ANEJO Nº8

# Estructuras

# Índice


**1 Introducción** **1**

**2 Pasarelas** **2**

2.1 Pasarela 0+900 2

2.2 Pasarela 2+800 3

2.3 Pasarela 3+450 5

**3 Muros** **7**

APÉNDICE Nº8.1: NOTA DE CÁLCULO PASARELA 0+900

APÉNDICE Nº8.2: NOTA DE CÁLCULO PASARELA 2+800

APÉNDICE Nº8.3: NOTA DE CÁLCULO PASARELA 3+450

APÉNDICE Nº8.4: NOTA DE CÁLCULO MUROS



Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial





FULCRUM

# 1 Introducción

El objeto de este Anejo es la descripción de cada una de las nuevas estructuras y afecciones a obras de fábrica existentes que se incluyen en el presente "**Proyecto de Construcción de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa**".

A continuación se expondrán las características más representativas de cada una de las estructuras, así como las tipologías escogidas en cada caso en función de los condicionantes analizados (estructurales, geotécnicos, funcionales, ..).

Por tanto, el proyecto contempla la ejecución de 3 pasarelas y 13 muros de contención, los cuales se describen en los siguientes apartados de este anejo. Estas estructuras se han denominado:

- Pasarelas:
  - Pasarela 0+900 (sobre arroyo Aretxabalgane)
  - Pasarela 2+800 (junto a paso inferior AP-8)
  - Pasarela 3+450 (junto a paso inferior AP-8)
- Muros de contención:
  - Se incluyen 13 muros de contención de diversas tipologías (muros de escollera, muros anclados, muros en ménsula de hormigón armado y muros pantalla).

Adicionalmente, se incluye el cálculo de aquellas contenciones provisionales que se preveen necesarias para el desarrollo de la estructuras del proyecto.

En el capítulo *6. Estructuras* del documento de Planos del presente proyecto se recoge la descripción gráfica relativa a todas estas estructuras planteadas



Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM

# 2 Pasarelas

A lo largo del recorrido de la bicipista, con el trazado en paralelo a la autopista por ambas márgenes en función del tramo del recorrido, se deberá cruzar en tres puntos diferenciados a distinto nivel: en el primer caso será sobre el arroyo Aretxabalgane, y los dos siguientes sobre los correspondientes viales de acceso a dos pasos inferiores de la AP-8. Esto implica que el trazado de la senda ciclable deberá pasar, tanto sobre el arroyo como sobre estos viales, en estructura, con pasarelas que permitan cruzar sobre ellos evitando posibles interferencias. Como el proyecto de la bicipista persigue, entre otros objetivos, reducir las emisiones contaminantes y avanzar en la sostenibilidad del transporte, y el entorno en el que se ubica la senda es un espacio verde y abierto, se decide utilizar la madera como material estructural en aquellos puentes que así lo permitan, así como el uso de elementos prefabricados en aquellos que precisen de facilidad y rapidez de ejecución para minimizar interferencias, en este caso con el cauce del arroyo.

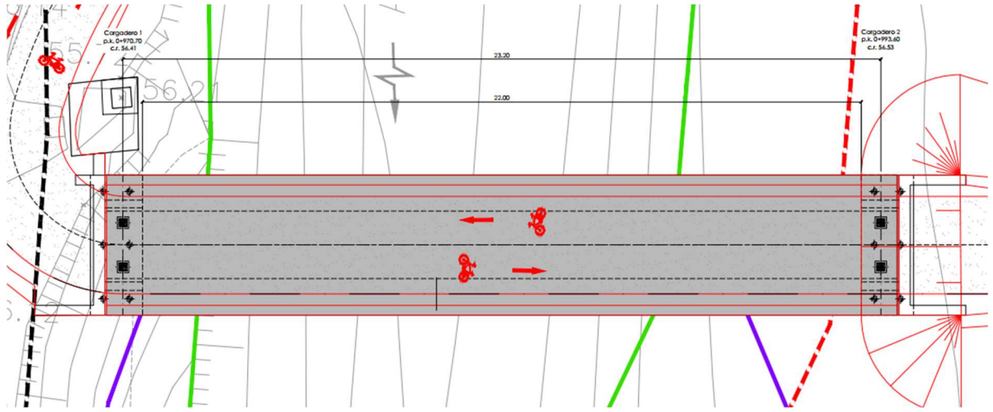
## 2.1 Pasarela 0+900

En la parte inicial del trazado de la bicipista, en el vial de acceso desde la carretera BI-2713 al polígono de Erletxe (Tramo Variante Larrabetzu), existe una estructura que cruza sobre el arroyo Aretxabalgane.



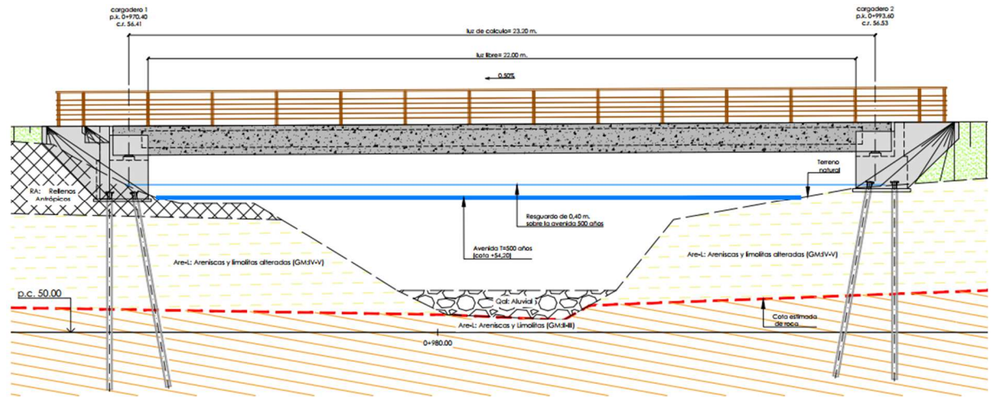
*Puente actual sobre el arroyo*

Aunque en un principio se intentó acomodar la senda ciclable, tanto peatonal como ciclista, en esta estructura, ampliando su sección, finalmente no resultó una solución admisible al comprobarse que se encontraba a cota inundable. Por ello, se decidió mantener el paso peatonal por las dos aceras actuales de este puente y generar un nuevo cruce sobre el arroyo para la banda ciclista, para lo cual surge la pasarela 0+900.




*Planta pasarela 0+900*

La estructura diseñada consiste en una pasarela de un vano de 23,20 m de longitud entre ejes de apoyos, resuelta mediante un tablero isostático de viga prefabricada, compuesto por una viga artesa de 0,90 m de canto, aligerada en su interior, que permite cubrir el ancho de la plataforma.



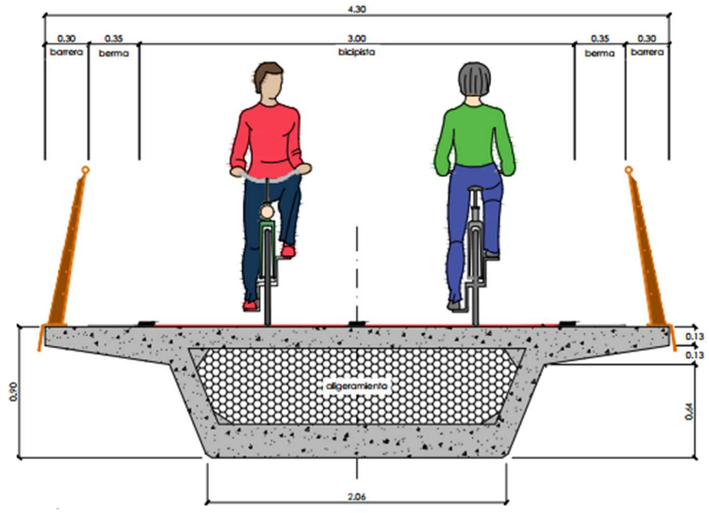

*Perfil longitudinal pasarela 0+900*

La sección tipo consta de 4,30 m de anchura, repartidos de tal manera que alberga las defensas de 0,30m en sendos bordes y dos carriles de 1,50 m para el paso de ciclistas, con una berma de 0,35 m a cada lado del carril.




Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM

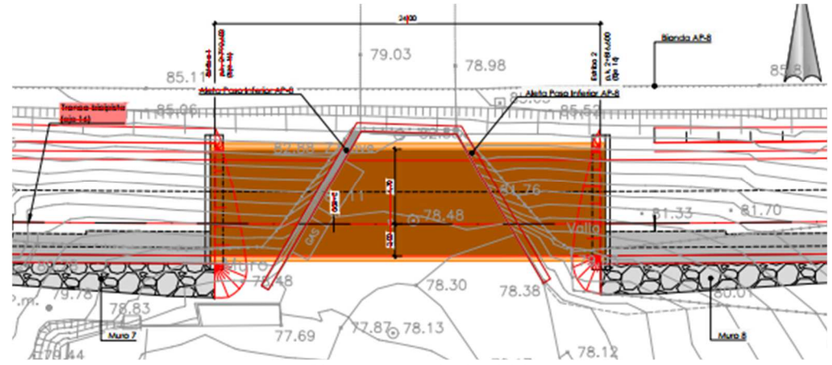



*Sección tipo pasarela 0+900*

Para el apoyo del tablero se han diseñado sendos estribos con tipología de cargaderos micropilotados, con 6 micropilotes de 185 mm de diámetro exterior, con camisa de 127,0 x 8 mm de acero N-80 (fyk>5600kp/cm$^2$) empotrados un mínimo de 4,5 metros en el estrato de roca sana. Los apoyos de la estructura sobre estos cargaderos se materializan mediante neoprenos armados convencionales.

## 2.2 Pasarela 2+800

Esta pasarela se encuentra en la zona de Kortederra, en el término municipal de Galdakao, junto una vivienda. Se le denomina **Pasarela 2+800** ya que su tablero se encuentra entre el PK 2+792,600 y el PK 2+816,600, completando una longitud de 24 m entre ejes de apoyos.




*Planta pasarela 2+800*

Consiste en un puente de un único vano que salva el camino de acceso desde la N-634 a un paso inferior abovedado de la AP-8, denominado OF-Ib-2, que se puede ver en la siguiente imagen.



*Vista OF-Ib-2 bajo AP-8*

Esta pasarela consiste en un puente de un único vano de 24,57 m de longitud total, para el que se ha dispuesto la tipología elegida como solución tipo para las pasarelas de las bicipistas en este entorno.



Bizkaia
azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM



*Vista pasarela tipo bicipista*

Presenta una tipología de tipo tied-bow, en la que el tablero se forma mediante dos vigas de madera laminada suspendidas de los arcos mediante diagonales de acero. La madera será 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) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto).

El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero , entre las cuales se dispondrán cruces de San Andrés, también de acero, como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior, mediante riostras de acero.



