presión), siendo controlable la cantidad de producto absorbida por la madera con mayor precisión. Este sistema incluye todos los métodos que utilizan el autoclave.

6.4. Elección del tipo de protección

El tipo de protección engloba la elección del producto protector y del método de tratamiento, dependiendo de la clase de uso en la que se encuentre el elemento de madera y queda definido por la penetración y por la cantidad de producto que se introduce en la madera.

Estos dos últimos apartados se explican más detalladamente a continuación aplicados a la madera de *Pinus sylvestris* en puentes al exterior si cubierta.

7. Método y tipo de protección de puentes de madera

7.1. Tipo de protección

La norma de referencia para la elección del tipo de protección es la UNE EN 351-1 "Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores". Esta norma especifica las penetraciones y retenciones requeridas para cada clase de uso en función de la facilidad de impregnación de la madera.

El protector aplicado tendrá una penetración P8, válido para **clase de uso 3** y para **clase de uso 4** en madera fácilmente impregnable, como es el caso del *Pinus sylvestris*. Soportan, por lo tanto, una exposición a la intemperie fuerte.

El tipo de protección requerido viene definido por la clase de uso en que se encuentran los elementos de madera.

CLASE DE USO	TIPO DE PROTECCIÓN
1	No necesaria, recomendable una protección superficial
2	Es necesaria una protección superficial, recomendable una protección media
3	Es necesaria una protección media, recomendable una protección profunda
3.1	Es necesaria una protección media
3.2	Es necesaria una protección media
4	Es necesaria una protección profunda
5	Es necesaria una protección profunda

Tabla 20. Tipo de protección en función de la clase de uso

A todos los elementos de madera de los puentes se les aplica una protección profunda para estar del lado de la seguridad en clase de uso 3.

CLASE DE USO	MADERA FÁCILMENTE IMPREGNABLE	MADERA NO FÁCILMENTE IMPREGNABLE	EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE	CONTENIDO DE HUMEDAD
	P	R	P	R
1	P1	R1	P1	R1
2	P1	R2	P1	R2
3 (3.1 y 3.2)	P4 P8	R3 R3	P1 P5	R3
4	P8	R4	P5	R4
5	P9	R5	En pppio. no recomendabl e	

Tabla 19. Grado de impregnabilidad en función de la clase de uso

R: Retención de la madera

P: Penetración de la madera

A los puentes de madera se les aplica dos tipos de protección:

- **SUPERFICIAL:** El producto protector superficial que se emplea para su conservación es un lasur hidrófugo a poro abierto (GALPI) que, además de protección, le da un acabado más estético a la madera, pudiendo aplicar el color deseado. Se aplican dos manos de este protector sobre la madera tratada en profundidad previamente. El lasur protector de madera es un productor hidrófugo a poro abierto que penetra en el interior de la madera sin formar un recubrimiento superficial y que permite el intercambio natural de humedad entre madera y ambiente, con elevada resistencia a la fotodegradación. Está formado a base de resinas acrílicas puras en dispersión acuosa. Es una combinación de estabilizadores de la luz solar, a base de absorbentes de radiaciones U.V., ceras hidrofugantes y principios biocidas contra la acción de hongos cromógenos (azulado) e insectos (carcoma). La aplicación se realiza mediante pincelado, consiguiéndose un acabado microporoso, transpirable, con gran elasticidad y duración media.
- **PROFUNDA:** El producto protector aplicado son sales hidrosolubles Wolmanit CX-8, cumpliendo las normas EN113 (curativa hongos), EN-43 (curativa carcoma) y EN-117 (curativa termitas), cuya composición es la siguiente:
 - Bis (N-ciclohexildiazeniumdioxo)-cobre: 2,8%

- Hidroxcarbonato de cobre: 13,04%
- Ácido bórico: 4%
- 2-aminoetanol: 30-40%
- Aditivos
- Agua c.s.p. 100%

7.2. Método de protección

La **protección profunda** se consigue con tratamientos con presión mediante el sistema de célula llena, cuyo objetivo es conseguir la máxima retención del protector en la madera tratada. La característica fundamental de este sistema es la realización de un vacío inicial, que extrae el aire del interior de la madera y que facilita que entre más producto. El **sistema Bethell** es el que se emplea y consta de las siguientes fases:

- vacío previo, para extraer parte del aire de la madera
- inyección del protector a presión, que ocupará el lugar del aire extraído
- vacío final para regular la cantidad de protector introducido.

7.3. Vida útil

La vida de servicio de los puentes indica el tiempo durante el cual la madera tratada seguirá desempeñando sus funciones. De forma general, cuanto mayor sean la penetración y la retención, mayor será la vida de servicio.

Algunos fabricantes de productos protectores de la madera aportan los siguientes datos de durabilidad de la madera tratada.

CLASE DE USO	PRODUCTO PROTECTOR	SISTEMA DE TRATAMIENTO EN AUTOCLAVE	DURACIÓN ≥ (AÑOS)
3	Sales hidrosolubles	Vacío - presión	15-30

Esta vida útil puede variar en función de diferentes factores, como son las condiciones específicas de exposición, las condiciones climáticas específicas, la situación, geográfica.

8. Revisiones a realizar por la propiedad

No se pueden evitar daños en la vida de un puente, pero un sistema de mantenimiento e inspección mediante revisiones anuales y una inspección más detallada cada 5 años, permite detectar los posibles daños en un estado en el que es fácil la reparación.

Durante las inspecciones tienen que considerarse los aspectos específicos de la madera como el contenido de humedad, hinchamientos de elementos, deterioros de superficie, astillamientos, fisuras, ...

Los detalles a revisar están directamente relacionados con las medidas preventivas propuestas, tratando de mantener en todo momento las condiciones iniciales de puesta en servicio del puente. Algunos de ellos son los siguientes:

- Encuentro de piezas de madera con el terreno: evitar esta situación mediante la revisión de la vegetación adyacente que pueda ponerse en contacto con el puente. En caso de que la vegetación crezca demasiado y pase a estar en contacto con el puente, aparecerán determinados puntos de humedad constante que no estaba previsto inicialmente.
- Encuentro de piezas de madera con otros elementos: Lo mismo ocurre con cualquier otra construcción que se ejecute posteriormente al puente y que no tenga en cuenta los criterios de protección considerados inicialmente. Es decir, se debe evitar poner en contacto cualquier otro elemento con la madera del puente, para evitar acumulaciones de suciedad y humedad.
- Viguetas y vigas: Revisar los encuentros entre estas piezas y otras, asegurándose de que no hay suciedad acumulada
- Tablero de piso: las piezas que forman el tablero de piso se colocan sobre las viguetas, separadas entre sí una distancia suficiente, que facilite la ventilación de la superficie; la cara superior de las piezas de tablero se ejecuta con cantos redondeados para que no se acumulen gotas de lluvia; se deja una separación entre las piezas de 6 a 12 mm para facilitar su movimiento y evitar que se acumulen residuos que pueden provocar retenciones de agua.
- Herrajes y uniones madera-metal: se revisarán todos los herrajes metálicos de la estructura, así como las uniones madera-pernos, observando si existe algún tipo de aplastamiento de la arandela en la madera provocado por la hinchazón de la madera y que pueda provocar acumulación de agua en este punto.

En cualquier zona donde se pueden producir acumulaciones de residuos de debe realizar una limpieza periódica que evite la acumulación de agua, formando parte esta labor del mantenimiento de la estructura.

9. Propuestas de intervención para el mantenimiento

La propuesta de intervención a realizar en los años posteriores a la colocación del puente para su correcto mantenimiento se refleja a continuación:

9.1. Limpieza del puente

El primer paso, y el más importante, para el mantenimiento de los puentes de madera es la limpieza de los mismos, manteniéndolos en todo momento libres de vegetación adyacente y de suciedad acumulada sobre los elementos de madera, prestando especial atención a las zonas de contacto entre dos elementos distintos de madera, donde suele haber polvo y tierra.

9.2. Preparación de la superficie

Se recomienda un lijado suave previo a la aplicación del lasur protector, cada dos años, con el fin de homogeneizar la superficie y facilitar el agarre de las manos posteriores de lasur.

En esta fase se incluye el lijado en profundidad de las posibles zonas atacadas por vandalismo, como pueden ser pintadas, grabados, quemaduras...

9.3. Aplicación del lasur protector

Se recomienda la aplicación del lasur protector cada dos años con la doble función de mantener la estética inicial del puente y de reforzar el tratamiento superficial, pues se va desgastando mediante la acción de los agentes bióticos (ataques por fotodegradación principalmente). De esta manera se consigue la aplicación de tratamiento superficial también en las fendas de secado que se pudieron haber producido en la puesta en servicio del puente por cambios de humedad, protegiendo estas zonas de la acumulación de agua.

A la vez que se realiza la aplicación del lasur protector, se recomienda la aplicación de masilla en las fendas de secado, así como en los puntos en que se pudo producir alguna incisión.

9.4. Datas adecuadas de ejecución

Las medidas correctivas y de conservación se realizan a la intemperie en el lugar de ubicación de la pasarela, con tiempo seco y soleado, para que la madera esté totalmente seca. Por lo tanto, los trabajos de actuación se realizarán a finales de primavera y verano, en función de las condiciones climatológicas concretas del momento.

9.5. Información y especificaciones necesarias

El programa de mantenimiento propuesto está formado por revisiones anuales. Cada año se deberá realizar una revisión minuciosa del puente, con el fin de detectar posibles daños y se procederá a la aplicación de los tratamientos preventivos necesarios para su correcto mantenimiento.

Cualquier fallo o daño imprevisto detectado durante el tiempo transcurrido entre dichas revisiones deberá ser atendido de forma inmediata sin necesidad de esperar a la siguiente fecha oficial de revisión.



VI. Contenidos mínimos del Dossier de Calidad final requerido



- 2.14 CERTIFICADOS DE TRATAMIENTO ADICIONAL SUPERFICIAL (pintura)
- 2.15 CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA FINALMENTE REALIZADA
- 2.16 CERTIFICADO D.A.P (Declaración Ambiental de Producto) para la MLE GI30h.

- 3) LIBRO DE MANTENIMIENTO
- 4) MEJORAS
- 5) OTROS

De acuerdo a todo lo anteriormente comentado, y en coherencia con ello, Se incluirá, COMO MÍNIMO, la siguiente relación de documentos de acuerdo al siguiente orden y numeración:

1) PROYECTO DE DETALLE Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL LICITADOR

- 1.1 MATERIALES
- 1.2 MEMORIA DE CÁLCULO (Acciones, Cálculos, Hipótesis carga, dimensionamiento, etc.)
- 1.3 ESTUDIOS DINÁMICOS Y MODELO VIBRATORIO OFERTADO
- 1.4 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS
- 1.5 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA
- 1.6 PLANOS
- 1.7 PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA DEL PROYECTO OFERTADO
- 1.8 TÉCNICO COMPETENTE

2) CERTIFICADOS Y SELLOS

- 2.1 CERTIFICADO MARCADO CE
- 2.2 CERTIFICADO CDC “CADENA DE CUSTODIA” (sello PEFC y/o FSC) para proveedor de madera y contratista fabricante del puente. ACTIVIDAD EMPRESA: Madera y construcción; y con un ALCANCE EMPRESA: Producción y montaje de estructuras de madera.
- 2.3 CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO
- 2.4 CERTIFICADO DE TÚNEL DEL VIENTO
- 2.5 CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA
- 2.6 CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA y ESTABILIZADA, emitido por Organismo Técnico Independiente.
- 2.7 CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA
- 2.8 CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA (Pinus Sylvestris)
- 2.9 DECLARACION SDD
- 2.10 CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO
- 2.11 CERTIFICADOS DE TORNILLERÍA
- 2.12 CERTIFICADOS DE MATERIAL BASE PARA HERRAJES
- 2.13 CERTIFICADO DE HERRAJES DE ACERO GALVANIZADO

Para mayor claridad se desarrolla a continuación, punto por punto:

1) PROYECTO DE DETALLE Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL LICITADOR

Este Proyecto Específico deberá adecuarse (y mejorar si cabe) el PROYECTO CONSTRUCTIVO BÁSICO que se ha presentado por parte de la propiedad. El proyecto debe realizarse por parte de TÉCNICO COMPETENTE lo que exige identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto

1.1 MATERIALES

Definición de materiales, dimensiones, técnicas constructivas, mantenimiento, protección y tratamiento.

1.1.a) Especie

La especie de madera utilizada en los elementos de madera aserrada será el Pino silvestre (*Pinus sylvestris*) Según EN 350 en la que se describen las condiciones de durabilidad e impregnabilidad de la especie.