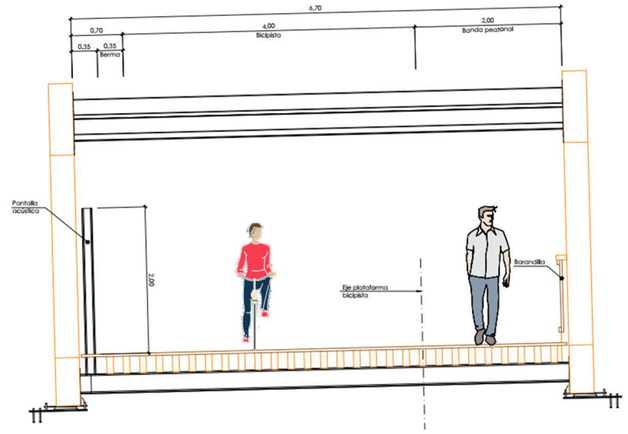
*Vista inferior pasarela*

El tercer orden estructural del tablero lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras, y se dispone sobre éstas el tablón de piso en madera. La barandilla, también de madera está formada por montantes rectos, entre los que se disponen barrotillos.

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 mecánicos de tipo "SPIT".

Los elementos de primer orden como el arco y el tirante deberán estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor. 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.

La sección transversal consta de 4,0 m de banda para ciclistas y 2,0 para peatones. Se completa con una berma de 0,35 m hasta la barrera acústica y otro tanto para albergar ésta. Por el lado peatonal, hay un margen de 0,15 m donde se coloca la barandilla dentro de los 2,0 m previstos de acera. Por tanto, la estructura debe tener una anchura interior libre total de 6,70 m.




*Sección tipo pasarela*

Los estribos se plantean como sendas vigas cargadero de hormigón armado, que se apoyan directamente sobre muros de gravedad cimentados en el estrato de roca alterada, que han sido resueltos mediante escollera hormigonada por dar continuidad a los muros 7 y 8 que contienen el terraplén de la bicipista en los trasdoses de estribos de la pasarela. Para el desarrollo de las excavaciones asociadas a estos estribos se han planteado las correspondientes contenciones provisionales, debido a la cercanía de los mismos a la plataforma de la AP-8.

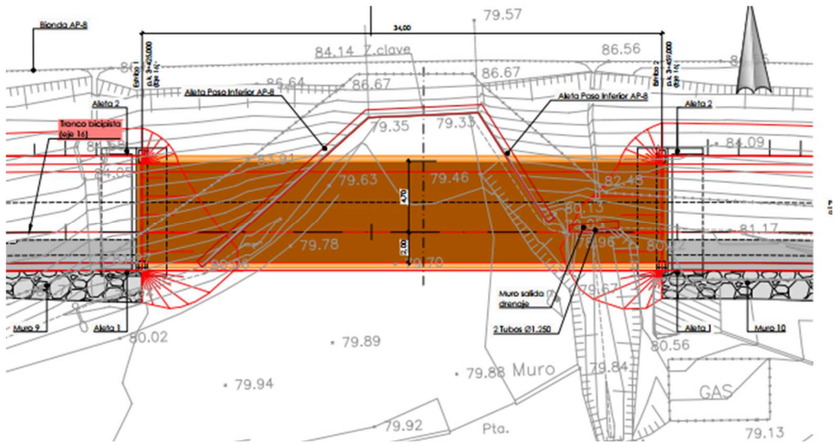


Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM

## 2.3 Pasarela 3+450

Esta pasarela se encuentra en Amorebieta, frente a la parcela del antiguo restaurante Kortederra, en la zona conocida por el mismo nombre. Se le ha denomina **Pasarela 3+450** ya que su tablero se encuentra entre el PK 3+425,000 y el PK 3+459,000, completando una longitud de 34 m entre ejes de apoyos.



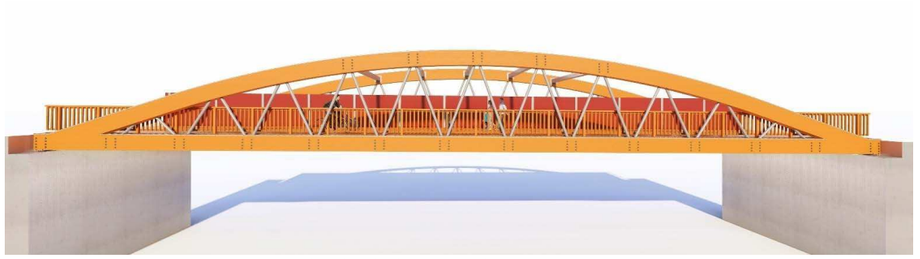

*Planta pasarela 3+450*

Consiste en un puente de un único vano que salva el camino de acceso al paso inferior abovedado de la AP-8, denominado OF-Ib-3, y evita la afección a una boquilla de salida de dos tubos de 1.200 mm de diámetro existente retrasando para ello el estribo 2.



*Vista OF-Ib-3 bajo AP-8*

Esta pasarela consiste en un puente de un único vano de 34,57 m de longitud total, para el que se ha dispuesto la tipología elegida como solución tipo para las pasarelas de las bicipistas en este entorno.



*Alzado de la Pasarela tipo Bicipista*

Presenta una tipología de tipo tied-bow, en la que el tablero se forma mediante dos vigas de madera laminada suspendidas de los arcos mediante diagonales de acero. La madera será 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).

El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero , entre las cuales se dispondrán cruces de San Andrés, también de acero, como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior, mediante riostras de acero.

El tercer orden estructural del tablero lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras, y se dispone sobre éstas el tablón de piso en madera. La barandilla, también de madera está formada por montantes rectos, entre los que se disponen barrotillos.

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 mecánicos de tipo "SPIT".

Los elementos de primer orden como el arco y el tirante deberán estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor. 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.



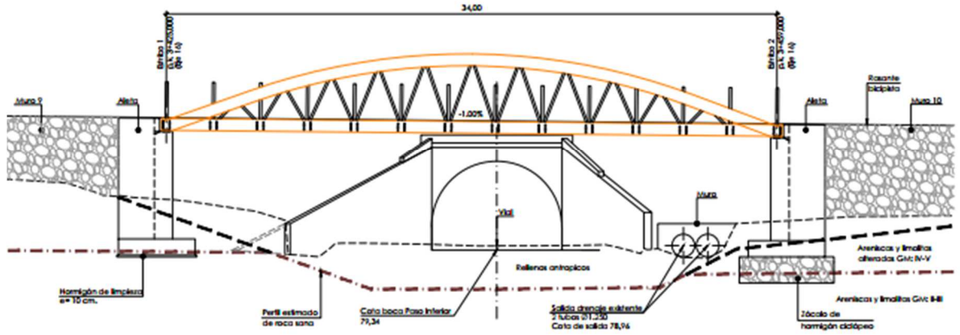

Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM



*Vista interior de la pasarela*

La sección transversal consta de 4,0 m de banda para ciclistas y 2,0 para peatones. Se completa con una berma de 0,35 m hasta la barrera acústica y otro tanto para albergar ésta. Por el lado peatonal, hay un margen de 0,15 m donde se coloca la barandilla dentro de los 2,0 m previstos de acera. Por tanto, la estructura debe tener una anchura interior libre total de 6,70 m.




*Perfil longitudinal Pasarela 3+450*

Para esta pasarela se plantean estribos cerrados de hormigón armado apoyados directamente sobre el estrato de roca sana, bien directamente o bien a través de un zócalo de hormigón ciclópeo empotrado en ese nivel. Los muros 9 y 10 de escollera constituyen la prolongación de las aletas en vuelta de estos estribos. Se han planteado las correspondientes contenciones provisionales en el terraplén de la AP-8 para ejecutar las excavaciones asociadas a estos estribos.




Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila
departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM

# 3 Muros

A continuación se recoge en una tabla las características principales de los 13 muros de contención incluidos en este proyecto:

| Muro | P.K. Inicio | P.K. Final | Eje | Margen | Longitud (m) | Hmáx (m) | Tipología | Función |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0+014,633 | 0+058,46 | 19 | Izquierda | 108 | 6,06 | Muro de hormigón armado anclado por bataches, con malla de anclajes permanentes de doble protección tipo DW Φ26,5 mm o similar, dispuestos en malla de 3 x 3 m, con carga de tesado $T_0$ de 24 Mp. | Evita la ejecución de un importante desmonte reduciendo la ocupación del trazado en planta. |
| | 1+710,68 | 1+775 | 10 | | | | | |
| 2 | 1+975 | 2+225 | 16 | Izquierda | 250 | 3,5 | Muro pantalla de micropilotes al pie de muro de escollera existente de la plataforma de la AP-8. | Evitar la ejecución de un importante desmonte en el terraplén de la AP-8, garantizando la estabilidad a los pies del actual muro de escollera de la autopista. |
| 3 | 2+015 | 2+338 | 16 | Derecha | 323,30 | 7,5 | Muro de escollera con durmiente para valla tejana/farola. | Evita que el terraplén de la bicipista derrame sobre la N-634. |
| 4 | 2+338 | 2+352 | 16 | Derecha | 14,02 | 2,14 | Muro en L de hormigón armado con durmiente en voladizo para valla tejana. Resulta una solución especial tras el edificio de la gasolinera Easy Galdakao, para mantener la condición de borde mínima de 1,0 m respecto al borde del talud de roca actual. | Evita que el terraplén de la bicipista derrame sobre la caseta de la gasolinera. |
| 5 | 2+352 | 2+436 | 16 | Derecha | 84,14 | 4,51 | Muro de escollera con durmiente para valla tejana/farola. | Evita que el terraplén de la bicipista derrame sobre la N-634. |
| 6 | 2+450 | 2+720 | 16 | Derecha | 270,8 | 5,84 | Muro de escollera con durmiente para valla tejana/farola. | Evita que el terraplén de la bicipista derrame sobre la N-634. |
| 7 | 2+770 | 2+792,6 | 16 | Derecha | 22,63 | 6,84 | Muro de escollera hasta estribo 1 de la Pasarela de madera 2+800, con durmiente para valla tejana/farola. | Evita el derrame de tierras sobre la parcela de la casa junta al paso inferior de la autopista AP-8, tras la aleta del estribo 1 de la Pasarela 2+800. |
| 8 | 2+816,6 | 2+855 | 11 | Derecha | 38,44 | 6,24 | Muro de escollera desde el estribo 2 de la Pasarela de madera 2+800, con durmiente para valla tejana/farola. | Evita el derrame de tierras sobre el vial de acceso al paso inferior de la autopista AP-8, tras la aleta del estribo 2 de la Pasarela 2+800 |
| 9 | 3+380 | 3+425 | 11 | Derecha | 44,82 | 6,81 | Muro de escollera hasta estribo 1 de la Pasarela de madera 3+450, con durmiente para valla tejana/farola. | Evita el derrame de tierras sobre el vial de acceso al paso inferior de la autopista AP-8, tras la aleta del estribo 1 de la Pasarela 3+450 |
| 10 | 3+459 | 3+590 | 11 | Derecha | 130,59 | 6,42 | Muro de escollera desde el estribo 2 de la Pasarela de madera 3+450, con durmiente para valla tejana/farola. | En la parte final, además, evita el derrame de tierras sobre las parcelas de las edificaciones adyacentes |
| 11 | 4+137,611 | 4+152,854 | 11 | Izquierda | 14,62 | 4,10 | Muro pantalla de micropilotes $\Phi_{ext}$ 200 mm cada 1,0 m, armados con camisa $\Phi_{ext}$114,3x7mm de acero N-80, con dos niveles de anclajes, dispuesto al pie del actual terraplén de la AP-8 hasta la aleta del Paso Inferior. | Permite desmontar el terraplén de la autopista AP-8 al descender la rasante del trazado para cruzar bajo la autopista. |
| 12 | 4+202,845 | 4+280,0 | 12 | Derecha | 78,0 | 3,76 | Muro pantalla de micropilotes micropilotes $\Phi_{ext}$ 200 mm cada 0,50 m, armados con camisa $\Phi_{ext}$114,3x7mm de acero N-80, con un nivel de anclajes, dispuesto al pie del actual terraplén de la AP-8 desde la aleta del Paso Inferior | Permite desmontar el terraplén de la AP-8 en un tramo en que el trazado está bajo por la proximidad de un paso inferior |
| 13 | 4+260,759 | 4+346,0 | 12 | Izquierda | 85,24 | 5,69 | Muro pantalla de micropilotes micropilotes $\Phi_{ext}$ 200 mm cada 0,50 m, armados con camisa $\Phi_{ext}$114,3x7mm de acero N-80, con un nivel de anclajes. Entre la bicipista y el camino del p.k 4+300 (eje 29). | Permite salvar el desnivel entre la bicipista y el camino, que tiene un trazado muy próximo en planta. |

PK en estribo



Bizkaia azpiegituretarako eta lurralde garapenerako saila departamento de infraestructuras y desarrollo territorial

FULCRUM

APÉNDICE N°8.1

# Nota de Cálculo Pasarela 0+900

STRUCRES ENGINEERING S.L.

# PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL.
# TRAMO: ERLETXE-BOROA

# PASARELA 0+900

ANEJO DE CÁLCULOS

**REV:00**

**Junio 2023**

# ÍNDICE

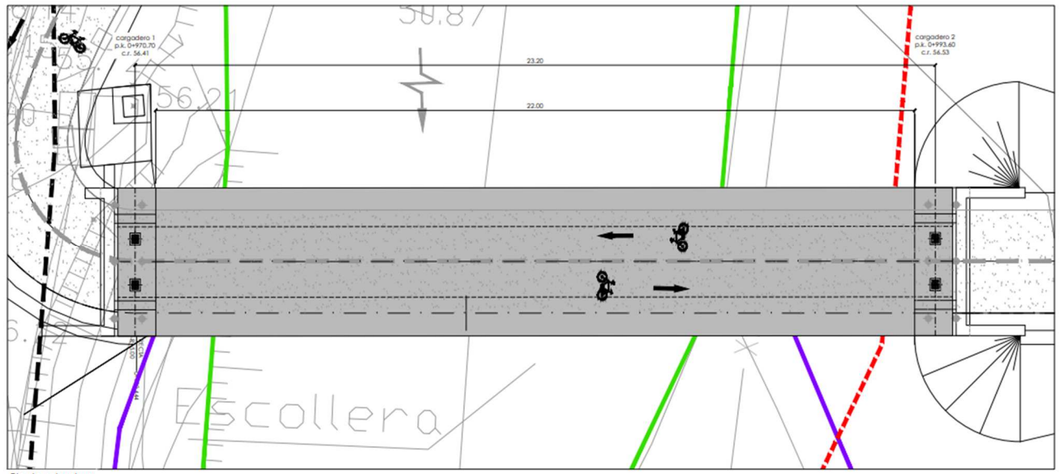

1 INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ..... 3
2 BASES DE CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO ..... 4
2.1 NORMATIVAS EMPLEADAS ..... 4
2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL ..... 4
2.3 CARGAS APLICADAS ..... 4
2.3.1 Cargas aplicadas sobre la pasarela ..... 4
2.3.2 Durabilidad ..... 8
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS ..... 8
2.5 COEFICIENTES DE SEGURIDAD ADOPTADOS PARA LA PASARELA ..... 9
2.6 COMBINACIÓN DE ACCIONES PARA LA PASARELA ..... 10
2.7 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ..... 12
2.8 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE ACERO ..... 12
2.9 PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS ..... 12
2.10 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS CONSIDERADOS EN EL CÁLCULO ..... 12
3 CALCULOS DE LA PASARELA PEATONAL ..... 13
3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO ..... 13
3.2 MODELO. ..... 14
4 MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA ..... 16
4.1 OBJETO……. ..... 16
4.2 INTRODUCCIÓN ..... 16
4.3 ACCIONES DE MANTENIMIENTO ..... 16
5 MODELO CÁLCULO ..... 18
5.1 DATOS DE ENTRADA ..... 18
6 CÁLCULO DEL TABLERO. DIMENSIONAMIENTO ..... 23
6.1 CÁLCULOS LOCALES ..... 29
6.1.1 Cálculo macizos de anclaje ..... 29
7 CÁLCULO DE REACCIONES ..... 31
7.1 REACCIONES MÁXIMAS EN APOYOS ..... 31
7.2 CÁLCULO DE NEOPRENOS ..... 32
8 CÁLCULO CARGADEROS MICROPILOTADOS ..... 33
8.1 CÁLCULO DE MICROPILOTES ..... 35
1.1.1 Datos Entrada ..... 35
1.1.1 Resultados Modelo Cargadero 1 ..... 38
1.1.1 Resultados Modelo Cargadero 2 ..... 41
8.2 ARMADURA CARGADERO ..... 46
9 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE CARGA ..... 55
9.1 DIRECCIÓN DE LAS PRUEBAS ..... 55
9.2 MATERIALIZACIÓN DEL TREN DE CARGAS ..... 55
9.3 ZONAS DE APLICACIÓN DE LA CARGA ..... 55
9.4 MAGNITUDES A MEDIR Y APARATOS DE MEDIDA ..... 56
9.5 PLAZO DE EJECUCIÓN ..... 56
9.6 FORMA DE APLICACIÓN DE LAS CARGAS ..... 56
9.7 DURACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS ..... 56
9.8 CRITERIOS DE ESTABILIZACIÓN ..... 56
9.9 CRITERIOS DE REMANENCIA ..... 58
9.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN ..... 59
9.11 RESUMEN FLECHAS PREVISTAS ..... 59

# 1 INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

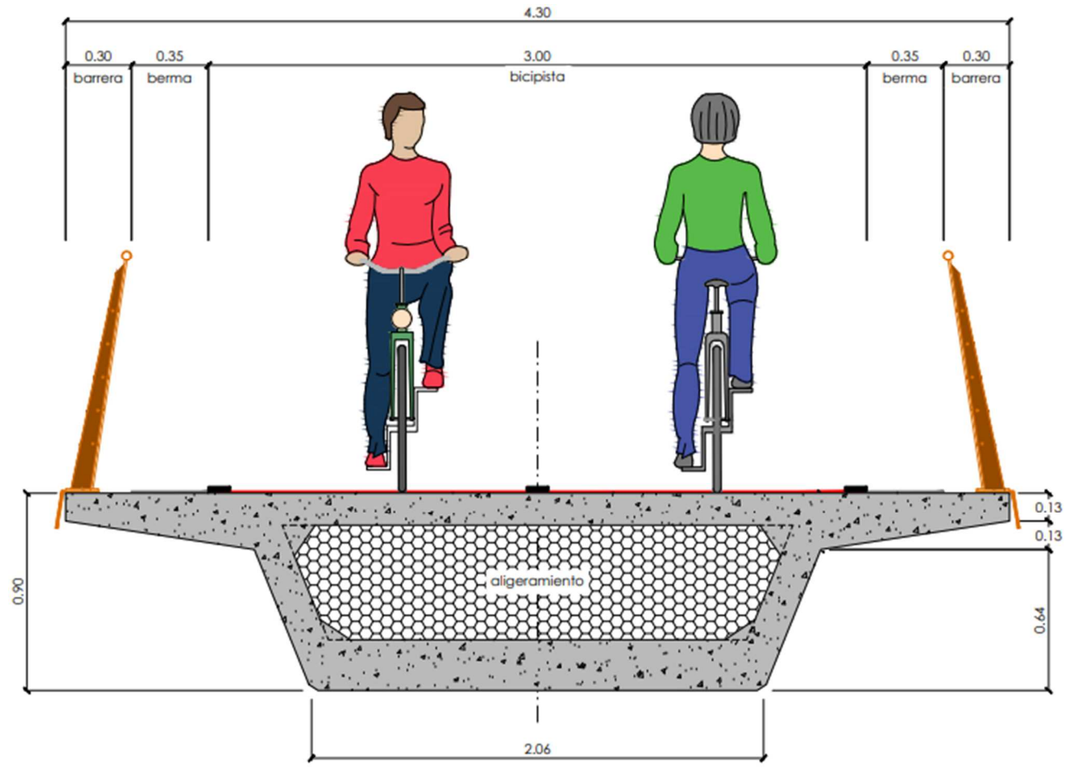
La estructura diseñada en el presente documento se corresponde con una pasarela peatonal formada por elementos prefabricados denominada Pasarela 0+900, dentro del “PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA BICIPISTA DE IBAIZABAL. TRAMO: ERLETXE-BOROA”

La estructura diseñada es una pasarela de un vano de 23.20 m de longitud entre ejes de apoyos, resuelta mediante un tablero isostatico de viga prefabricada, con una viga artesa de 0.90 m de canto que permite cubrir un ancho de plataforma de anchura 4.30 m que alberga las defensas de 0.30m, y dos carriles de 1.50m para el paso de ciclistas con una berma de 0.35m a cada lado del carril..

Los apoyos de la estructura se materializan mediante neoprenos armados convencionales, sobre cargaderos micropilotados de diametro 185mm, empotradosen el sustrato resistente según los parametros indicados por la geotecnia.



Planta estructura
escala 1/60



# 2 BASES DE CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de la estructura se ha realizado según los principios de mecánica racional, con su adaptación al diseño estructural, establecida por la práctica ingenieril. Se han tenido en cuenta las normas de obligado cumplimiento en el territorio español, así como las recomendaciones y la normativa internacional de aplicación, cuando proceda. De acuerdo con ellas, el cálculo se ha realizado siguiendo el principio de los Estados Límites, que establece que la seguridad de la estructura en conjunto, o cualquiera de sus partes, se garantiza comprobando que la solicitación no supera la respuesta última de las mismas. Este formato de seguridad se expresa sintéticamente mediante la siguiente desigualdad:

$$Sd \leq Rd$$

Donde Sd representa la solicitación de cálculo aplicable en cada caso, y Rd la respuesta última de la sección o elemento.

Para la aplicación de este criterio de seguridad, se consideran tanto situaciones de servicio, como de agotamiento, esto es, Estados Límites de Servicio (ELS) y de Agotamiento (ELU), de acuerdo con las definiciones dadas para los mismos en las normativas de referencia. En principio, los Estados Límites Últimos están asociados a la Rotura de las secciones o elementos. Para ello, se evalúan las solicitaciones mediante la mayoración de los valores representativos de las acciones (en general característicos) utilizando los oportunos coeficientes parciales que luego se detallan. Las resistencias de las secciones o elementos se estiman mediante las características geométricas, y las resistencias minoradas de los materiales.