Dado el desconocimiento al respecto, la gran variedad de especies y subespecies; y nombres comerciales poco claros se realiza la siguiente declaración. Por un conjunto de motivos técnicos que incluyen, entre otras, las siguientes: a) falta de durabilidad natural, b) incapacidad de tratamiento c) problemática con el correcto secado, d) gran coeficiente de contracción (hinchado-contracción) que perjudica la estabilidad dimensional de la madera perjudicando el comportamiento de las uniones, del encolado y favoreciendo el aumento de deslamados, deformaciones y también el fendo (y, por tanto, también la penetración de agua líquida que perjudica la durabilidad), etc. quedan expresamente prohibido entre otras especies (o subespecies/variedades) tales como: Picea Abies (también conocida como Pícea, Abeto, Abeto Rojo, etc.), Pseudotsuga (comúnmente llamado también abeto Douglas, pino-abeto, pino Oregón, etc.), Pinus Radiata (también conocido como pino insigne, pino de Monterrey, pino de California, etc.), Pinus Pinaster (conocido también como Pino marítimo, pino resinero, pino negro, etc.), Alerce, etc. y en líneas generales cualquier especie que no tenga durabilidad natural para clase de uso IV o que no sea impregnable para conseguir dicha durabilidad)

1.1.b) Clase resistente

Madera aserrada: La clase resistente de la madera aserrada será, como mínimo C24, a la que le corresponden las siguientes propiedades mecánicas (Norma UNE-EN 338)

Madera laminada: La clase resistente de la madera laminada será, como mínimo Gl30h, a la que le corresponden las siguientes propiedades mecánicas (Norma EN 14080)

1.1.c) Tratamiento profundo de la madera

Se aplicará a la madera el tratamiento en profundidad para CLASE DE USO 4. Se entregará certificado de tratamiento que avale la penetración y retención del protector para la clase de

uso 4 de acuerdo con la norma UNE-EN 335. En la madera laminada, el tratamiento se aplicará antes de laminar

Tratamiento adicional superficial.

◦ La madera tendrá una aplicación adicional de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante lasur al agua (no disolvente) a poro abierto, específicamente para madera, con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, con manos de fondo y acabado color castaño (3 manos).

◦ La pintura comercial aplicada será de calidad superior de modo que LOS VALORES MÁXIMOS obtenidos de un ensayo estándar de resistencia al envejecimiento según lo descrito en la norma UNE-EN 927-6 (Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior. Parte 6: Envejecimiento artificial de los recubrimientos para madera mediante la exposición a lámparas UV fluorescentes y al agua) ofrezca una Variación de Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB (CIE 1976 L*a*b*), implica las variaciones de tres parámetros, Luminosidad "L" y las coordenadas cromáticas "a" y "b").

◦ De igual modo, en aplicación de la norma EN-ISO 4628 (Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos) en donde se valora el aspecto general de las muestras tras el ensayo de envejecimiento habrá de verificarse que no existe síntomas de ampollamiento (según norma EN ISO 4628-2), ni descamación (según norma EN ISO 4628-5); y que el agrietamiento en cantidad, profundidad y tamaño más desfavorable (según norma EN ISO 4628-4) sea \leq al valor 4-s3-c y el valor de enyesado (según norma EN ISO 4628-6) deberá ser ≤ 3 . Por su lado la categoría de Adherencia (según norma EN ISO 2409) deberá ser ≤ 3 .

ENSAYO DE RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL UNE-EN- 927-6 (Valores a no superar)					
Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior. Parte 6: Envejecimiento artificial de los recubrimientos para madera mediante la exposición a lámparas UV fluorescentes y al agua					
Variación Total Color (ΔE) según CIELAB implica Luminosidad "L" + coordenadas cromáticas "a" y "b"	Ampollamiento	Agrietamiento Grado	Descamación	Ensayo Grado	Adherencia Categoría
$\Delta E \leq 7$	NO	$\leq 4\text{-}S3\text{-}C$	NO	≤ 3	≤ 3

Se requiere Certificado emitido por Laboratorio o Centro Tecnológico Independiente al respecto

1.1.d) Humedad

La madera se suministrará con un contenido de humedad inferior al 18%. La madera estará seca y estabilizada. Se presentará certificado independiente de esta situación por Centro Tecnológico u Organismo Oficial Independiente

1.2 MEMORIA DE CÁLCULO (Acciones, Cálculos, Hipótesis de carga, dimensionamiento, etc.)

La definición de las acciones y sus combinaciones, así como el establecimiento de los coeficientes de ponderación, a considerar en el proyecto de puentes y pasarelas de madera deberán estar dentro de las recogidas en la instrucción española IAP-11: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, cuyo ámbito de aplicación está íntegramente contenido dentro del Eurocódigo 0: Bases de cálculo y del Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras. En el ámbito de aplicación de dicha normativa se incluyen las estructuras asimilables a los puentes, las pasarelas para peatones, ciclistas o ciclomotores y a las obras de acompañamiento.

El esquema contendrá de forma separada al menos:

- 1.b.1 Acciones (sobrecarga de uso 5 kN/m²)
- 1.b.2 Cálculos
- 1.b.3 Hipótesis de carga
 - o Carga permanente
 - o Sobrecarga de uso
 - o Nieve
 - o Viento
 - o Sismo
 - o Justificación Cálculo por Túnel de Viento
- 1.b.4 Combinaciones más desfavorables
- 1.b.5 Dimensionamiento (Gl30h)

1.3 ESTUDIOS DINÁMICOS y MODELO VIBRATORIO OFERTADO

Modelo vibratorio del proyecto ofertado. Estudios dinámicos. Vibraciones. Será necesario comprobar mediante estudios dinámicos la adecuada respuesta vibratoria de las pasarelas de madera. Como refleja la IAP-11 se considerará verificado el estado límite de servicio de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera de los rangos críticos de vibración: Entre 1,25 y 4,60 Hz para vibraciones verticales y entre 0,5 y 1,2 Hz para las vibraciones laterales. Para ello Se determinarán en proyecto los parámetros dinámicos estructurales (Módulos principales de vibración y sus frecuencias correspondientes)

1.4 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Soluciones constructivas, re-cálculo y comprobación de los elementos y de sus uniones. Proyecto de estructura de madera con una sección Optima Equilibrada con un coeficiente de correlación menor o igual a 15.

1.5 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA

El cálculo de la estructura de madera se efectuará de acuerdo a la normativa europea en cuanto al cálculo estructural y dimensionamiento de estructuras de madera (UNE EN-1995-1-1 Eurocódigo nº5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación).

1.6 PLANOS

Planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.

1.7 PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA DEL PROYECTO OFERTADO

Protocolo de Prueba de carga dinámica ESPECÍFICO, redactado por el Proyectista del puente y concordante con las características de diseño y constructivas del Proyecto de puente que se pretende ejecutar. Se calculará y se indicará experimentalmente la frecuencia natural real de la pasarela y sus modos de vibración esperados.

1.8 TÉCNICO COMPETENTE

Identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto

2) CERTIFICADOS Y SELLOS

2.1 CERTIFICADO MARCADO CE

Toda la madera llevará marcado CE, del que se exigirá la documentación correspondiente

2.2 CERTIFICADO CdC "Cadena de Custodia" (sello PEFC y/o FSC) para proveedor de madera y contratista fabricante del puente.

A efectos de garantizar la TRAZABILIDAD de la Cadena de Custodia en todo el proceso que concierne al actual proyecto, se exige Sello PEFC ó FSC a todas las entidades involucradas en el mismo (y no sólo a los proveedores nominados), desde la obtención de la materia prima hasta la colocación del producto final.

Y, en concreto, el licitador y/o ejecutor final directo (subcontratista nominado para la ejecución de la partida de madera y no sólo sus proveedores) tendrá certificado de gestión forestal sostenible sello PEFC ó FSC en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.

2.3 CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO

Certificación de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 emitido por Organismo Técnico Independiente.

2.4 CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA

Emitido por la empresa que ha realizado el tratamiento en donde se indique el producto utilizado, hoja técnica y de seguridad del mismo con los niveles adecuados; y hoja de tratamiento y número de seguimiento (trazabilidad) indicando los niveles obtenidos al lote que se ha utilizado en la obra.

44

2.5 CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA y ESTABILIZADA, emitido por Organismo Técnico Independiente.

2.6 CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA

2.7 CERTIFICADO CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA (*Pinus Sylvestris*)

2.8 DECLARACION SDD

Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) N°607/2012 y Reglamento (UE) N°995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas.

2.9 CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO

Tanto del tablón de piso como de las láminas antideslizantes adicionales que se deberán colocar en los accesos ($R_d > 45$ según CTE DB SU) certificado también por Organismo Técnico Independiente.

2.10 CERTIFICADOS DE TORNILLERÍA

Calidad mínima 8.8 zincado según ISO 898

2.11 CERTIFICADO DE MATERIAL BASE PARA HERRAJES

Calidad mínima 505 gr/m² o 70 micras según EN ISO 1461

2.12 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

Calidad mínima 505 gr/m² o 70 micras según EN ISO 1461

2.13 CERTIFICADOS DE TRATAMIENTO ADICIONAL SUPERFICIAL (pintura)

2.14 CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA FINALMENTE REALIZADA emitida por

Organismo Técnico Independiente que incluya, al menos,

- a. Ensayo de análisis de vibraciones mediante IMPACT HAMMER PCB PIEZOTRONICS.
- b. Ensayo de ondas de impacto. Microsecond Timer
- c. Ensayo de frecuencia de resonancia mediante PLG (Portable Lumber Grader)

2.15 CERTIFICADO E.P.D. (Environmental Product Declaration, EPD) o en castellano D.A.P. (Declaración Ambiental de Producto, DAP) de la Madera Laminada Encolada conforme a la Norma Internacional ISO 14025, que define los requisitos que deben cumplir estas Declaraciones ambientales, incluyendo la verificación por tercera parte.

45

3) LIBRO DE MANTENIMIENTO

Se facilitará modelo de Libro de Mantenimiento redactado por la propia empresa y/o empresa externa especializada. En el emplazamiento sólo se verificará el proceso de montaje y colocación del puente.

4) MEJORAS

Se relacionarán una a una indicando en qué consiste cada una de ellas.



VII. Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M)



Nº Uds estimadas	DESCRIPCIÓN RESUMIDA	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
PUENTES DE MLE PREFABRICADO 12,5x2 m			
1	<p>SUMINISTRO en módulos prefabricados (incluye Proyecto Constructivo de Taller realizado por Técnico Competente y Fabricación en taller) <u>PUENTE DE MADERA DE TIPOLOGÍA DE VIGA BIAPOYADA PREFABRICADO EN TALLER</u> de 12,5 metros de luz libre y 2 metros de ancho útil, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto Técnico.</p> <p><u>Descripción resumida de requisitos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Madera Laminada Encolada (MLE) de Pinus sylvestris GL30H con Certificado CE, PEFC/FS, DAP y Dop.</i> - <i>Madera aserrada (MA) Madera Aserrada C24/sup.</i> - <i>Certificado PEFC o FS del adjudicatario o del ejecutor de la unidad de obra en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.</i> - <i>Certificado de Sistema de Diligencia Debida (DSS)</i> - <i>Tratamiento Clase de Uso UV antes de laminar aportando Datasheet del producto y certificados de kg de retención de sales acordes con el grado IV requerido y contenido de humedad antes del tratamiento.</i> - <i>Herrajes HPROTEC.</i> - <i>Certificado de Sección Optima Equilibrada Ic<15</i> - <i>Certificado con clasificación de resbaladididad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente.</i> - <i>Certificado de Huella de Carbono emitido por Organismo Técnico Independiente Realizado por Centro Tecnológico Independiente (Third Party Inspection) según lo establecido en el RD 163/2014 que genere que el valor de la huella de carbono será inferior (criterio de diseño) a 1.000,00 kg CO2 por metro lineal de avance de la pasarela.</i> - <i>Dispositivos de monitorización dinámica uniaxial DMD-2BT bimodal flexión torsión</i> - <i>Ensayo Prueba dinámica certificadas por Organismo Técnico Independiente.</i> - <i>Sistema protección pasiva HBUTILIC y Protección por ecodiseño y piezas de sacrificio PS-X</i> - <i>Sistema de compensación de vibraciones TMD</i> - <i>Protocolo prueba de carga dinámica</i> 	17.475,00 €	17.475,00 €
1	" Transporte Especial y descarga ""in situ"" prefabricado en taller. Operación realizada por personal especializado (preferiblemente mismo personal que se encargó de la	5.000,00 €	5.000,00 €

Nº Uds estimadas	DESCRIPCIÓN RESUMIDA	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
	prefabricación con el objeto de asegurar la integridad del conjunto)"		
1	" Izado con grúas, montaje y conexión de Infraestructura de paso Izado y montaje de cada módulo sobre estribos terminados y conexión de los módulos entre sí. Incluye apoyos y herrajes.	4.000,00 €	4.000,00 €
	Ensayos y Dossier de Calidad <u>ENSAYOS</u> <u>PRUEBA DE CARGA DINÁMICA</u> Realizado por Centro Tecnológico Independiente (Third Party Inspection) que genere un Certificado de Rango de Frecuencia de Vibraciones 3/sup. Mediante ensayo de análisis modal experimental. <u>CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO</u> Realizado por Centro Tecnológico Independiente (Third Party Inspection) según lo establecido en el RD 163/2014 que genere que el valor de la huella de carbono será inferior (criterio de diseño) a 1.000,00 kg CO2 por metro lineal de avance de la pasarela. <u>Realización y entrega del Dossier de Calidad final de obra</u> que contendrá todos los documentos solicitados en los pliegos y otros certificados, incluyendo entre el Proyecto Constructivo de Detalle firmado por Técnico Competente (en el sentido que lo entiende y exige La Administración Pública). Se incluyen entre otros: Certificados CE, PEC, Huella de Carbono, Resbaladididad, Pintura, Calidad Herrajes, Prueba Dinámica, etc.		
	P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material)		29.975,00 €

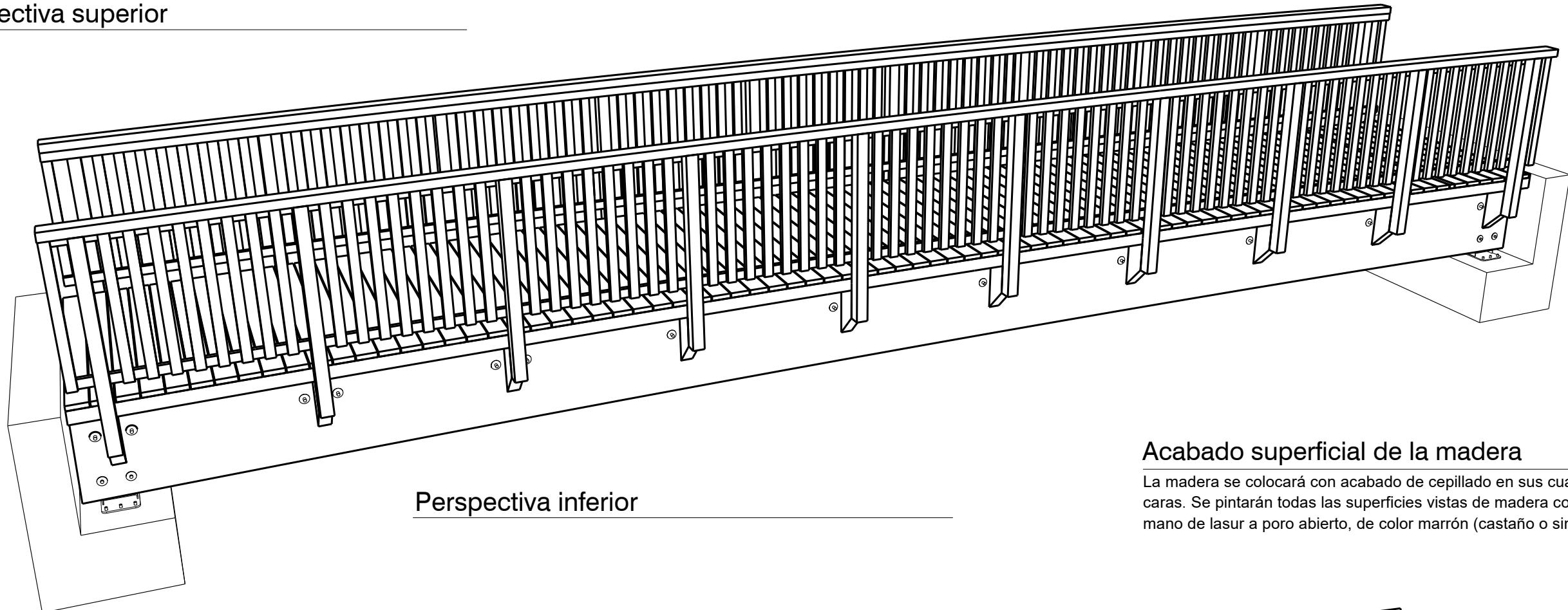


48

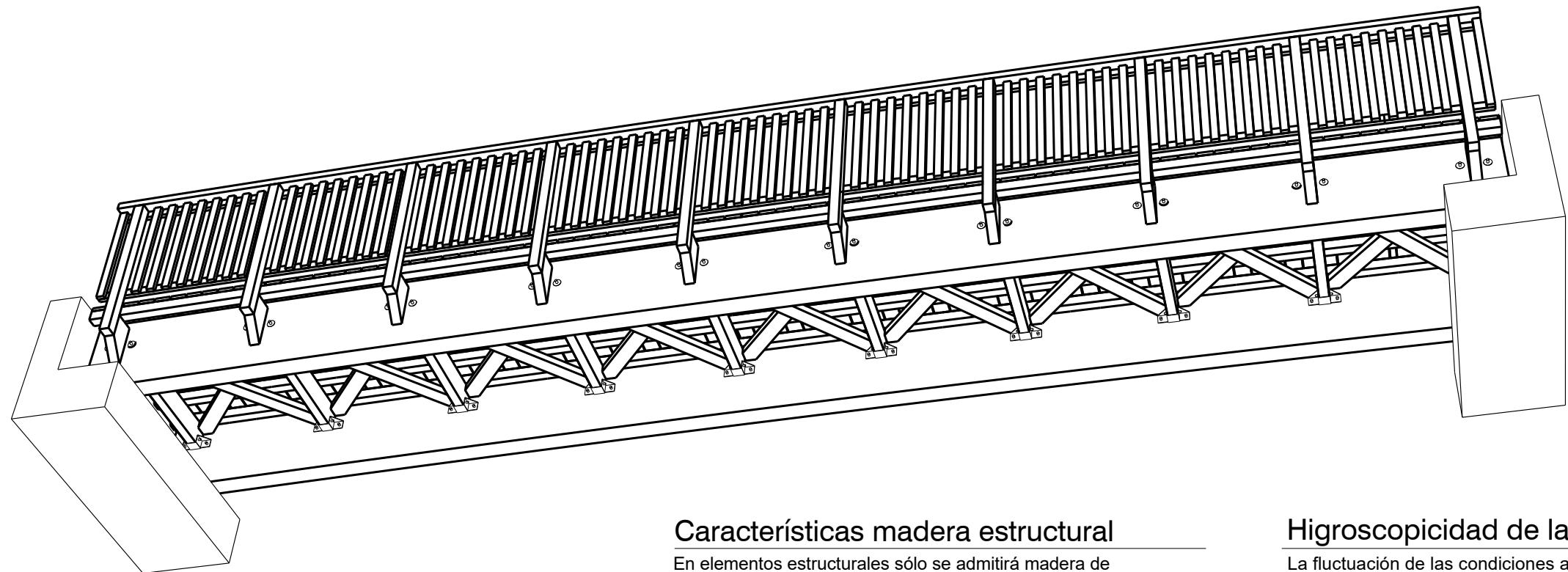
Anexo:

Planos del puente

Perspectiva superior



Perspectiva inferior



Acabado superficial de la madera

La madera se colocará con acabado de cepillado en sus cuatro caras. Se pintarán todas las superficies vistas de madera con una mano de lasur a poro abierto, de color marrón (castaño o similar).

Características madera estructural

En elementos estructurales sólo se admitirá madera de Pino silvestre (*Pinus sylvestris*) tratada para clase de uso IV o NTR-A (previo al laminado en MLE), con certificado de Gestión Forestal Sostenible (PEFC/FSC) cuya trazabilidad será mantenida hasta su puesta en obra.

Higroscopidad de la madera

La fluctuación de las condiciones ambientales de temperatura y humedad provocará inevitablemente la aparición de fendas de secado, admitidas según norma DIN 4074 - Parte 1.



media madera
ingenieros consultores

Polygono Industrial Tabaza II C.P. 33430 Carreño ASTURIAS Tfno:985 516 916
www.mediamadera.com e-mail: odmon@mediamadera.com Fax:985 516 919

PROYECTO PUENTE 12,5 x 2 m ZALDU

CLIENTE DAIR INGENIERÍA

PLANO PERSPECTIVAS

ESCALA SIN ESCALA

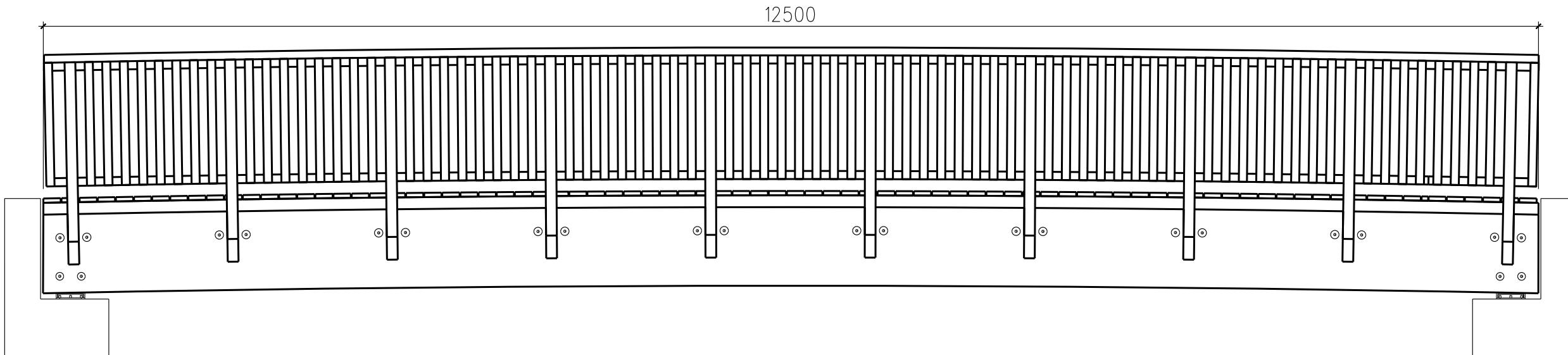
VERSIÓN 1

Dibujado:
D.P.G.
Fecha: 25/07/25

NÚMERO 2507-6524
01

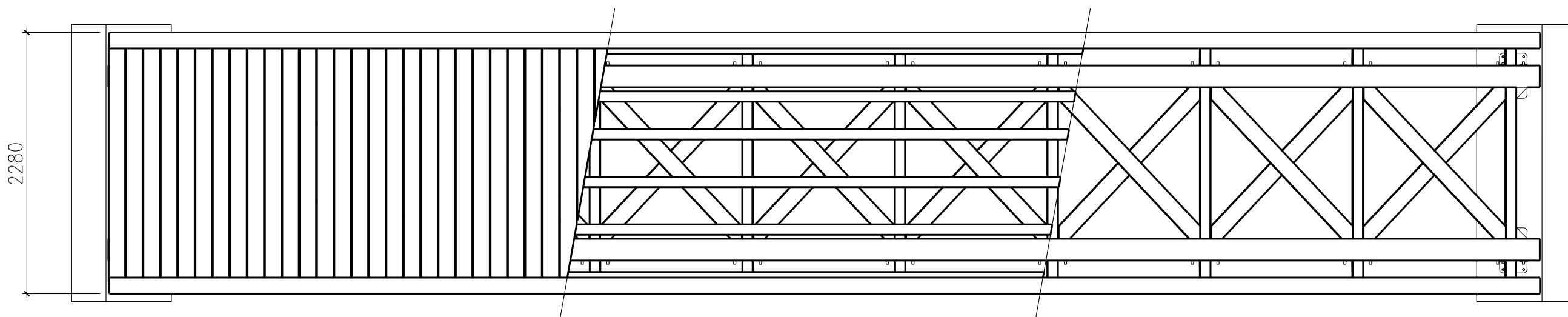
Alzado

Escala 1:40



Planta

Escala 1:40



Clase resistente de la madera laminada

Todos los elementos estructurales serán asimilables, como mínimo, a la clase resistente GL30h según UNE EN 1194, con Certificado DoP (Declaration of Performance) según EN 14080:2013 y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) según ISO 14025

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS, CLASE GL30h

FLEXIÓN:	30 N/mm ²
COMPRESIÓN PARALELA:	30 N/mm ²
COMPRESIÓN PERPENDICULAR:	2,5 N/mm ²
TRACCIÓN PARALELA:	24 N/mm ²
TRACCIÓN PERPENDICULAR:	0,5 N/mm ²
CORTANTE:	3,5 N/mm ²
MÓDULO ELÁSTICO MEDIO:	13,6 kN/mm ²