Por el contrario, los Estados Límites de Servicio están asociados a la pérdida de funcionalidad de la estructura. Las solicitaciones se evalúan mediante sus valores representativos, en general sin mayorar, afectados de los oportunos coeficientes de combinación, para tener en cuenta la probabilidad de ocurrencia simultánea de varias acciones. Las resistencias se estiman a partir de los valores nominales de las dimensiones y resistencias de los elementos o secciones de la estructura, sin minorar.

Se exponen a continuación los criterios y normativas empleadas en la realización de este anejo de cálculo.

## 2.1 NORMATIVAS EMPLEADAS

- Código Estructural
- Eurocódigo 1: “Bases de proyecto y acciones en estructuras”
- Eurocódigo 2: “Proyecto de estructuras de hormigón”
- Guía de cimentaciones en obras de carretera: ministerio de fomento.
- Instrucción de acciones a considerar en puentes de carretera (IAP-11)
- Norma de construcción sismoresistente (NCSP-07)

## 2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El comportamiento de todos los elementos ha sido considerado elástico y lineal.

Las acciones sísmicas no deben ser consideradas puesto que, de acuerdo a la vigente norma sismorresistente, la aceleración básica de la zona geográfica es inferior a cuatro centésimas de la gravedad.

## 2.3 CARGAS APLICADAS

### 2.3.1 Cargas aplicadas sobre la pasarela

***Cargas permanentes***

- Peso propio
- Cargas muertas
- Pretensado y esfuerzos hiperestáticos del pretensado
- Acciones diferidas derivadas de retracción y fluencia
- Cargas horizontales producidas por el rozamiento en apoyos deslizantes

***Sobrecargas***

- Sobrecargas de uso:
- Acciones térmicas: variación uniforme de la temperatura y gradiente térmico.
- Viento

**Acciones accidentales**

No se considerarán las acciones accidentales de sismo por encontrarse esta estructura en una zona con una aceleración básica menor a 0.04 g.

**ACCIONES PERMANENTES:**

– **ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE (G):**

PESO PROPIO

El correspondiente a considerar una densidad de los siguientes materiales:

- Peso específico del hormigón armado: $\gamma h = 2{,}50\ T/m^3$
- Peso específico del hormigón pretensado: $\gamma h = 2{,}60\ T/m^3$
- Peso específico del acero: $\gamma h = 7.85\ T/m^3$

– **ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE (G):**

ACCIONES DEBIDAS AL TERRENO

Las características del material de relleno se consideran:

Densidad $\gamma = 2.0\ t/m^3$; c=0; $\phi = 30º$.

.

ACCIONES DEBIDAS AL ACORTAMIENTO DEL TABLERO POR RETRACCIÓN, FLUENCIA Y VARIACIÓN UNIFORME DE TEMPERATURA

Se desglosan en el apartado de acciones horizontales.

VARIACIÓN UNIFORME DE TEMPERATURA-GRADIENTE TÉRMICO

Se realiza el estudio de los factores térmicos que afectan a la estructura

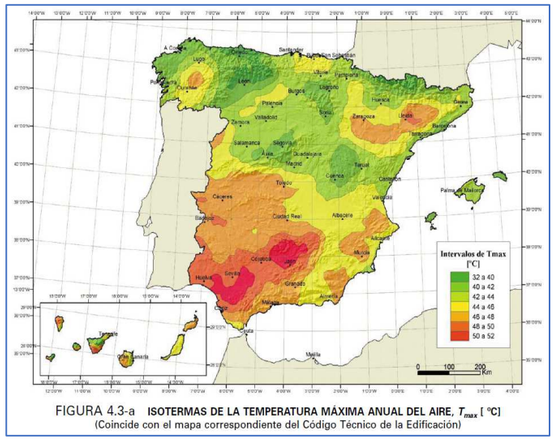



FIGURA 4.3-a **ISOTERMAS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL DEL AIRE, $T_{max}$ [ °C]**
(Coincide con el mapa correspondiente del Código Técnico de la Edificación)




FIGURA 4.3-b **ZONAS CLIMÁTICAS DE INVIERNO**
(Coincide con el mapa correspondiente del Código Técnico de la Edificación)

TABLA 4.3-a **TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL DEL AIRE, $T_{min}$ [ °C]**
(Coincide con la tabla correspondiente del Código Técnico de la Edificación)

| ALTITUD [m] | ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | -7 | -11 | -11 | -6 | -5 | -6 | 6 |
| 200 | -10 | -13 | -12 | -8 | -8 | -8 | 5 |
| 400 | -12 | -15 | -14 | -10 | -11 | -9 | 3 |
| 600 | -15 | -16 | -15 | -12 | -14 | -11 | 2 |
| 800 | -18 | -18 | -17 | -14 | -17 | -13 | 0 |
| 1000 | -20 | -20 | -19 | -16 | -20 | -14 | -2 |
| 1200 | -23 | -21 | -20 | -18 | -23 | -16 | -3 |
| 1400 | -26 | -23 | -22 | -20 | -26 | -17 | -5 |
| 1600 | -28 | -25 | -23 | -22 | -29 | -19 | -7 |
| 1800 | -31 | -26 | -25 | -24 | -32 | -21 | -8 |
| 2000 | -33 | -28 | -27 | -26 | -35 | -22 | -10 |

## ACCIÓN VARIABLE (Q): SOBRECARGAS DE USO

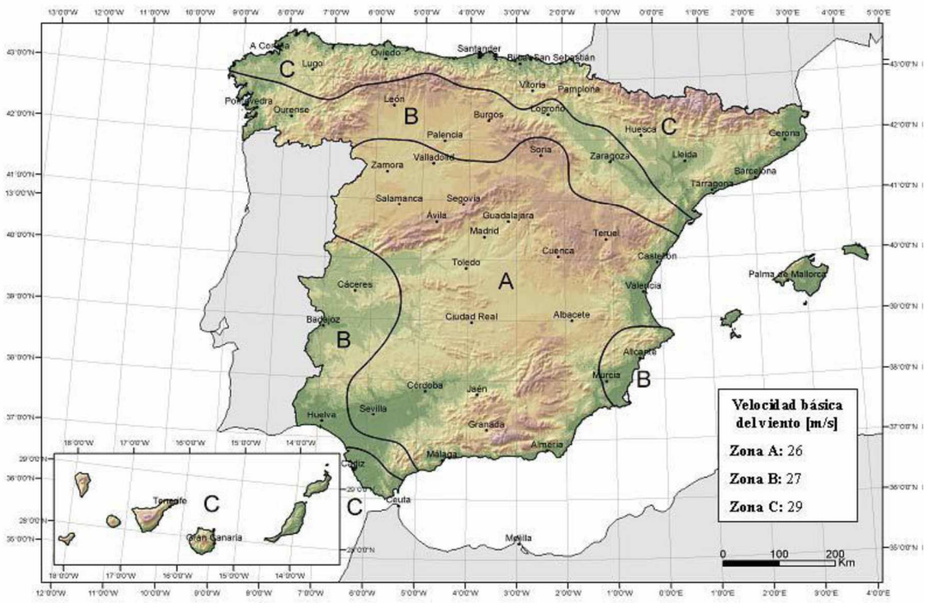
Se contempla una sobrecarga de 5.00 kN/m², en la superficie de la plataforma.

## ACCIONES CLIMÁTICAS

VIENTO

Se emplea la formulación proporcionada por la IAP.

Velocidades de básicas del viento




*Mapa de isotacas para la obtención de la velocidad básica fundamental del viento vb,0*

A efectos de cálculo se considerarán los cinco tipos de entorno siguientes:

- Tipo 0: mar o zona costera expuesta al mar abierto.
- Tipo I: lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos.
- Tipo II: zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados, (árboles, construcciones pequeñas, etc.), con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo III: zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo IV: zona urbana en la que al menos el 15% de la superficie esté edificada y la altura media de los edificios exceda de 15 m.

### CÁLCULO SIMPLIFICADO DEL EMPUJE EN TABLEROS Y PILAS

**TABLA 4.2-e** **EMPUJES UNITARIOS EN PUENTES CON ALTURA DE PILA $H_{max}$<=10 m**

| TIPO DE ENTORNO (APARTADO 4.2.2) | EMPUJE SOBRE TABLERO [KN/m²] | | | EMPUJE SOBRE PILAS [KN/m²] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $V_{b,0}$ = 26 m/s | $V_{b,0}$ = 27 m/s | $V_{b,0}$ = 29 m/s | $V_{b,0}$ = 26 m/s | $V_{b,0}$ = 27 m/s | $V_{b,0}$ = 29 m/s |
| 0 | 2.56 | 2.78 | 3.21 | 3.16 | 3.40 | 3.93 |
| I | 2.29 | 2.47 | 2.85 | 2.79 | 3.01 | 3.47 |
| II | 1.94 | 2.09 | 2.41 | 2.37 | 2.56 | 2.95 |
| III | 1.47 | 1.58 | 1.83 | 1.80 | 1.94 | 2.23 |
| IV | 0.93 | 1.00 | 1.15 | 1.14 | 1.23 | 1.42 |

**TABLA 4.2-f** **EMPUJES UNITARIOS EN PUENTES CON ALTURA DE PILA $H_{max}$=20 m**

| TIPO DE ENTORNO (APARTADO 4.2.2) | EMPUJE SOBRE TABLERO [KN/m²] | | | EMPUJE SOBRE PILAS [KN/m²] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $V_{b,0}$ = 26 m/s | $V_{b,0}$ = 27 m/s | $V_{b,0}$ = 29 m/s | $V_{b,0}$ = 26 m/s | $V_{b,0}$ = 27 m/s | $V_{b,0}$ = 29 m/s |
| 0 | 2.93 | 3.16 | 3.65 | 3.58 | 3.86 | 4.45 |
| I | 2.64 | 2.85 | 3.29 | 3.23 | 3.48 | 4.02 |
| II | 2.31 | 2.49 | 2.88 | 2.83 | 3.05 | 3.52 |
| III | 1.88 | 2.03 | 2.34 | 2.29 | 2.47 | 2.85 |
| IV | 1.30 | 1.40 | 1.62 | 1.60 | 1.72 | 1.99 |

El valor considerado es superior al realizado por el método general que se adjunta a continuación

**VIENTO SOBRE TABLEROS**

***Datos***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tipo de entorno | 2 | | |
| Canto del tablero (m) | 2.15 | | |
| Ancho del tablero(m) | 4.3 | | |
| Longitud del tablero(m) | 23.2 | Zo | 0.05 |
| Altura de las pilas(m) | 6 | kr | 0.19 |
| Zona Velocidad Basica | C | Zmin | 2 |
| Velocidad básica fundamental Vb,0 (m/s) | 29 | z | 7.29 |
| Cdir | 1 | | |
| Cseason | 1 | | |
| Periodo de Retorno (T) | 100 | | |
| Cprob | 1.04 | | |
| Vb (T) (m/s) | 30.12 | | |
| Co | 1 | | |
| Cr(z) | 0.95 | | |
| Vm (z) (m/s) | 28.51 | | |

***EMPUJE DEL VIENTO SOBRE EL TABLERO***

$$F_W = \left[\frac{1}{2}\cdot\sigma\cdot v_b^{\,2}(T)\right]\cdot c_e(z)\cdot c_f\cdot A$$

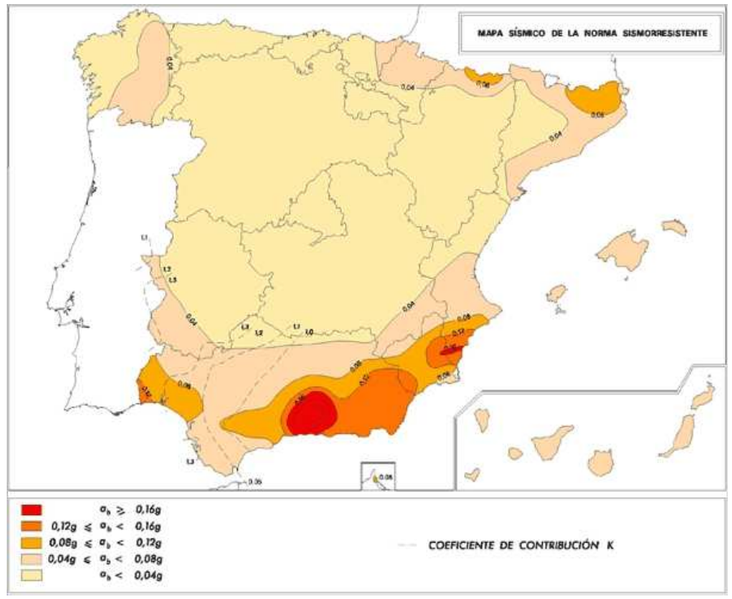
| | | | |
|---|---|---|---|
| | | kl | 1 |
| | | α | 0.52 |
| | | Lz | 53.6 |
| | | Φ[L/Lz] | 0.078 |
| | Ce (z) | 2.16 | |
| | Cf | 1.90 | |
| Empuje Transversal | **Fw/A** | **0.232** | Tn/m2 |
| | Cf,z | 0.90 | |
| Empuje Vertical | **Fw,z/A** | **0.110** | Tn/m2 |
| | Coef Red. | 0.95 | |
| Empuje Longitudinal | **Fw,z/A** | **0.055** | Tn/m2 |

**ACCIONES ACCIDENTALES (A)**

ACCIONES SÍSMICAS

**Según NCSP-07**:

De acuerdo con la normativa de sismicidad, la aceleración básica de la zona de emplazamiento de esta estructura es menor a 0.04g por lo cual no es preciso considerar las acciones accidentales de sismo.




NIEVE

No es necesario tener en cuenta esta acción dado que se ha considerado la sobrecarga repartida de uso tal y como se explica en el apartado tren de cargas.

### 2.3.2 Durabilidad

La durabilidad de la estructura es la capacidad que presenta para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podría provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Por ello se establecen unos criterios específicos de acuerdo al ambiente al que va estar sometida la estructura. Con carácter genérico para este estudio se establecen los siguientes ambientes:

- Vigas: XC1
- Cargaderos XC2

En cuanto a la vida útil de la estructura, se establece en 100 años, de acuerdo a la IAP-2011.

Con estos criterios se establecen los siguientes recubrimientos.

RECUBRIMIENTOS SEGÚN CODIGO ESTRUCTURAL:

| Elemento estructural | Tipo de ambiente | Recubrimiento nominal (mm) |
|---|---|---|
| Vigas | XC1 | 25 |
| Caragaderos | XC2 | 30 |

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Las características de los materiales que se consideran en el proyecto son las detalladas a continuación:

- Hormigones:
  - Prefabricados:
    - Vigas: HP-50/ F/ 12 / XC1
  - Insitu:
    - Cargadero: HA-25/ B / 20 / XC2
  - Morteros:
    - Lechada de Micropilotes: $f_{ck} \geq 35$ Mpa
- Aceros:
  - Acero pasivo: B 500 S
  - Acero activo: Cordones Y 1860 S7

## 2.5 COEFICIENTES DE SEGURIDAD ADOPTADOS PARA LA PASARELA

Mayoración acciones (Estados Límites Últimos):

Nivel de control intenso:

- Permanentes: $\gamma G = 1.35$
- Variable: $\gamma Q = 1.35$

Nivel de control normal:

- Permanentes: $\gamma G = 1.50$
- Variable: $\gamma Q = 1.60$

Minoración de resistencia del hormigón:

- En prefabricados: $\gamma c=1.50$
- "In situ": $\gamma c=1.50$

Minoración de resistencia del acero:

- En prefabricados: $\gamma s=1.15$
- "In situ": $\gamma s=1.15$

Los coeficientes parciales de seguridad que se utilizan se muestran en las siguientes tablas:

| ACCIÓN | | EFECTO | |
|---|---|---|---|
| | | ESTABILIZADOR | DESESTABILIZADOR |
| Permanente (*G* y G*) | Peso propio | 0,9(1) | 1,1(1) |
| | Carga muerta | 0,9(1) | 1,1(1) |
| | Empuje del terreno | 1,0 | 1,5 |
| Variable (*Q*) | Sobrecarga de uso | 0 | 1,35 |
| | Sobrecarga de uso en terraplenes | 0 | 1,5 |
| | Acciones climáticas(2) | 0 | 1,5 |
| | Empuje hidrostático | 0 | 1,5 |
| | Empuje hidrodinámico | 0 | 1,5 |
| | Sobrecargas de construcción | 0 | 1,35 |

(1) Los valores de 0,9 y 1,1 podrán sustituirse por 0,95 y 1,05 respectivamente, si se prevé la colocación de sistemas de control que permitan conocer, durante la ejecución de la obra, el valor de las fuerzas de desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación en la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias.

(2) Por acciones climáticas se entiende la acción térmica, el viento y la nieve.

TABLA 6.2-b **COEFICIENTES PARCIALES PARA LAS ACCIONES $\gamma_F$ (PARA LAS COMPROBACIONES RESISTENTES)**

| ACCIÓN | | EFECTO | |
|---|---|---|---|
| | | FAVORABLE | DESFAVORABLE |
| Permanente de valor constante (*G*) | Peso propio | 1,0 | 1,35 |
| | Carga muerta | 1,0 | 1,35 |
| Permanente de valor no constante (*G**) | Pretensado $P_1$ | 1,0 | 1,0 / 1,2(1) / 1,3(2) |
| | Pretensado $P_2$ | 1,0 | 1,35 |
| | Otras presolicitaciones | 1,0 | 1,0 |
| | Reológicas | 1,0 | 1,35 |
| | Empuje del terreno | 1,0 | 1,5 |
| | Asientos | 0 | 1,2 / 1,35(3) |
| | Rozamiento de apoyos deslizantes | 1,0 | 1,35 |
| Variable (*Q*) | Sobrecarga de uso | 0 | 1,35 |
| | Sobrecarga de uso en terraplenes | 0 | 1,5 |
| | Acciones climáticas | 0 | 1,5 |
| | Empuje hidrostático | 0 | 1,5 |
| | Empuje hidrodinámico | 0 | 1,5 |
| | Sobrecargas de construcción | 0 | 1,35 |

(1) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,2$ será de aplicación al pretensado $P_1$ en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tesar.
(2) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,3$ se aplicará al pretensado $P_1$ en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.
(3) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,35$ corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor $\gamma_{G^*} = 1,2$ corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.

Las hipótesis de carga tomadas en consideración se forman combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea según los criterios prescritos la IAP, tanto para Estados Límite Últimos, en situaciones persistentes o transitorias y accidentales, como para Estados Límite de Servicio

## 2.6 COMBINACIÓN DE ACCIONES PARA LA PASARELA

**Estado Límite Último:**

*Situaciones Persistentes o Transitorias:*

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{K,j}+\sum_{i\geq 1}\gamma_{G^*,i}\cdot G^*{}_{K,m}+\gamma_P\cdot P_K+\gamma_{Q,1}\cdot Q_{K,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\Psi_{0,i}\cdot Q_{K,i}$$

Donde:

$G_{K,j}=$ Valor Representativo de cada Acción Permanente.

$G^*_{K,m}=$ Valor Representativo de cada Acción Permanente de Valor no Constante.

$P_K=$ Valor Representativo de la Acción del Pretensado.

$Q_{K,1}=$ Valor Representativo (Valor Característico) de la Acción Variable Dominante.

$\Psi_{0,i}\cdot Q_{K,i}=$ Valores Representativos (Valores de Combinación) de las Acciones Variables Concomitantes con la Acción Variable Dominante.

- Si la Acción de Sobrecarga es considerada como Dominante, se tomará ésta con su Valor Representativo y la Acción del Viento , aplicándose además los coeficientes ψi pertinentes.
- Si la Acción del Viento es considerada como Dominante, se tomará ésta con su Valor Representativo y no se considerará la actuación simultanea de la Acción de la Sobrecarga de Uso.

*Situaciones Accidentales sin Sismo:*

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{K,j}+\sum_{i\geq 1}\gamma_{G^*,m}\cdot G^*{}_{K,i}+\gamma_P\cdot P_K+\gamma_{Q,1}\cdot\Psi_{1,1}\cdot Q_{K,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\Psi_{2,i}\cdot Q_{K,i}+\gamma_A\cdot A_K$$

Donde:

$G_{K,j}=$ Valor Representativo de cada Acción Permanente.

$G^*_{K,m}=$ Valor Representativo de cada Acción Permanente de Valor no Constante.

$P_K =$ Valor Representativo de la Acción del Pretensado.

$\Psi_{1,i} \cdot Q_{K,1} =$ Valor Frecuente de la Acción Variable Dominante.

$\Psi_{2,i} \cdot Q_{K,i} =$ Valor Quasipermanente de las Acciones Variables Concomitantes con la Acción Variable Dominante.

$A_K =$ Valor Representativo (Valor Característico) de la Acción Accidental.

*Situaciones Accidentales con sismo:*

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{K,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i} \cdot G^*_{K,i} + \gamma_P \cdot P_K + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{2,1} \cdot Q_{K,1} + \gamma_A \cdot A_{E,K}$$

Donde:

$\Psi_{2,1} \cdot Q_{K,1}$ = *Valor Representativo Cuasi-Permanente de la Acción relativa a la Sobrecarga de Uso.*

$A_{E,K} =$ *Valor Representativo Característico de la Acción Sísmica.*

**Estado Límite de Servicio:**

Según EHE:

- Combinación Característica.(poco probable o rara)

$$\sum_{j\geq 1} G_{K,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i} \cdot G^*_{K,i} + \gamma_P \cdot P_K + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{K,i}$$

- Combinación Frecuente.

$$\sum_{j\geq 1} G_{K,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i} \cdot G^*_{K,i} + \gamma_P \cdot P_K + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{K,i}$$

- Combinación Cuasi-Permanente.

$$\sum_{j\geq 1} G_{K,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i} \cdot G^*_{K,i} + \gamma_P \cdot P_K + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{K,i}$$

Tal y como indica la Tabla 6.1-a de la IAP-11 los valores de los coeficientes de combinación Ψ son:

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

## 2.7 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN

Para el dimensionamiento de los elementos de hormigón pretensado y armado se ha analizado su comportamiento de acuerdo a la vigente norma Codigo Estructural. se ha realizado el dimensionado atendiendo al comportamiento de las vigas frente a diversas solicitaciones que marca la vigente normativa. El tipo de pretensado utilizado es interior de armaduras pretesas y adherente.