Clase resistente de la madera aserrada

Todos los elementos estructurales serán asimilables, como mínimo, a la clase resistente C-24, según UNE EN 338, con Certificado DoP (Declaration of Performance) según EN 14080:2013

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS, CLASE C-24

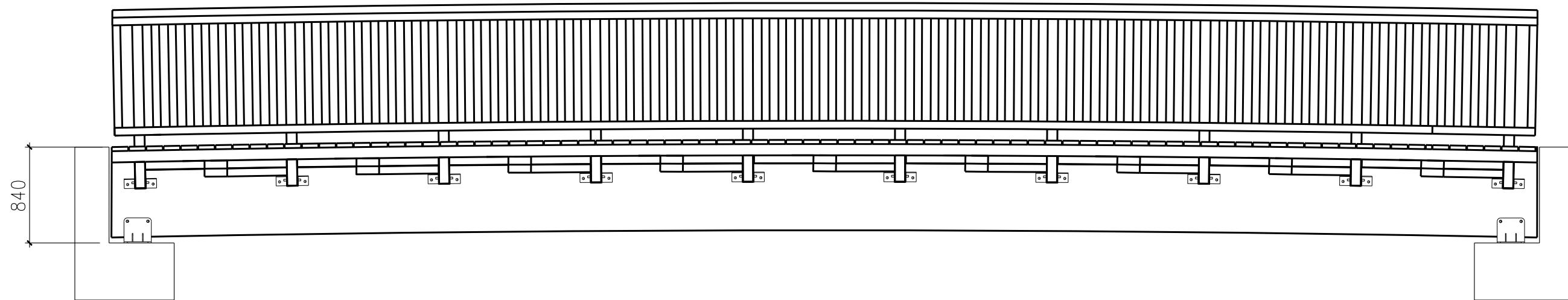
FLEXIÓN:	24 N/mm ²
COMPRESIÓN PARALELA:	21 N/mm ²
COMPRESIÓN PERPENDICULAR:	2,5 N/mm ²
TRACCIÓN PARALELA:	14 N/mm ²
TRACCIÓN PERPENDICULAR:	0,5 N/mm ²
CORTANTE:	2,5 N/mm ²
MÓDULO ELÁSTICO MEDIO:	11 kN/mm ²

Material de herrajes

Los herrajes y elementos metálicos serán de acero galvanizado en caliente, calidad S275 JR.

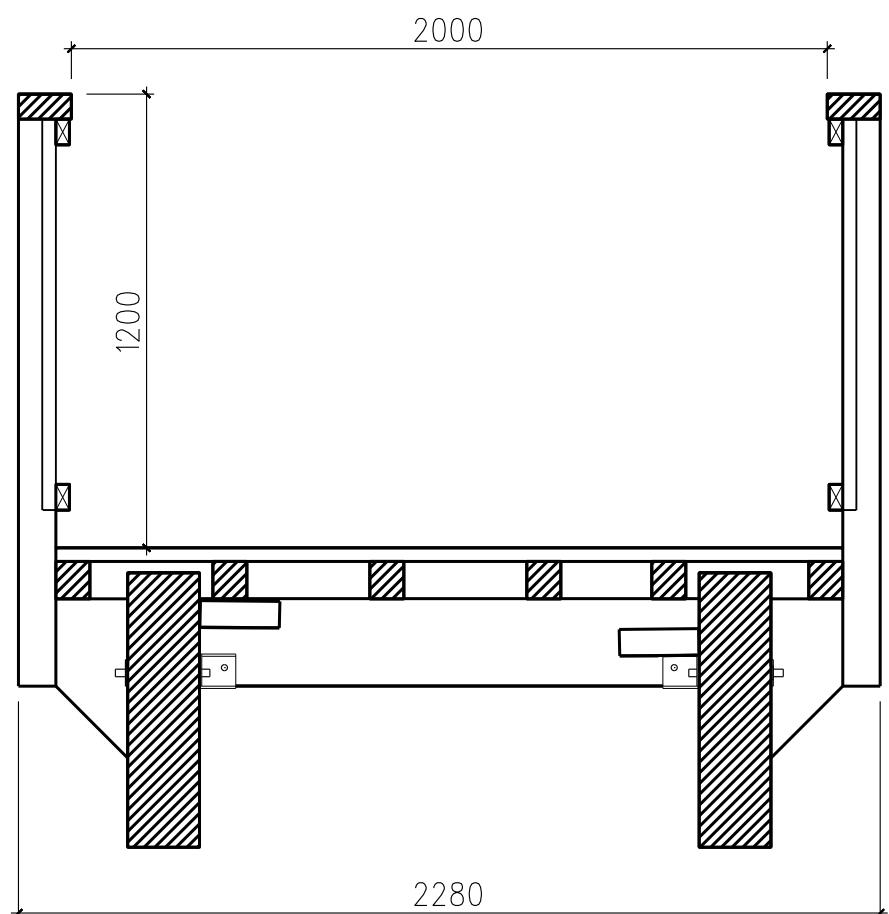
Sección longitudinal

Escala 1:40



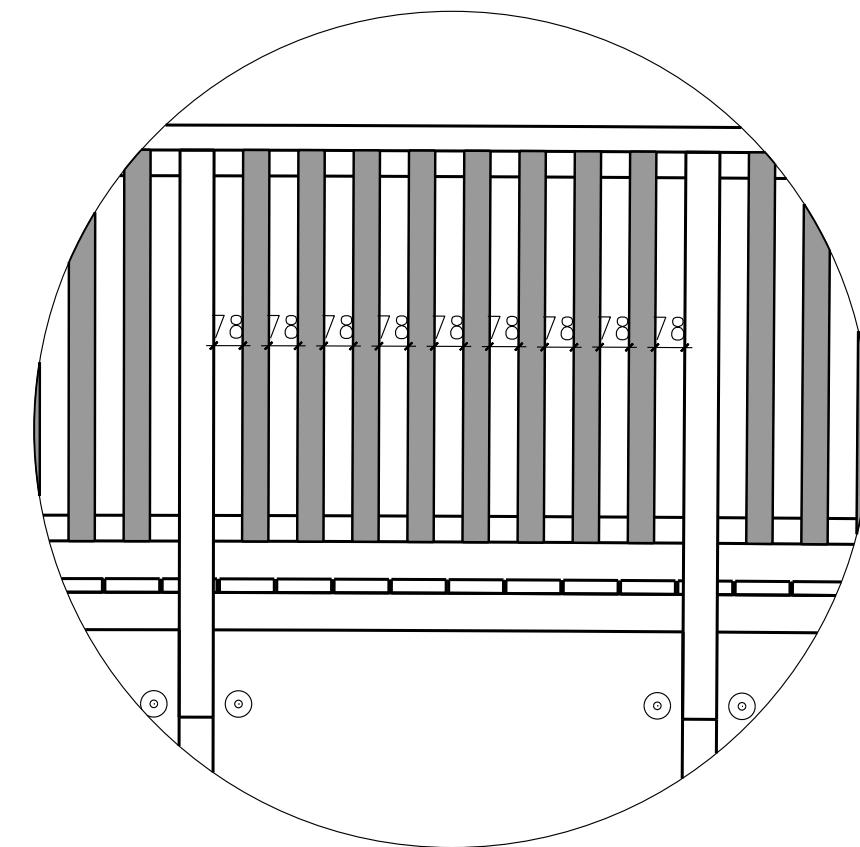
Sección transversal

Escala 1:20



Detalle barandilla

Escala 1:20



Nota: La separación entre barrotillo cumple con la abertura máxima permitida por el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico CTE-SUA, de 100 mm



media madera
ingenieros consultores

Poliгоn Industrial Tabaza II C.P. 33430 Carretera ASTURIAS Tfno:985 516 916
www.mediamadera.com e-mail: odmon@mediamadera.com Fax:985 516 919

PROYECTO PUENTE 12,5 x 2 m ZALDU

CLIENTE DAIR INGENIERÍA

PLANO SECCIONES

ESCALA 1:40 / 1:20

Dibujado:
D.P.G.