## 2.8 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE ACERO

Para el dimensionamiento de los elementos de acero estructural se ha analizado su comportamiento de acuerdo a la vigente norma Codigo Estructural. se ha realizado el dimensionado atendiendo al comportamiento de las vigas frente a diversas solicitaciones que marca la vigente normativa.

## 2.9 PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS

Para el cálculo de la estructura se utiliza SAP2000, programa de cálculo de estructuras por métodos matriciales y/o elementos finitos de amplia difusión mundial. Permite una entrada interactiva de datos y una gran flexibilidad en la asignación de nombres a las variables de entrada y de resultados, los cuales se pueden obtener tanto de forma numérica como gráfica, por lo que se dispone de una gran facilidad en la interpretación de los valores correspondientes

Diversas hojas de cálculo en entorno Excel han sido utilizadas para el estudio de distintas cuestiones de cálculo.

## 2.10 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS CONSIDERADOS EN EL CÁLCULO

Se siguen las indicaciones recogidas en el informe geotécnico. En él, se asigna a cada sustrato unas capacidades resistentes y deformaciones que se indican a continuación:

- Relleno antrópico:
  - Resistencia por fuste: 0 MPa
- Depósitos aluviales:
  - Resistencia por fuste: 0 MPa
- Areniscas y Limolitas:
  - Resistencia por fuste: 0.30 MPa.
  - Resistencia por punta: 1.4 MPa

# 3 CALCULOS DE LA PASARELA PEATONAL

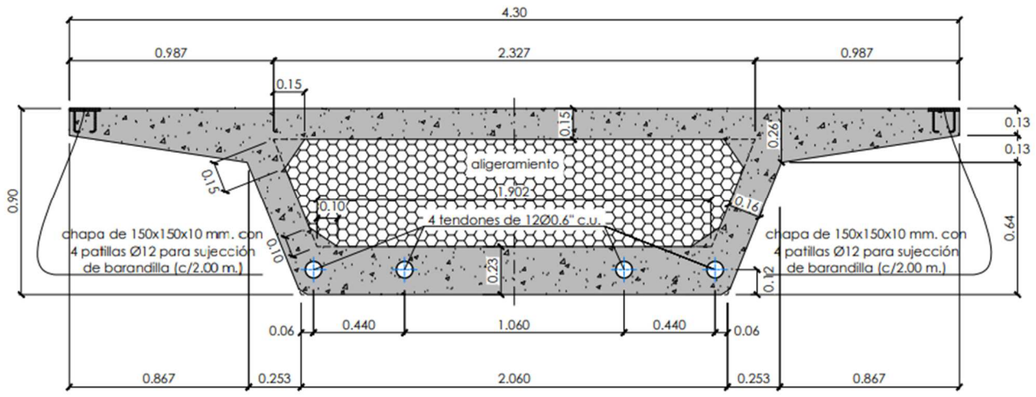
A continuación se adjuntan los cálculos correspondientes a la pasarela. Se incluyen tanto los datos del modelo de cálculo, como la salida de resultados y el dimensionamiento de los distintos elementos estructurales que la configuran.

## 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

Para el cálculo del tablero se ha procedido a realizar un modelo de cálculo que permita la obtención de los esfuerzos existentes en la estructura de una forma que refleje lo más aproximadamente posible la realidad. Se ha desarrollado un modelo mediante el cual se ha podido obtener los esfuerzos existentes en el tablero para poder así proceder a un dimensionamiento del mismo.

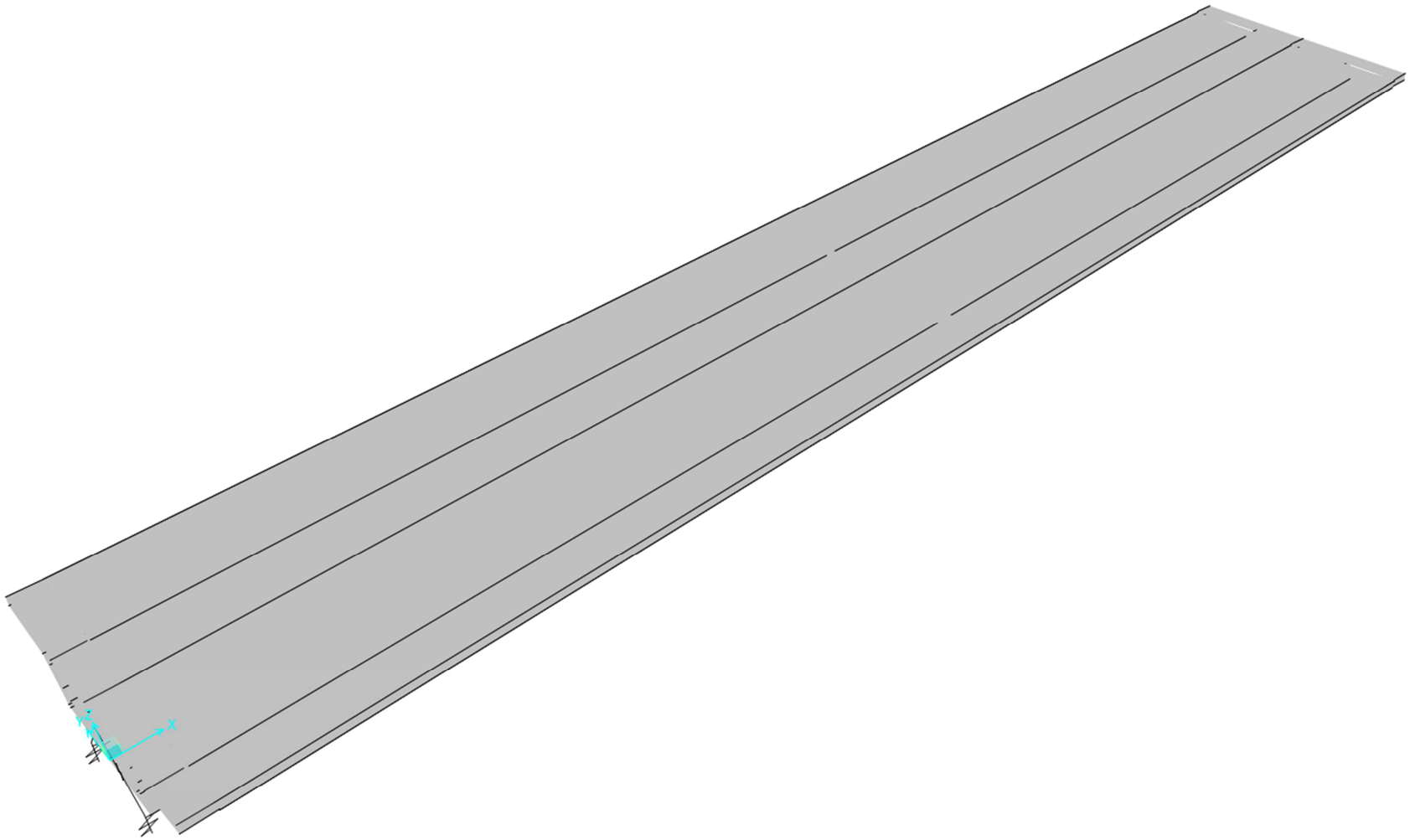
**Características mecánicas de las vigas (secciones por viga):**

En los cuadros siguientes, $V_a$, $V_b$ y $V_c$ son las distancia del centro de gravedad de la sección correspondiente a la fibra superior de la viga, fibra inferior de la viga

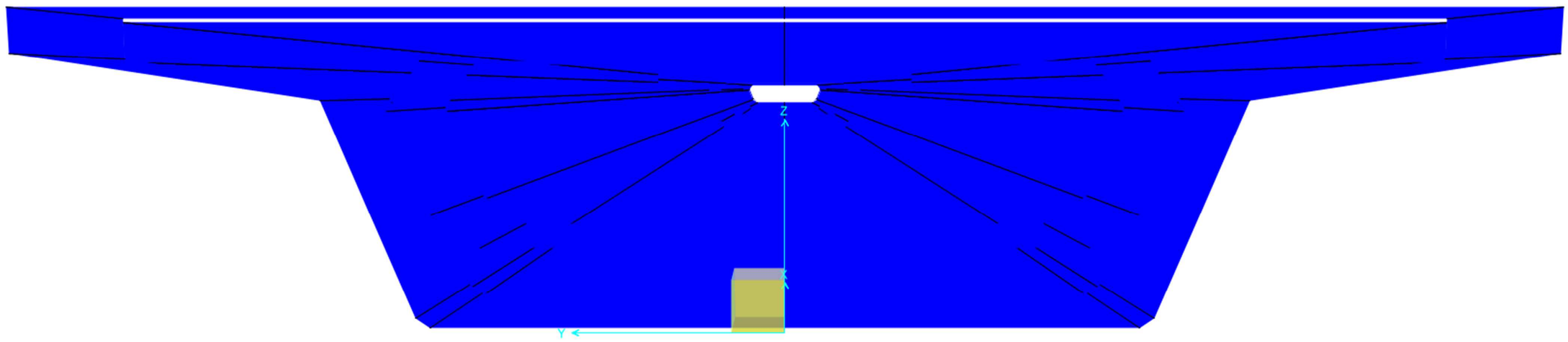



| | |
|---|---|
| Val ... [m] = | 0.38429 |
| Vbl .... [m] = | 0.51571 |
| AREA .. [m2] | 1.45117 |
| INERCIA [m4 | 0.15696 |

## 3.2 MODELO.




**Planta**




**Sección**

# 4 MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

## 4.1 OBJETO

El objeto del presente punto es especificar recomendaciones para el mantenimiento de la estructura que se diseña en los siguientes apartados.

Todas las observaciones apuntadas en el presente documento quedan supeditadas a los criterios generales establecidos por el ente que realiza la explotación y mantenimiento de la estructura, los cuales prevalecen o complementan a los indicados. En este apartado simplemente se subrayan los aspectos más importantes, para los que conviene prestar atención durante las labores de mantenimiento.

## 4.2 INTRODUCCIÓN

La finalidad del mantenimiento es conservar todas las condiciones de servicio de la estructura en el mejor nivel posible a lo largo de su fase de servicio. De la misma forma, las inspecciones periódicas según establezcan los criterios de control de la propiedad contribuyen a asegurar una vida útil acorde con lo que las exigencias de durabilidad exigen para este tipo de estructuras[1].

En líneas generales, las causas y razones más comunes por las que es necesario el mantenimiento de un puente son:

- Errores en el proyecto, errores durante la construcción, vigilancia, mantenimiento o reparaciones inexistentes o inadecuadas.
- Materiales inadecuados o deterioro y degradación de los mismos.
- Variación con el tiempo de las condiciones de tráfico (cargas y velocidades).
- Acciones naturales de tipo físico, mecánico o químico.
- Acciones accidentales: terremotos, avenidas, impacto de vehículos con elementos estructurales del puente.

Además del mantenimiento de los elementos estructurales, deben de cuidarse aquellos elementos sobre los que se realiza el tráfico: pavimento, juntas de dilatación y sistemas de contención. De ahora en adelante, se hará referencia exclusivamente a los elementos estructurales, objeto del presente documento.

Al seguirse los requerimientos en durabilidad exigidos por normativa (recubrimientos de armaduras, tipos de cemento, resistencia de hormigones según el ambiente al que están expuestos, etc.) es esperable una buena conservación de la estructura. Así mismo, las cargas con las que se han dimensionado el puente, marcadas por la instrucción, vienen avaladas por años de práctica en los que no se han observado patologías.

De aquí en adelante no se hará más alusión a los fallos que se derivarían como consecuencia de la puesta en obra de materiales defectuosos o incluso de los posibles errores en los que se podría haber incurrido en el proyecto; se entiende además que los controles de calidad aplicados tanto por la Obra, la Asistencia Técnica o incluso la Dirección de Obra, unido al cálculo por parte del proyectista de acuerdo a la normativa vigente, y, por tanto, aplicando los coeficientes de seguridad adecuados en cada caso, objeto también por otro lado de un control exterior por parte de la asistencia, determinan una probabilidad de fallo por estas circunstancias bastante escasa.

En primer lugar, hay que recordar que las inspecciones deberán realizarse inmediatamente antes de la puesta en servicio de la estructura y tras la prueba de carga, y posteriormente cada 15 años como máximo, así como tras un hecho extraordinario, tal como un impacto de un vehículo contra una pila o tras observarse desplazamientos o daños en un elemento de la estructura.

Adicionalmente a lo establecido en el párrafo anterior, estimamos recomendable una cierta vigilancia mediante inspección visual de la estructura durante los primeros meses de su puesta en servicio.

## 4.3 ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Se citan a continuación algunos de los principales problemas que pudieran afectar a las estructuras en el caso de darse algunas de las circunstancias enumeradas en el apartado anterior.

- La presencia de agua por una inadecuada evacuación de la misma da lugar a problemas muy diversos, ya sea por la propia acción directa del agua (erosiones, socavaciones, humedad, corrosión…) como por su acción como vehículo de otros agentes agresivos. La humedad también puede originar desperfectos y daños en las zonas de apoyo y juntas.
- Posibles defectos de nivelación en las mesetas para los aparatos de apoyo que podrían originar un contacto defectuoso entre el tablero y los apoyos, derivando en una cierta tendencia a “escupir” los apoyos de neopreno de su posición teórica.
- La existencia de fisuras de apertura no controlada (por encima de la normativa) podría acelerar los procesos de corrosión en armaduras y, por tanto, acortar la vida útil de la estructura.

[1]Según la actual EHE-08 el periodo exigido para la vida útil de este tipo de estructuras es de 100 años

- Comportamiento inesperado de los elementos de cimentación derivados de la naturaleza real del terreno, con la consecuencia de asientos excesivos o desplazamientos de los mismos.

Se dan a continuación algunos criterios generales para poder desarrollar las labores de mantenimiento cuando correspondan, los cuales deberán ser contrastados con los especificados por el ente que realice la explotación y conservación de la obra, según sus bases generales de mantenimiento de estructuras, si las hubiere, así como para establecer una periodicidad adecuada. Estos criterios están dotados para prevenir o corregir consecuencias de las causas citadas anteriormente.

- Aspecto visual general de las estructuras, con ausencia de deformaciones superiores a los límites impuestos por la normativa vigente.
- Inspección del estado de conservación de las juntas de dilatación en las estructuras, así como la comprobación de que los movimientos de las mismas no superan a los especificados en el proyecto.

La máxima dilatación del tablero se alcanzará en los veranos de los primeros años de funcionamiento, mientras que las máximas contracciones se darán cuando, a las contracciones térmicas en invierno, se les sumen las deformaciones finales de retracción y la fluencia que se alcanzarán con el paso de los años. Dependiendo del estado de la junta de dilatación, será necesario limpiarla, rehabilitarla o incluso sustituirla.

- Verificación del adecuado funcionamiento de los dispositivos de drenaje y comprobación de la ausencia de acumulaciones de agua o humedades importantes en las estructuras (limpieza de los drenajes y sumideros, y la comprobación de su funcionamiento). Es importante verificar que el agua evacuada del tablero caiga libremente o sea evacuada por un colector fuera del entorno de la estructura evitando su contacto y circulación por las superficies de hormigón.
- Adicionalmente, deberá verificarse que tampoco se producen acumulaciones de agua en los rellenos que pudieran ocasionar un empuje no esperado en los diferentes elementos estructurales. Por otro lado, si por lluvia se observan erosiones en los terraplenes de acceso, se deberá proceder a realizar pequeños rellenos y protecciones de la zona (bordillos y bajantes adicionales).
- Inspecciones periódicas visuales de los aparatos de apoyo (cuya cadencia estará establecida por las bases generales de mantenimiento de la propiedad o, en su defecto, por la Instrucción para Inspecciones de Puentes). Se deberá prestar atención especialmente a su integridad, pero también al estado de conservación de las mesetas de apoyo y de la existencia de un contacto adecuado entre apoyos y estructura. El resultado de las mismas podrá derivar en la necesidad de proceder a labores de reparación o incluso de sustitución de apoyos (mediante el uso de gatos y apeos provisionales, y con la redacción en tal caso un protocolo para su realización en colaboración con la empresa suministradora). Los dispositivos de apoyo podrían requerir además de un programa de limpieza a intervalos regulares y protegerlos con pintura o material galvanizado. Será necesario especialmente inspeccionar los daños sufridos tras un hipotético terremoto.
- Inspecciones periódicas (de la misma forma que antes), también con carácter visual y, si se considera necesario, con aparatos de medida, del aspecto general de las estructuras en lo que se refiere a los materiales y a la posible aparición de fisuras con apertura superior a lo estipulado en la normativa vigente. El resultado de las mismas puede derivar en la necesidad de realizar campañas de inyecciones o incluso trabajos de refuerzo específicos, que deberán ser estudiados en cada caso.
- Observación del estado general de las cimentaciones (en aquellas zonas que puedan ser accesibles) y verificación de la ausencia de asientos o movimientos por encima de los esperados.
- La acción accidental de impactos de vehículos sobre los sistemas de contención, aunque esté contemplada en el proyecto, requerirá de una inspección posterior en caso de producirse. Si es necesario se elaborará un protocolo de reparación si las consecuencias de esta posible acción accidental así lo requieren.

Todas las operaciones de mantenimiento descritas se refieren sólo a los elementos estructurales; como se ha indicado al principio. Otro tipo de mantenimiento, indispensable para el buen servicio de los puentes, comprende acciones varias la comprobación de los anclajes de barandillas, canalizaciones, señalización y sustitución de la capa de rodadura. Este mantenimiento se considera que se llevará a cabo de forma rutinaria por los equipos encargados del mantenimiento ordinario de las vías y de acuerdo a las bases establecidas para la conservación de la plataforma, pero no son relevantes para la seguridad estructural de la obra de paso.

# 5 MODELO CÁLCULO

## 5.1 DATOS DE ENTRADA

**1. Model geometry**

This section provides model geometry information, including items such as joint coordinates, joint restraints, and element connectivity.

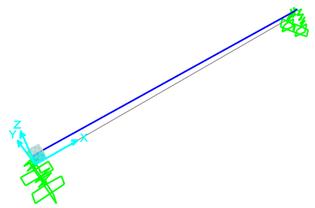



**Figure 1: Finite element model**

***1.1. Joint coordinates***

**Table 1: Joint Coordinates**

**Table 1: Joint Coordinates**

| Joint | CoordSys | CoordType | GlobalX | GlobalY | GlobalZ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | m | m |
| 1 | GLOBAL | Cartesian | 0. | 0. | 0.525 |
| 2 | GLOBAL | Cartesian | 23.2 | 0. | 0.525 |
| 3 | GLOBAL | Cartesian | 0.4 | 0. | 0.525 |
| 4 | GLOBAL | Cartesian | 11.6 | 0. | 0.525 |
| 5 | GLOBAL | Cartesian | 22.8 | 0. | 0.525 |
| 10 | GLOBAL | Cartesian | 0. | 0.675 | -0.3 |
| 11 | GLOBAL | Cartesian | 23.2 | 0.675 | -0.3 |
| 12 | GLOBAL | Cartesian | 0. | -0.675 | -0.3 |
| 13 | GLOBAL | Cartesian | 23.2 | -0.675 | -0.3 |
| 14 | GLOBAL | Cartesian | 0. | 0.675 | -0.6 |
| 15 | GLOBAL | Cartesian | 23.2 | 0.675 | -0.6 |
| 16 | GLOBAL | Cartesian | 0. | -0.675 | -0.6 |
| 17 | GLOBAL | Cartesian | 23.2 | -0.675 | -0.6 |
| 18 | GLOBAL | Cartesian | 0. | 0. | 0. |

***1.2. Joint restraints***

**Table 2: Joint Restraint Assignments**

**Table 2: Joint Restraint Assignments**

| Joint | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 15 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 16 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 17 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

***1.3. Element connectivity***

**Table 3: Connectivity - Frame**

**Table 3: Connectivity - Frame**

| Frame | JointI | JointJ | Length |
|---|---|---|---|
| | | | m |
| 1 | 1 | 3 | 0.4 |
| 2 | 3 | 4 | 11.2 |
| 3 | 4 | 5 | 11.2 |
| 4 | 5 | 2 | 0.4 |

**Table 4: Frame Section Assignments**

**Table 4: Frame Section Assignments**

| Frame | AnalSect | DesignSect | MatProp |
|---|---|---|---|
| 1 | SECCION VIGA MACIZA | N.A. | Default |
| 2 | SECCION VIGA ALIGERADA | N.A. | Default |
| 3 | SECCION VIGA ALIGERADA | N.A. | Default |
| 4 | SECCION VIGA MACIZA | N.A. | Default |

**2. Material properties**

This section provides material property information for materials used in the model.

**Table 5: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

**Table 5: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

| Material | UnitWeight | UnitMass | E1 | G12 | U12 | A1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonf/m3 | Tonf-s2/m4 | Tonf/m2 | Tonf/m2 | | 1/C |
| 4000Psi | 2.4028E+00 | 2.4501E-01 | 2534563.54 | 1056068.14 | 0.2 | 9.9000E-06 |
| A615Gr60 | 7.8490E+00 | 8.0038E-01 | 20389019.16 | | | 1.1700E-05 |
| HA-50 | 2.5485E+00 | 2.5988E-01 | 3942261.59 | 1642609. | 0.2 | 1.0000E-05 |

**Table 6: Material Properties 03b - Concrete Data**

**Table 6: Material Properties 03b - Concrete Data**

| Material | Fc | eFc | FinalSlope | CoupModType |
|---|---|---|---|---|
| | Tonf/m2 | Tonf/m2 | | |
| 4000Psi | 2812.28 | 2812.28 | -0.1 | Modified Darwin-Pecknold |
| HA-50 | 5098.58 | 5098.58 | -0.1 | Modified Darwin-Pecknold |

Table 7: Material Properties 03e - Rebar Data

Table 7: Material Properties 03e - Rebar Data

| Material | Fy | Fu | FinalSlope | CoupModType |
|---|---|---|---|---|
| | Tonf/m2 | Tonf/m2 | | |
| A615Gr60 | 42184.18 | 63276.27 | -0.1 | Von Mises |

## 3. Section properties

This section provides section property information for objects used in the model.