NÚMERO

2507-6524

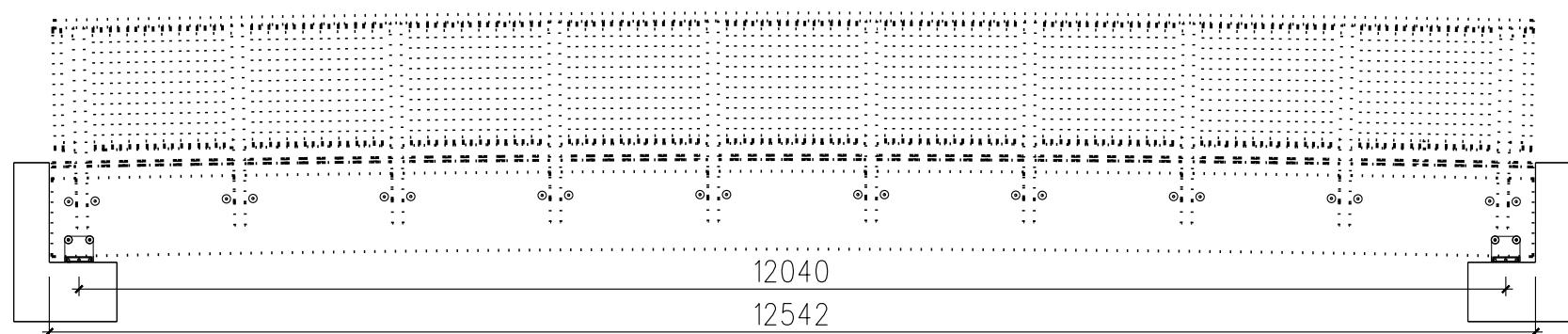
Fecha: 25/07/25

VERSIÓN 1

03

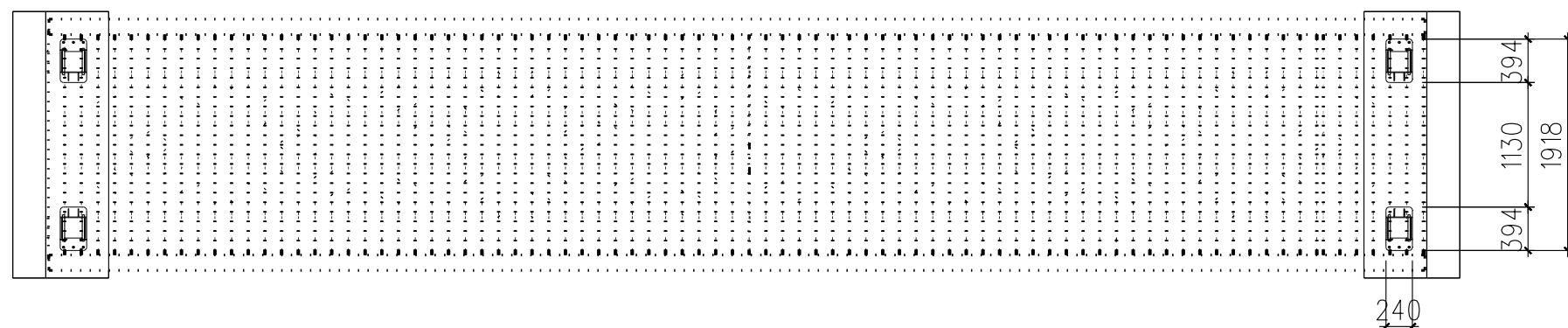
Alzado estribos

Escala 1:60

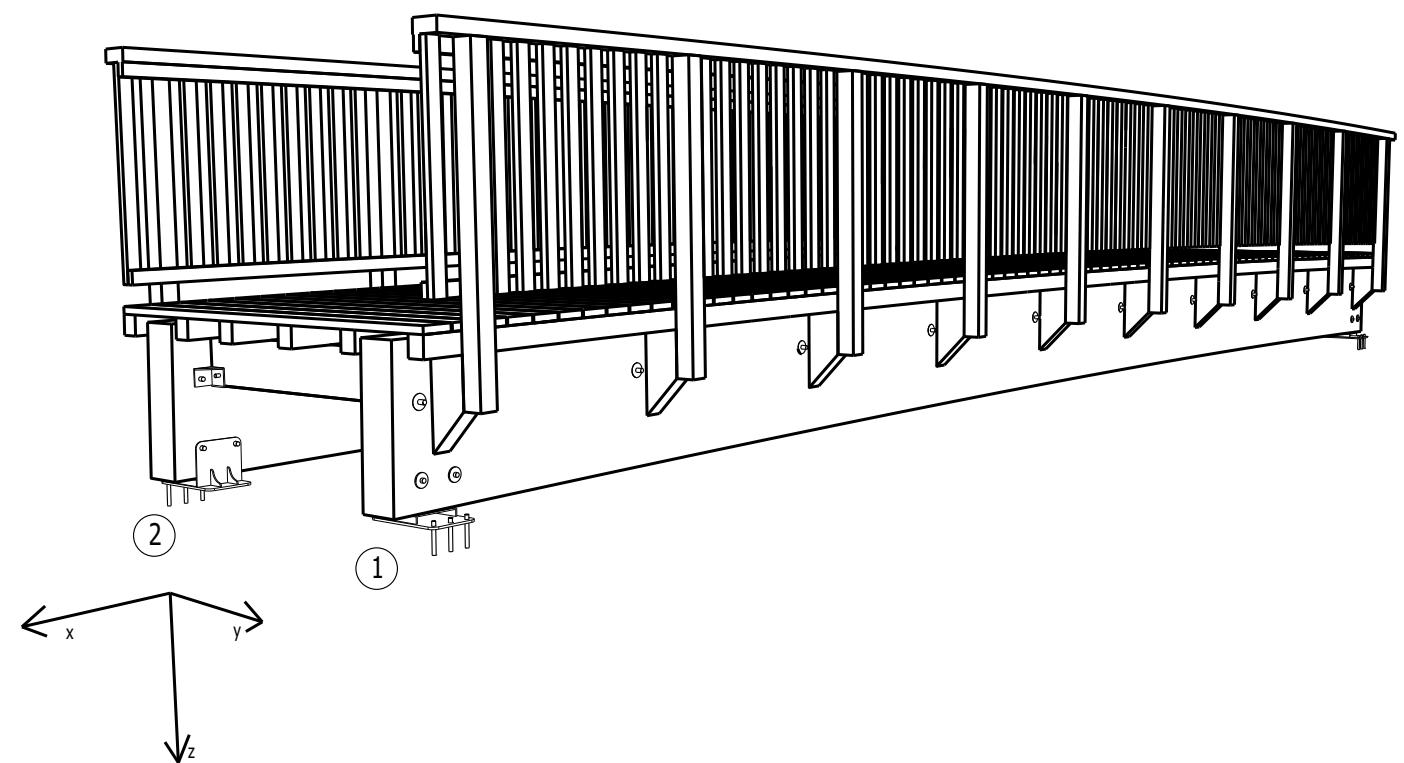


Planta estribos

Escala 1:60



Transmisión de esfuerzos



Transmisión de esfuerzos

Nota 1: *Cargas aplicadas en cada apoyo (x2 para carga en estribo).*

Nota 2: *Las cargas son características, sin mayorar ni combinar.*

Nota 3: *Cargas conformes según lo dispuesto en la norma IAP-11 y en el Eurocódigo 1: Acciones en estructuras.*

PP: Peso Propio

SU: Sobrecarga de Uso

V: Viento

PT: Peso Tubería

Tipo de carga	Cargas en 'Z'			
	z1	z2	z3	z4
PPz	10 kN	10 kN	10 kN	10 kN
SUz	30 kN	30 kN	30 kN	30 kN
Vz	+4 kN	+4 kN	+4 kN	+4 kN
PTz	23 kN	0 kN	23 kN	0 kN

Tipo de carga	Cargas en 'X'			
	z1	z2	z3	z4
SUx	5 kN	5 kN	5 kN	5 kN
Vx	7 kN	7 kN	7 kN	7 kN
PTx	23 kN	0 kN	23 kN	0 kN

Tipo de carga	Cargas en 'Y'			
	z1	z2	z3	z4
SUy	9 kN	9 kN	9 kN	9 kN
Vy	5 kN	5 kN	5 kN	5 kN



media madera
ingenieros consultores

Polygono Industrial Tabaza II C.P. 33430 Correjo ASTURIAS Tfno:985 516 916
www.mediamadera.com e-mail: odmon@mediamadera.com

PROYECTO PUENTE 12,5 x 2 m ZALDU

CLIENTE DAIR INGENIERÍA

PLANO POSICIÓN ESTRIBOS Y CARGAS

ESCALA 1:60

Dibujado: _____
D.P.G.

Fecha: 25/07/25

VERSIÓN 1

2507-6524

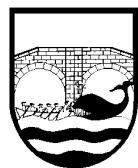
NÚMERO

04

APÉNDICE N°6.2:

CÁLCULOS ESTRUCTURALES

ESTRIBOS



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



ÍNDICE

1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA	2
3. BASES DE CÁLCULO	5
3.1. MÉTODO DE CÁLCULO	5
3.2. ACCIONES CONSIDERADAS.....	5
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD	6
3.4. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN	7
4. CÁLCULOS DE LOS ESTRIBOS	9
4.1. ESFUERZOS	9
4.2. COMPROBACIONES	9



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



1. INTRODUCCION

En el presente documento se desarrollan y justifican los cálculos estructurales que han dado lugar al dimensionamiento de los estribos sobre los que se apoya la nueva pasarela de madera sobre el arroyo Zaldu.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

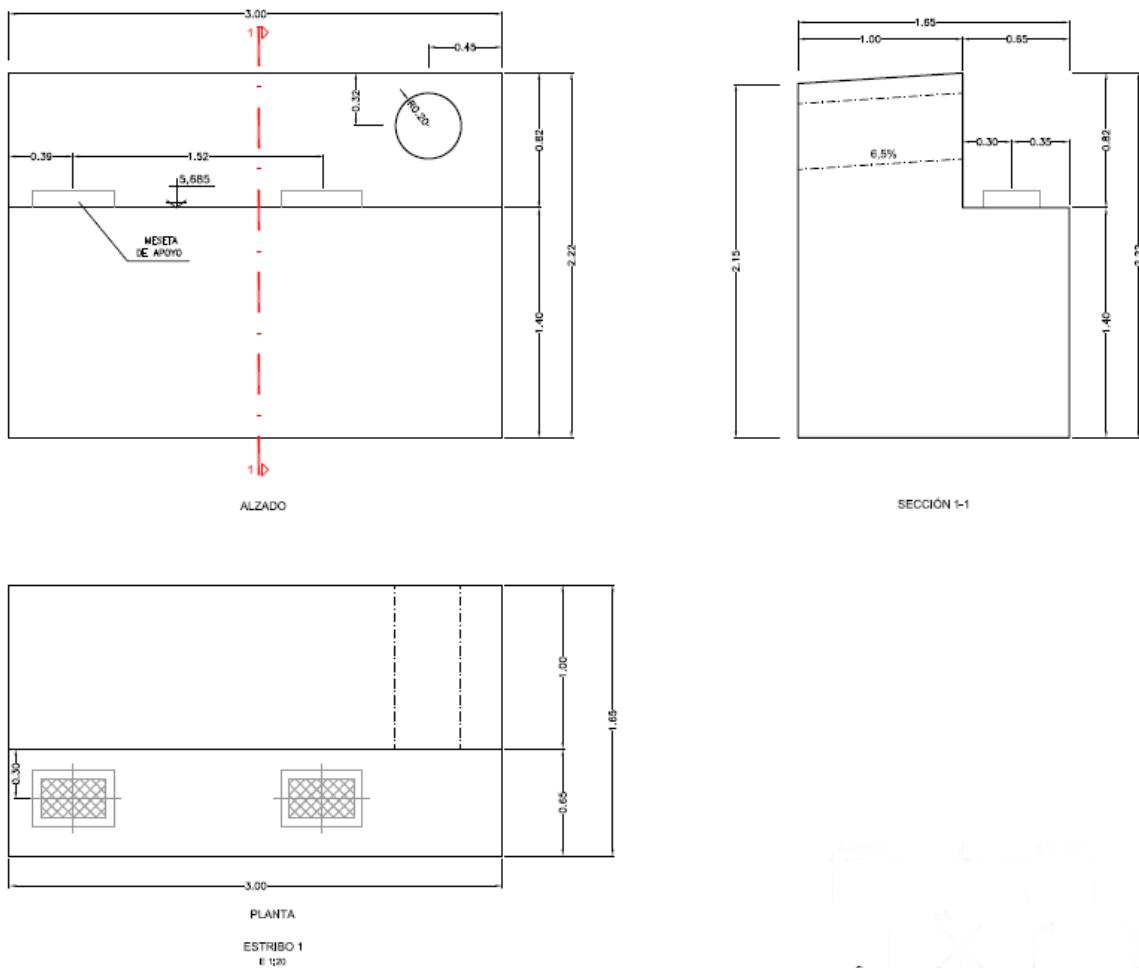
Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



2. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

El tablero de madera de la pasarela se apoyará sobre sendos estribos de hormigón armado, que apoyarán directamente sobre roca mediante cimentación superficial que trabajará a su vez como muro de contención frente a los empujes del terreno o roca en el trasdós. A continuación, se muestra unas imágenes representativas de los estribos proyectados:

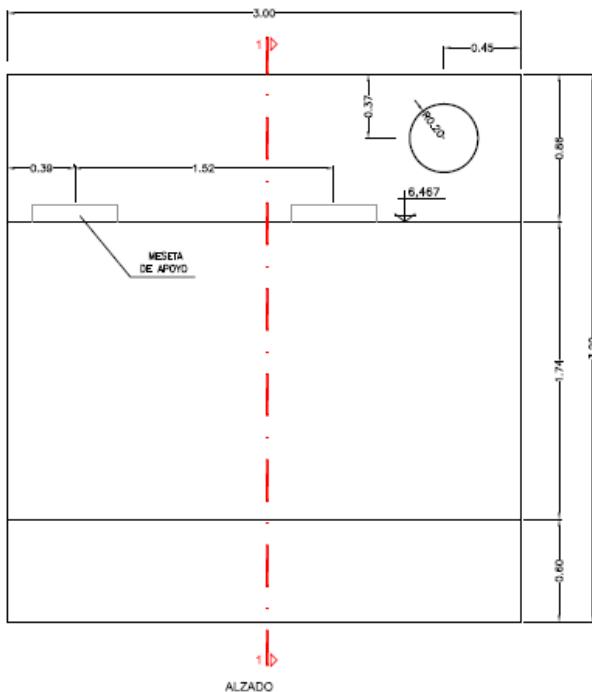
Estrigo 1:



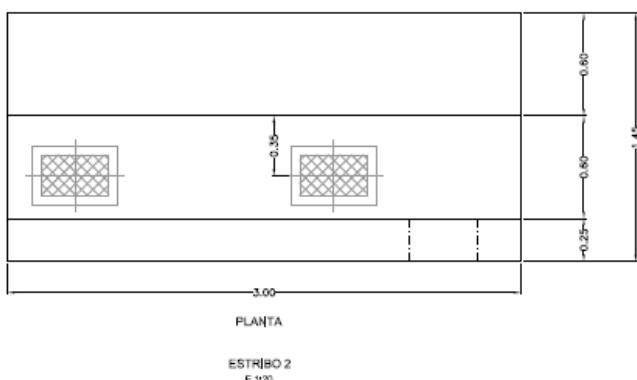
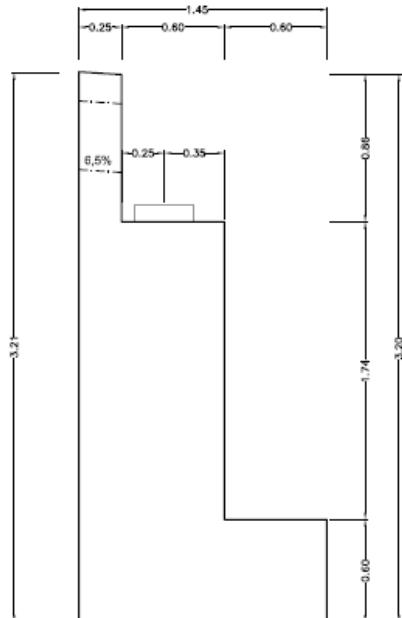
El estribo 1 ubicado al norte de la pasarela, presenta una geometría robusta para garantizar la estabilidad frente al empuje de la roca producido por los descalces de inestabilidades estructurales. La profundidad viene marcada por la excavación en roca proyectada para la apertura del arroyo, de forma que la base de la cimentación quede empotrada al menos 0.5 m en la roca.



Estribo 2:



SECCIÓN 1-1



El estribo 2, ubicado al sur del paseo patonal, se ha dimensionado en forma de muro de contención para salvar la altura entre el nivel bajo dónde queda la cabeza de talud del arroyo y el nivel alto que corresponde con el paseo al que da continuidad la pasarela de madera. De esta manera el estribo tiene forma de L en la coronación y puntera en la base del alzado.

Debido a que se va a llevar la tubería de abastecimiento anclada al tablero de la pasarela, pasará la tubería por el peto de coronación del estribo, lo que ha condicionado el ancho de los estribos, de 3 metros en ambos casos.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



Señalar por último que se ha previsto la disposición de sendas mesetas de nivelación bajo las placas de anclaje del tablero, de manera que en caso necesario permitan ajustar el tablero prefabricado de madera a la rasante de la plataforma proyectada.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



3. BASES DE CÁLCULO

3.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Para el dimensionamiento de la estructura de hormigón armado de los estribos se han realizado las comprobaciones en Estado Límite Último (ELU) y en Estado Límite de Servicio (ELS), según los criterios establecidos por el Código Estructural (RD 470/2021).

3.2. ACCIONES CONSIDERADAS

Las acciones que se han tenido en cuenta en el dimensionamiento de los estribos son las que se enumeran a continuación:

- Reacciones del tablero que se desarrollan en el **Apéndice nº6.1: Proyecto pasarela** y que se muestran a continuación:

PP: Peso Propio

SU: Sobrecarga de Uso

V: Viento

PT: Peso Tubería

Tipo de carga	Cargas en 'Z'			
	z1	z2	z3	z4
PPz	10 kN	10 kN	10 kN	10 kN
SUz	30 kN	30 kN	30 kN	30 kN
Vz	+4 kN	+4 kN	+4 kN	+4 kN
PTz	23 kN	0 kN	23 kN	0 kN

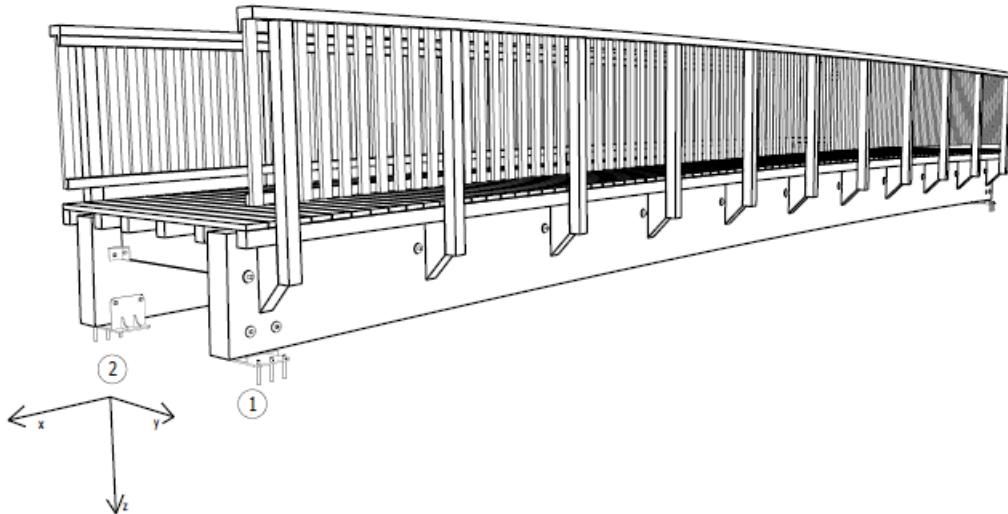
Tipo de carga	Cargas en 'X'			
	z1	z2	z3	z4
SUx	5 kN	5 kN	5 kN	5 kN
Vx	7 kN	7 kN	7 kN	7 kN
PTx	23 kN	0 kN	23 kN	0 kN

Tipo de carga	Cargas en 'Y'			
	z1	z2	z3	z4
SUy	9 kN	9 kN	9 kN	9 kN
Vy	5 kN	5 kN	5 kN	5 kN



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



- Acciones del empuje del terreno: se han considerado los siguientes parámetros del relleno de tierras en el trasdós del estribo sur:
 - o Peso específico rellenos: 18 kN/m³.
 - o Cohesión: $c = 0 \text{ t/m}^2$.
 - o Coeficiente de empuje: $K_a=0,33$.
 - o Ángulo de rozamiento cimiento: 30°.
 - o Ángulo de rozamiento trasdós: 30°.
- Acciones del empuje de roca: en caso del estribo norte, presenta inestabilidades estructurales, estimándose un empuje horizontal de 1,3 t/m²
- Sobrecarga de 5 kN/m² en el trasdós de los estribos de pasarelas, según IAP-11
- Peso propio del estribo con un peso específico del hormigón armado de 2,50 T/m³

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Para los cálculos se ha adoptado hormigón HA-30 ($f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$) y, de acuerdo con el Código Estructural (RD 470/2021), el coeficiente de minoración de la resistencia será $\gamma_c = 1,5$.

Se utiliza un acero pasivo tipo B-500SD ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$) y, de acuerdo con el Código Estructural (RD 470/2021), el coeficiente de minoración de la resistencia será $\gamma_s = 1,15$.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia

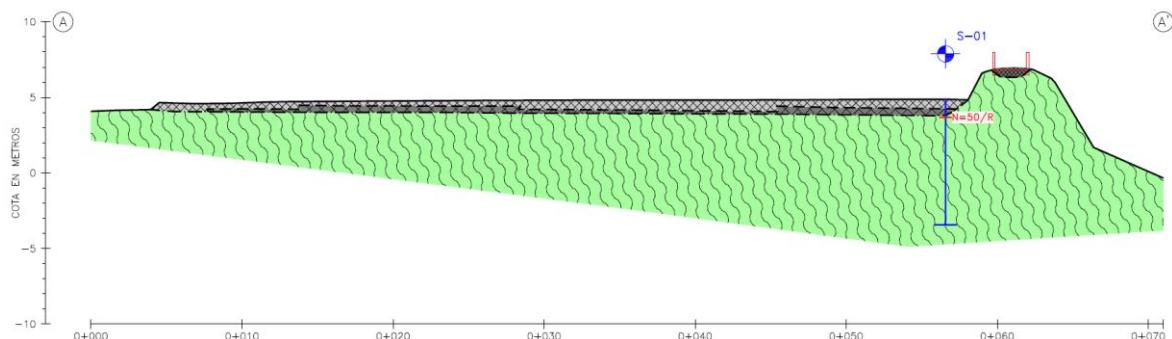


Dado el emplazamiento geográfico de la obra, ha de tenerse en cuenta la proximidad a la costa y la afección del ambiente marino. La clase de ambiente general de exposición para las estructuras de hormigón armado es la XC2, considerándose también la clase específica de exposición XS1. Por tanto, se ha establecido un recubrimiento geométrico de 5 cm y una apertura máxima de fisura de 0,20 mm.

3.4. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN

Tal como se indica en el **Anejo nº3: Geología y geotecnia**, en base al Mapa Geológico del EVE (Ondarroa, 1/25.000) la zona de estudio corresponde a una llanura aluvial donde se observan aluviones (33) de Cuaternario. En cuanto al sustrato rocoso, está compuesto por margas y limolitas calcáreas negras, a veces silíceas, de edad Cretácico Inferior (Albiense).

En el corte de terreno interpretado que se muestra a continuación, se puede observar la distribución en profundidad de las diferentes capas del terreno:



Los estribos de la pasarela se sitúan sobre una cresta de roca no excavada, que se interpreta como roca sana (GM III y II), ya que se han localizado sendos afloramientos en el talud de excavación, al este del sondeo.

A continuación, se resumen las conclusiones y recomendaciones del estudio geotécnico para la ejecución de los estribos:

- Las excavaciones en roca sana necesarias para la construcción de los estribos y sus cimentaciones se ejecutarán con taludes verticales, considerando unas dimensiones máximas de frente /batache de 3 metros de altura por 4 metros de longitud. La longitud podrá ser mayor siempre y cuando la altura disminuya hacia los laterales.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



- Se recomienda considerar para un empotramiento de al menos **medio metro** de la cara inferior de la zapata en la roca sana, una presión admisible de servicio (o tensión de proyecto) del terreno de: **Rd=0,4 MPa / = 4 kg/cm²**
- Además de lo previo, se deberá garantizar que la zapata se ubique al menos a un metro y medio del talud exterior (ubicada junto al río Artibai), con objeto de desvincular las tensiones existentes en la parte más superficial y expuesta de la misma, y así evitar posibles inestabilidades.
- Se recomienda verter una capa de hormigón de limpieza bajo las zapatas inmediatamente después de haberse efectuado la excavación del pozo de cimentación.



ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



4. CÁLCULOS DE LOS ESTRIBOS

4.1. ESFUERZOS

Los esfuerzos actuantes sobre cada elemento que compone el estribo, se recogen al final del documento.

4.2. COMPROBACIONES

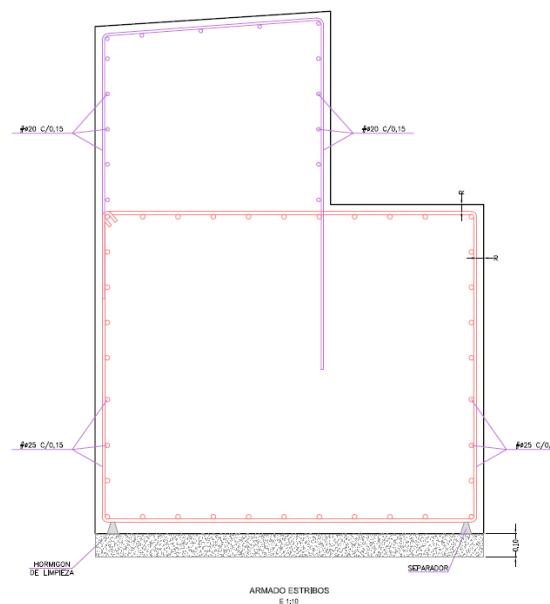
Se han realizado las comprobaciones en Estado Límite Último (ELU) y en Estado Límite de Servicio (ELS) para la estructura de hormigón armado proyectada, según los criterios establecidos por el Código Estructural (RD 470/2021).

Por un lado, se ha comprobado la estabilidad de los estribos con las respectivas comprobaciones de vuelco y deslizamiento.

Por el otro, los cálculos estructurales para el dimensionamiento y comprobación del alzado del estribo se han realizado mediante el software “Prontuario Informático del Hormigón Estructural 3.1.5”, Se incluyen al final del documento.

Según los resultados de dicho dimensionamiento se disponen las siguientes armaduras:

Estribo 1:



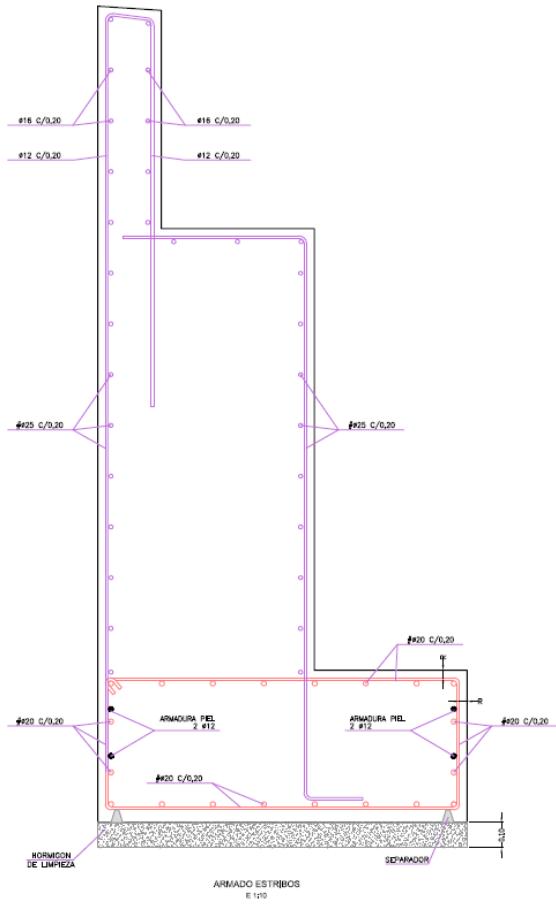


ONDARROAKO UDALA
Bizkaia

Proyecto de apertura del arroyo Zaldu en Ondarroa, Bizkaia



Estribo 2:



ESTABILIDAD ESTRIBO 1

Dimensiones

Altura murete	0,79	m
Espesor murete	1,00	m
Altura estribo	1,40	m
Ancho estribo	1,65	m
Espesor punta	0,00	m
Longitud punta	0,00	m
Espesor talón	0,00	m
Longitud talón	0,00	m
Peso específico hormigon	25,00	kN/m³
Peso específico agua	10,00	kN/m³
Cobertura sobre talón	2,19	m
Peso específico roca	25,50	kN/m³
Peso propio relleno	18,00	kN/m³
Empuje roca	13	kN/m²
Coef empuje activo Kh roca	0,330	
Sobrecarga de uso trasdós	5,000	kN/m²

Acciones estabilizadoras

	F (kN)	b (m)	M (kN.m)
Peso propio murete	14,74	1,15	16,95
Peso propio estribo	57,75	0,83	47,64
Peso propio punta	0,00	0,00	0,00
Peso propio talón	0,00	1,65	0,00
PP pasarela	20,00	0,35	7,00
SU pasarela	60,00	0,35	21,00
P vertical tubería en pasarela	23,00	0,35	8,05
Peso tubería pasante estribo	2,20	0,50	1,10

Acciones destabilizadoras

	F (kN)	b (m)	M (kN.m)
Empuje roca	28,42	0,73	20,71
Empuje terreno	0,00	0,73	0,00
Cortante SU	10,00	1,40	14,00
Cortante tubería	23,00	1,40	32,20
Cortante viento	14,00	1,40	19,60
Empuje SU trasdós	3,61	1,06	3,83

Terreno	ϑ	rad	$\mu = \tan(\phi)$
Angulo rozamiento (º-rad)	30,00	0,52	0,58

Comprobacion Vuelco	ELS1	ELS2	ELS3	ELS4
Acciones estabilizadoras (kN.m)	65,70	80,75	101,75	80,75
Acciones desestabilizadoras (kN.m)	20,71	20,71	38,54	40,31
Coef. Seg. Vuelco	3,17	3,90	2,64	2,00

Comprobacion Deslizamiento

Acciones estabilizadoras (kN)	74,69	175,49	152,49	175,49
Acciones desestabilizadoras (kN)	28,42	28,42	28,42	42,42
Coef. Seg. Deslizamiento	1,52	3,57	3,10	2,39

Tensiones en terreno

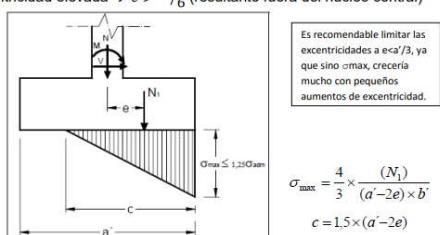
Cargas verticales	F (kN)	e (m)	M (kN.m)
Peso propio murete	19,65	0,33	6,39
Peso propio estribo	57,75	0,00	0,00
Peso propio punta	0,00	0,00	0,00
PP pasarela	20,00	0,00	0,00
SU pasarela	60,00	0,00	0,00
P vertical tubería	23,00	0,00	0,00

Cargas horizontales	H (kN)	e (m)	M (kN.m)
Empuje roca trasdós	28,42	0,73	20,71
SU trasdós	7,00	0,70	4,90

N	180,40	kN
M	31,99	kN.m
e	0,18	m
a/b	0,28	m
c	1,94	m

σ_{max}	185,70	kN/m²	1,86	kg/cm²
σ_{med}	67,72	kN/m²	0,68	kg/cm²

➤ Excentricidad elevada $\rightarrow e > a'/6$ (resultante fuera del núcleo central)



En ambos casos debe comprobarse que:

$$\sigma_{max} \leq 1,25 \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{med} \leq \sigma_{adm}$$

Se admite en los bordes un aumento en la presión admisible, siempre que la presión en el centro de gravedad no exceda la presión admisible

ESFUERZOS ESTRIBO 1

Alzado estribo

Cortante:

Empuje roca	24,57	kN
Empuje SU	10,50	kN
Vd	35,07	kN

Flector:

Empuje roca	17,20	kN.m
Empuje SU	7,35	kN.m
Md	24,55	kN.m

Alzado murete

Cortante:

Empuje roca	13,79	kN
Empuje SU	5,90	kN
Vd	13,79	kN

Flector:

Empuje roca	5,42	kN.m
Empuje SU	2,32	kN.m
Md	7,74	kN.m



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

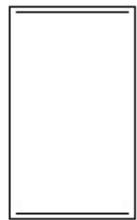
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

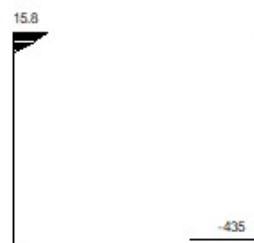
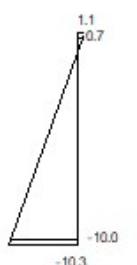
- Sección

Sección : ALZADONORTE
 b [m] = 1.00
 h [m] = 1.70
 r_i [m] = 0.050
 r_s [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

M_d [kN · m] = 20



Plano de deformación de agotamiento

x [m] = 0.161
 $1/r$ [1/m] · 1.E-3 = 6.7
 ε_s · 1.E-3 = 1.1
 ε_i · 1.E-3 = -10.3

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm ²]	Deformación ·1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.050	0.0	0.7	0.0
1.650	32.6	-10.0	434.8

$$At_{est} \text{ [cm}^2\text{]} = 32.6$$

ϕ [mm]	12	14	16	20	25
n°ϕ	29	22	17	11	7
n° capas	2	2	1	1	1
At [cm ²]	32.8	33.9	34.2	34.6	34.4
wk [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Cálculo de secciones a cortante

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

- Control del hormigón

Control normal

- Tipo de elemento estructural

Tipo : elemento sin armadura a cortante

- Sección

Sección : ALZADONORTE
 b_0 [m] = 1.00
 h [m] = 1.70



2 Comprobación

ρ_l [$\cdot 1.E-3$] = 0
 N_d [kN] = 0.0

V_u [kN] = 707.3



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Comprobación del Estado Límite de Servicio de fisuración debido a solicitudes normales

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30
Tipo de acero: B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00

- Ambiente

Clase general de exposición : I
Clases específicas de exposición :

- Geometría de la sección

Sección : ALZADONORTE
 b [m] = 1.00
 h [m] = 1.70

- Armado de la sección

ϕ [mm] = 25



capa	nº barras	Separación [mm]
1	7	32.5

A_s [cm²] = 34.4
 $A_{c,ef}$ [cm²] = 2200.0

2 Resultados

M_k [kN·m] = 20

Separación media entre fisuras sm [mm] = 152.0
Deformación media de las armaduras ϵ_{sm} [$\cdot 1.E-3$] = 0.01

Tensión en las armaduras en el instante de fisuración σ_{sr} [MPa] = 270.4
Tensión en las armaduras en servicio σ_s [MPa] = 3.7
Abertura característica de fisura w_k [mm] = 0.00

Clase de exposición	wk max [mm]	
	Armado	Pretensado
I	0.4	0.2
IIa, IIb, H	0.3	0.2
IIIa, IIIb, IV, F	0.2	Decompreión
IIIc, Qa, Qb, Qc	0.1	



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

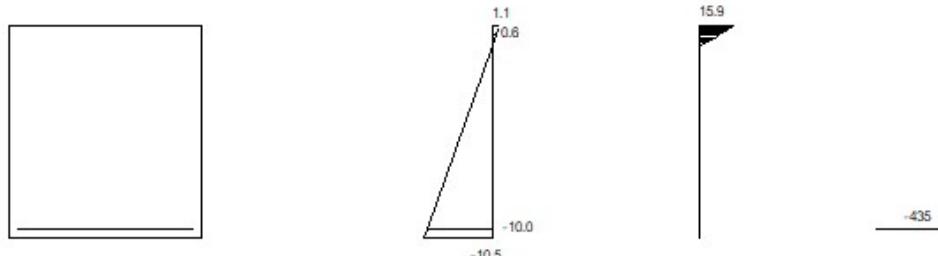
- Sección

Sección : MURETENORTE
 b [m] = 1.00
 h [m] = 1.10
 r_i [m] = 0.050
 r_s [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

M_d [kN · m] = 10



Plano de deformación de agotamiento

$$\begin{aligned} x & [m] = 0.104 \\ 1/r & [1/m] \cdot 1.E-3 = 10.5 \\ \varepsilon_s & \cdot 1.E-3 = 1.1 \\ \varepsilon_i & \cdot 1.E-3 = -10.5 \end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm ²]	Deformación ·1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.050	0.0	0.6	0.0
1.050	21.1	-10.0	434.8

$$At_{est} \text{ [cm}^2\text{]} = 21.1$$

ϕ [mm]	12	14	16	20	25
n°ϕ	19	14	11	7	5
n° capas	1	1	1	1	1
At [cm ²]	21.5	21.6	22.1	22.0	24.5
wk [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Cálculo de secciones a cortante

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

- Control del hormigón

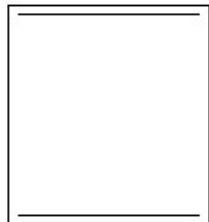
Control normal

- Tipo de elemento estructural

Tipo : elemento sin armadura a cortante

- Sección

Sección : MURETENORTE
 b_0 [m] = 1.00
 h [m] = 1.10



2 Comprobación

ρ_l [$\cdot 1.E-3$] = 0
 N_d [kN] = 0.0

V_u [kN] = 495.1



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Comprobación del Estado Límite de Servicio de fisuración debido a solicitudes normales

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30
Tipo de acero: B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00

- Ambiente

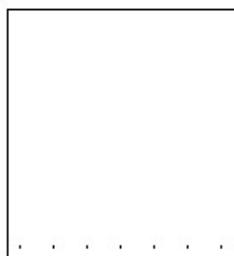
Clase general de exposición : I
Clases específicas de exposición :

- Geometría de la sección

Sección : MURETENORTE
 b [m] = 1.00
 h [m] = 1.10

- Armado de la sección

ϕ [mm] = 20



capa	nº barras	Separación [mm]
1	7	60.0

A_s [cm²] = 22.0
 $A_{c,ef}$ [cm²] = 2100.0

2 Resultados

M_k [kN·m] = 10

Separación media entre fisuras sm [mm] = 225.0
Deformación media de las armaduras ϵ_{sm} [$\cdot 1.E-3$] = 0.01

Tensión en las armaduras en el instante de fisuración σ_{sr} [MPa] = 281.9
Tensión en las armaduras en servicio σ_s [MPa] = 4.6
Abertura característica de fisura w_k [mm] = 0.00

Clase de exposición	wk max [mm]	
	Armado	Pretensado
I	0.4	0.2
IIa, IIb, H	0.3	0.2
IIIa, IIIb, IV, F	0.2	Decompreión
IIIc, Qa, Qb, Qc	0.1	

ESTABILIDAD ESTRIBO 2

Dimensiones

Altura murete	0,86	m
Espesor murete	0,25	m
Altura estribo	2,34	m
Ancho estribo	0,85	m
Espesor punta	0,60	m
Longitud punta	0,60	m
Espesor talón	0,00	m
Longitud talón	0,00	m
Peso específico hormigon	25,00	kN/m³
Peso específico agua	10,00	kN/m³
Cobertura sobre talón	2,60	m
Peso específico roca	25,50	kN/m³
Peso propio relleno	18,00	kN/m³
Empuje roca	0	t/m²
Cobertura sobre punta	0,00	m
Coef empuje activo Kh roca	0,330	
Sobrecarga de uso trasdós	5,000	kN/m²

Acciones estabilizadoras

	F (kN)	b (m)	M (kN.m)
Peso propio murete	4,15	1,33	5,50
Peso propio estribo	49,73	1,03	50,97
Peso propio punta	9,00	0,30	2,70
Peso propio talón	0,00	1,45	0,00
Peso propio relleno sobre punta	0,00	0,00	0,00
PP pasarela	20,00	0,95	19,00
SU pasarela	60,00	0,95	57,00
P vertical tubería	23,00	0,95	21,85
Peso tubería pasante estribo	2,20	0,13	0,28

Acciones destabilizadoras

	F (kN)	b (m)	M (kN.m)
Empuje roca	0,00	1,07	0,00
Empuje terreno	20,08	1,47	29,45
Cortante SU	10,00	2,34	23,40
Cortante tubería	23,00	2,34	53,82
Cortante viento	14,00	2,34	32,76
Empuje SU trasdós	6,27	1,90	11,91

Terreno	e	rad	$\mu = \tan(\phi)$
Angulo rozamiento (e-rad)	30,00	0,52	0,58

Comprobacion Vuelco	ELS1	ELS2	ELS3	ELS4
Acciones estabilizadoras (kN.m)	59,16	100,29	135,44	100,29
Acciones desestabilizadoras (kN.m)	29,45	29,45	64,76	62,21
Coef. Seg. Vuelco	2,01	3,41	2,09	1,61

Comprobacion Deslizamiento

Acciones estabilizadoras (kN)	65,07	105,87	142,87	142,87
Acciones desestabilizadoras (kN)	20,08	20,08	30,08	34,08
Coef. Seg. Deslizamiento	1,87	3,04	2,74	2,42

Tensiones en terreno

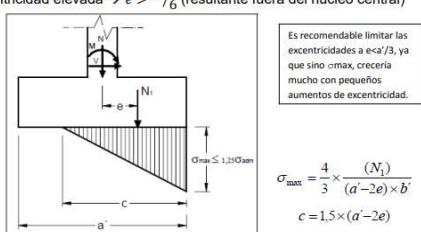
Cargas verticales	F (kN)	e (m)	M (kN.m)
Peso propio murete	5,38	0,60	3,23
Peso propio estribo	49,73	0,18	8,70
Peso propio punta	9,00	0,43	3,83
PP pasarela	20,00	0,18	3,50
SU pasarela	60,00	0,18	10,50
P vertical tubería	23,00	0,18	4,03

Cargas horizontales	H (kN)	e (m)	M (kN.m)
Empuje terreno	20,08	1,47	29,45
Cortante SU	10,00	2,34	-23,4

N	167,10	kN
M	39,82	kN.m
e	0,24	m
a/6	0,49	m
c	3,70	m

σ_{max}	90,45	kN/m²	0,90	kg/cm²
σ_M	67,89	kN/m²	0,68	kg/cm²

➤ Excentricidad elevada $\rightarrow e > a'/6$ (resultante fuera del núcleo central)



En ambos casos debe comprobarse que:

$$\sigma_{max} \leq 1,25 \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{med} \leq \sigma_{adm}$$

Se admite en los bordes un aumento en la presión admisible, siempre que la presión en el centro de gravedad no exceda la presión admisible

ESFUERZOS ESTRIBO 2

Alzado estribo

Cortante:

Empuje terreno	73,15	kN
Empuje SU	8,70	kN
Vd	81,85	kN

Flector:

Empuje terreno	86,31	kN.m
Empuje SU	7,57	kN.m
Md	93,88	kN.m

Alzado murete

Cortante:

Empuje terreno	8,99	kN
Empuje SU	4,30	kN
Vd	8,99	kN

Flector:

Empuje terreno	2,58	kN.m
Empuje SU	1,85	kN.m
Md	4,43	kN.m

Zapata Puntera

Cortante:

Peso zapata	12,15	kN
Reacción terreno	28,69	kN
Vd	16,54	kN

Flector:

Peso zapata	3,65	kN.m
Reacción terreno	34,44	kN.m
Md	30,80	kN.m



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

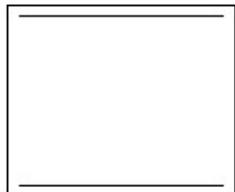
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

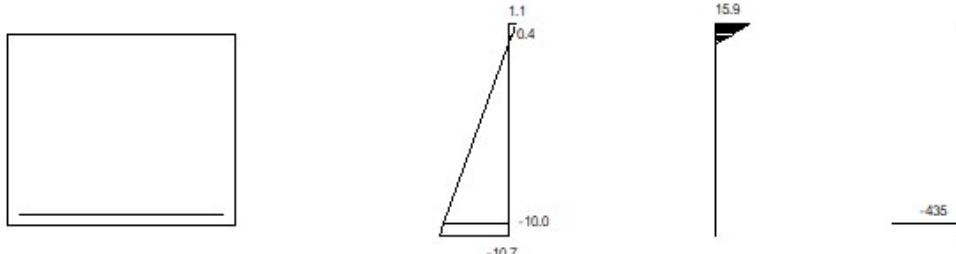
- Sección

Sección : ALZADOSUR
 b [m] = 1.00
 h [m] = 0.85
 r_i [m] = 0.050
 r_s [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

M_d [kN · m] = 85



Plano de deformación de agotamiento

$$\begin{aligned} x & [m] = 0.079 \\ 1/r & [1/m] \cdot 1.E-3 = 13.8 \\ \varepsilon_s & \cdot 1.E-3 = 1.1 \\ \varepsilon_i & \cdot 1.E-3 = -10.7 \end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm ²]	Deformación ·1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.050	0.0	0.4	0.0
0.800	16.3	-10.0	434.8

$$At_{est} \text{ [cm}^2\text{]} = 16.3$$

ϕ [mm]	12	14	16	20	25
n°ϕ	15	11	9	6	4
n° capas	1	1	1	1	1
At [cm ²]	17.0	16.9	18.1	18.8	19.6
wk [mm]	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Cálculo de secciones a cortante

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

- Control del hormigón

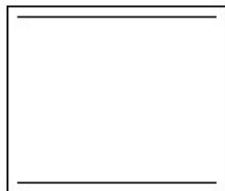
Control normal

- Tipo de elemento estructural

Tipo : elemento sin armadura a cortante

- Sección

Sección : ALZADOSUR
 b_0 [m] = 1.00
 h [m] = 0.85



2 Comprobación

ρ_l [$\cdot 1.E-3$] = 0
 N_d [kN] = 0.0

V_u [kN] = 402.5



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Comprobación del Estado Límite de Servicio de fisuración debido a solicitudes normales

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30
Tipo de acero: B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00

- Ambiente

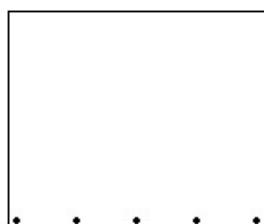
Clase general de exposición : I
Clases específicas de exposición :

- Geometría de la sección

Sección : ALZADOSUR
 b [m] = 1.00
 h [m] = 0.85

- Armado de la sección

ϕ [mm] = 25



capa	nº barras	Separación [mm]
1	5	32.5

A_s [cm²] = 24.5
 $A_{c,ef}$ [cm²] = 2125.0

2 Resultados

M_k [kN·m] = 70

Separación media entre fisuras sm [mm]	= 196.0
Deformación media de las armaduras ϵ_{sm} [$\cdot 1.E-3$]	= 0.07

Tensión en las armaduras en el instante de fisuración σ_{sr} [MPa] = 198.3
Tensión en las armaduras en servicio σ_s [MPa] = 37.2
Abertura característica de fisura w_k [mm] = 0.02

Clase de exposición	wk max [mm]	
	Armado	Pretensado
I	0.4	0.2
IIa, IIb, H	0.3	0.2
IIIa, IIIb, IV, F	0.2	Decompreión
IIIc, Qa, Qb, Qc	0.1	



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

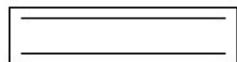
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

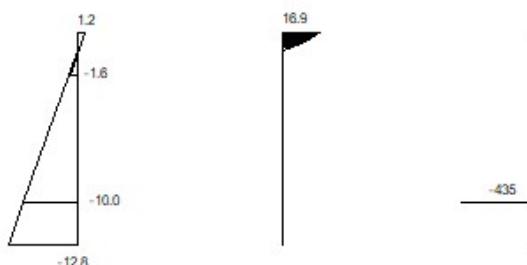
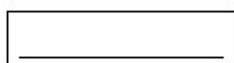
- Sección

Sección : MURETESUR
 b [m] = 1.00
 h [m] = 0.25
 r_i [m] = 0.050
 r_s [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

M_d [kN · m] = 10



Plano de deformación de agotamiento

$$\begin{aligned} x & [m] = 0.022 \\ 1/r & [1/m] \cdot 1.E-3 = 55.9 \\ \varepsilon_s \cdot 1.E-3 & = 1.2 \\ \varepsilon_i \cdot 1.E-3 & = -12.8 \end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm ²]	Deformación ·1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.050	0.0	-1.6	0.0
0.200	4.8	-10.0	434.8

$$At_{est} \text{ [cm}^2\text{]} = 4.8$$

ϕ [mm]	12	14	16	20	25
n°ϕ	5	4	3	3	3
n° capas	1	1	1	1	1
At [cm ²]	5.7	6.2	6.0	9.4	14.7
wk [mm]	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Cálculo de secciones a cortante

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

- Control del hormigón

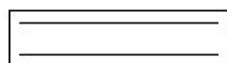
Control normal

- Tipo de elemento estructural

Tipo : elemento sin armadura a cortante

- Sección

Sección : MURETESUR
 b_0 [m] = 1.00
 h [m] = 0.25



2 Comprobación

ρ_l [$\cdot 1.E-3$] = 0
 N_d [kN] = 0.0

V_u [kN] = 154.9



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Comprobación del Estado Límite de Servicio de fisuración debido a solicitudes normales

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30
Tipo de acero: B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00

- Ambiente

Clase general de exposición : I
Clases específicas de exposición :

- Geometría de la sección

Sección : MURETESUR
 b [m] = 1.00
 h [m] = 0.25

- Armado de la sección

ϕ [mm] = 16



capa	nº barras	Separación [mm]
1	5	28.0

A_s [cm²] = 10.1
 $A_{c,ef}$ [cm²] = 625.0

2 Resultados

M_k [kN · m] = 5

Separación media entre fisuras sm [mm]	= 138.0
Deformación media de las armaduras ϵ_{sm} [$\cdot 1.E-3$]	= 0.05

Tensión en las armaduras en el instante de fisuración σ_{sr} [MPa] = 211.3
Tensión en las armaduras en servicio σ_s [MPa] = 24.2
Abertura característica de fisura w_k [mm] = 0.01

Clase de exposición	wk max [mm]	
	Armado	Pretensado
I	0.4	0.2
IIa, IIb, H	0.3	0.2
IIIa, IIIb, IV, F	0.2	Decompreión
IIIc, Qa, Qb, Qc	0.1	



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

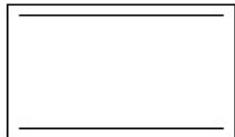
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

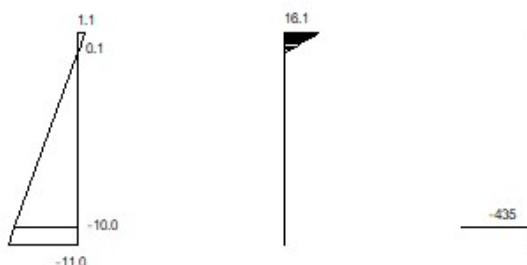
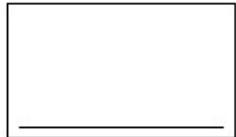
- Sección

Sección : PUNTERASUR
 b [m] = 1.00
 h [m] = 0.60
 r_i [m] = 0.050
 r_s [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

M_d [kN · m] = 32



Plano de deformación de agotamiento

$$\begin{aligned} x & [m] = 0.055 \\ 1/r & [1/m] \cdot 1.E-3 = 20.2 \\ \varepsilon_s \cdot 1.E-3 & = 1.1 \\ \varepsilon_i \cdot 1.E-3 & = -11.0 \end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm ²]	Deformación ·1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.050	0.0	0.1	0.0
0.550	11.5	-10.0	434.8

$$At_{est} \text{ [cm}^2\text{]} = 11.5$$

ϕ [mm]	12	14	16	20	25
n°ϕ	11	8	6	4	3
n° capas	1	1	1	1	1
At [cm ²]	12.4	12.3	12.1	12.6	14.7
wk [mm]	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Cálculo de secciones a cortante

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

- Control del hormigón

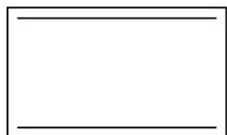
Control normal

- Tipo de elemento estructural

Tipo : elemento sin armadura a cortante

- Sección

Sección : PUNTERASUR
 b_0 [m] = 1.00
 h [m] = 0.60



2 Comprobación

ρ_l [$\cdot 1.E-3$] = 0
 N_d [kN] = 0.0

V_u [kN] = 305.7



PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL 3.1.5 SEGÚN EHE-08

Cátedra de Hormigón Estructural ETSICCPM - IECA

Obra: ARROYO ZALDU
Fecha:

Hora:

Comprobación del Estado Límite de Servicio de fisuración debido a solicitudes normales

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30
Tipo de acero: B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00

- Ambiente

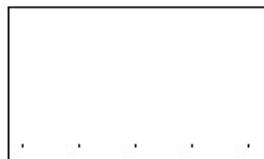
Clase general de exposición : I
Clases específicas de exposición :

- Geometría de la sección

Sección : PUNTERASUR
 b [m] = 1.00
 h [m] = 0.60

- Armado de la sección

ϕ [mm] = 20



capa	nº barras	Separación [mm]
1	5	60.0

A_s [cm²] = 15.7
 $A_{c,ef}$ [cm²] = 1500.0

2 Resultados

M_k [kN·m] = 25

Separación media entre fisuras sm [mm] = 240.0
Deformación media de las armaduras ϵ_{sm} [·1.E-3] = 0.06

Tensión en las armaduras en el instante de fisuración σ_{sr} [MPa] = 229.0
Tensión en las armaduras en servicio σ_s [MPa] = 31.4
Abertura característica de fisura w_k [mm] = 0.03

Clase de exposición	wk max [mm]	
	Armado	Pretensado
I	0.4	0.2
IIa, IIb, H	0.3	0.2
IIIa, IIIb, IV, F	0.2	Decompreión
IIIc, Qa, Qb, Qc	0.1	