### *3.1. Frames*

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6

| SectionName | Material | Shape | S33Top | S33Bot | S22Left | S22Right | Area |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m3 | m3 | m3 | m3 | m2 |
| SECCION VIGA ALIGERADA | HA-50 | SD Section | 0.404743 | 0.289298 | 0.753934 | 0.753933 | 1.417566 |
| SECCION VIGA MACIZA | HA-50 | SD Section | 0.454029 | 0.342605 | 0.932148 | 0.932148 | 2.490641 |

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6

| SectionName | TorsConst | CGOffset3 | I33 | CGOffset2 | I22 | I23 | EccV3 | Cw |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m4 | m | m4 | m | m4 | m4 | m | m6 |
| SECCION VIGA ALIGERADA | 0.34195 | 7.312E-07 | 0.151839 | 0.074852 | 1.620957 | -1.700E-07 | 0. | 0. |
| SECCION VIGA MACIZA | 0.451434 | 2.890E-08 | 0.175736 | 0.062941 | 2.004117 | -3.593E-08 | 0. | 0. |

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6

| SectionName | AS2 | AS3 |
|---|---|---|
| | m2 | m2 |
| SECCION VIGA ALIGERADA | 0.393779 | 1.21728 |
| SECCION VIGA MACIZA | 2.029767 | 2.32591 |

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6

| SectionName | Z33 | Z22 | R33 | R22 |
|---|---|---|---|---|
| | m3 | m3 | m | m |
| SECCION VIGA ALIGERADA | 0.413297 | 1.303633 | 0.32728 | 1.069336 |
| SECCION VIGA MACIZA | 0.575095 | 1.858059 | 0.265629 | 0.897028 |

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6

| SectionName | EccV2 | AMod | A2Mod | A3Mod | JMod | I2Mod | I3Mod | MMod |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | | | | | | | |
| SECCION VIGA ALIGERADA | 0. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. |
| SECCION VIGA MACIZA | 0. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. |

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 6 of 6

Table 8: Frame Section Properties 01 - General, Part 6 of 6

| SectionName | WMod |
|---|---|
| SECCION VIGA ALIGERADA | 1. |
| SECCION VIGA MACIZA | 1. |

### *3.2. Areas*

Table 9: Area Section Properties, Part 1 of 3

Table 9: Area Section Properties, Part 1 of 3

| Section | Material | AreaType | Type | DrillDOF | Thickness | BendThick | F11Mod |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | m | m | |
| ASEC1 | 4000Psi | Shell | Shell-Thin | Yes | 0.25 | 0.25 | 1. |

Table 9: Area Section Properties, Part 2 of 3

Table 9: Area Section Properties, Part 2 of 3

| Section | F22Mod | F12Mod | M11Mod | M22Mod | M12Mod | V13Mod | V23Mod |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ASEC1 | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. |

Table 9: Area Section Properties, Part 3 of 3

Table 9: Area Section Properties, Part 3 of 3

| Section | MMod | WMod |
|---|---|---|
| ASEC1 | 1. | 1. |

### *3.3. Solids*

Table 10: Solid Property Definitions

Table 10: Solid Property Definitions

| SolidProp | Material | MatAngleA | MatAngleB | MatAngleC |
|---|---|---|---|---|
| | | Degrees | Degrees | Degrees |
| Solid1 | 4000Psi | 0. | 0. | 0. |

## 4. Load patterns

This section provides loading information as applied to the model.

### *4.1. Definitions*

**Table 11: Load Pattern Definitions**

Table 11: Load Pattern Definitions

| LoadPat | DesignType | SelfWtMult | AutoLoad |
|---|---|---|---|
| DEAD | Dead | 1. | |
| 02-CP | Super Dead | 0. | |
| 03-SC_1/2 | Super Dead | 0. | |
| 03-SC_2/2 | Super Dead | 0. | |
| 04-R-F | Other | 0. | |
| 05-T+ | Other | 0. | |
| 05-T- | Other | 0. | |
| 06-Viento CP | Wind | 0. | API4F 2013 |
| 07-Viento Vertical | Wind | 0. | API4F 2013 |

### *4.2. Auto wind loading*

**Table 12: Auto Wind - API 4F 2013**

Table 12: Auto Wind - API 4F 2013

| LoadPat | ExposeFrom | Angle | UserZ | WindVel | SSLMult | ShieldFact |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Degrees | | | | |
| 06-Viento CP | Frames | 0. | No | 93. | 1. | 0.85 |
| 07-Viento Vertical | Frames | 0. | No | 93. | 1. | 0.85 |

## 5. Load cases

This section provides load case information.

### *5.1. Definitions*

**Table 13: Load Case Definitions, Part 1 of 2**

Table 13: Load Case Definitions, Part 1 of 2

| Case | Type | InitialCond | ModalCase | BaseCase | MassSource | DesActOpt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MODAL | LinModal | Zero | | | | Prog Det |
| DEAD | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 02-CP | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 03-SC_1/2 | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 03-SC_2/2 | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 04-R-F | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 05-T+ | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 05-T- | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 06-Viento CP | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |
| 07-Viento Vertical | LinStatic | Zero | | | | Prog Det |

**Table 13: Load Case Definitions, Part 2 of 2**

Table 13: Load Case Definitions, Part 2 of 2

| Case | DesignAct |
|---|---|
| MODAL | Other |
| DEAD | Non-Composite |
| 02-CP | Long-Term Composite |
| 03-SC_1/2 | Long-Term Composite |
| 03-SC_2/2 | Long-Term Composite |
| 04-R-F | Other |
| 05-T+ | Other |
| 05-T- | Other |
| 06-Viento CP | Short-Term Composite |
| 07-Viento Vertical | Short-Term Composite |

### *5.2. Static case load assignments*

**Table 14: Case - Static 1 - Load Assignments**

Table 14: Case - Static 1 - Load Assignments

| Case | LoadType | LoadName | LoadSF |
|---|---|---|---|
| DEAD | Load pattern | DEAD | 1. |
| 02-CP | Load pattern | 02-CP | 1. |
| 03-SC_1/2 | Load pattern | 03-SC_1/2 | 1. |
| 03-SC_2/2 | Load pattern | 03-SC_2/2 | 1. |
| 04-R-F | Load pattern | 04-R-F | 1. |
| 05-T+ | Load pattern | 05-T+ | 1. |
| 05-T- | Load pattern | 05-T- | 1. |
| 06-Viento CP | Load pattern | 06-Viento CP | 1. |
| 07-Viento Vertical | Load pattern | 07-Viento Vertical | 1. |

### *5.3. Response spectrum case load assignments*

**Table 15: Function - Response Spectrum - User**

Table 15: Function - Response Spectrum - User

| Name | Period | Accel | FuncDamp |
|---|---|---|---|
| | Sec | | |
| UNIFRS | 0. | 1. | 0.05 |
| UNIFRS | 1. | 1. | |

## 6. Load combinations

This section provides load combination information.

**Table 16: Combination Definitions**

Table 16: Combination Definitions

| ComboName | ComboType | CaseName | ScaleFactor |
|---|---|---|---|
| 03-SC | Range Add | 03-SC_1/2 | 1. |
| 03-SC | | 03-SC_2/2 | 1. |
| 04-T | Envelope | 05-T+ | 1. |
| 04-T | | 05-T- | 1. |
| 005-VIENTO TRANSVERSAL | Envelope | 06-Viento CP | 1. |
| 005-VIENTO TRANSVERSAL | | 06-Viento CP | -1. |
| 006-VIENTO VERTICAL | Envelope | 07-Viento Vertical | -1. |
| 006-VIENTO VERTICAL | | 07-Viento Vertical | 1. |
| H1 | Linear Add | DEAD | 1.35 |
| H1 | | 02-CP | 1.35 |
| H1 | | 03-SC | 1.35 |
| H1 | | 04-R-F | 1.35 |
| H1 | | 04-T | 0.9 |
| H1 | | 005-VIENTO TRANSVERSAL | 0.9 |
| H1 | | 006-VIENTO VERTICAL | 0.9 |
| H2 | Linear Add | DEAD | 1.35 |
| H2 | | 02-CP | 1.35 |
| H2 | | 04-R-F | 1.35 |
| H2 | | 04-T | 1.5 |
| H2 | | 005-VIENTO TRANSVERSAL | 1.5 |
| H2 | | 006-VIENTO VERTICAL | 1.5 |
| S1 | Linear Add | DEAD | 1. |
| S1 | | 02-CP | 1. |
| S1 | | 03-SC | 1. |
| S1 | | 04-R-F | 1. |
| S1 | | 04-T | 0.6 |
| S1 | | 005-VIENTO TRANSVERSAL | 0.6 |
| S1 | | 006-VIENTO VERTICAL | 0.6 |
| S2 | Linear Add | DEAD | 1. |
| S2 | | 02-CP | 1. |
| S2 | | 04-R-F | 1. |
| S2 | | 04-T | 1. |
| S2 | | 005-VIENTO TRANSVERSAL | 1. |
| S2 | | 006-VIENTO VERTICAL | 1. |
| ELU | Envelope | H1 | 1. |
| ELU | | H2 | 1. |
| ELS | Envelope | S1 | 1. |
| ELS | | S2 | 1. |

## 7. Material take-off

This section provides a material take-off.

**Table 17: Material List 2 - By Section Property**

Table 17: Material List 2 - By Section Property

| Section | ObjectType | NumPieces | TotalLength | TotalWeight |
|---|---|---|---|---|
| | | | m | Tonf |
| SECCION VIGA MACIZA | Frame | 2 | 0.8 | 5.078 |
| SECCION VIGA ALIGERADA | Frame | 2 | 22.4 | 80.9249 |
| RIGIDO | Link | 4 | | 0. |
| NEOPRENO | Link | 4 | | 0. |

## 8. Design preferences

This section provides the design preferences for each type of design, which typically include material reduction factors, framing type, stress ratio limit, deflection limits, and other code specific items.

### *8.1. Steel design*

**Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4**

Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4

| THDesign | FrameType | PatLLF | SRatioLimit | MaxIter | SDC | SeisCode | SeisLoad | ImpFactor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Envelopes | SMF | 0.75 | 0.95 | 1 | D | No | No | 1. |

**Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4**

Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4

| SystemRho | SystemSds | SystemR | SystemCd | Omega0 | Provision | AMethod | SOMethod | SRMethod |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0.5 | 8. | 5.5 | 3. | LRFD | Direct Analysis | General 2nd Order | Tau-b Fixed |

**Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4**

Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4

| NLCoeff | PhiB | PhiC | PhiTY | PhiTF | PhiV | PhiVRolledI | PhiVT | PlugWeld |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.002 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.75 | 0.9 | 1. | 0.9 | Yes |

**Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4**

Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4

| HSSWelding | HSSReduceT | CheckDefl | DLRat | SDLAndLLRat | LLRat | TotalRat | NetRat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ERW | No | No | 120. | 120. | 360. | 240. | 240. |

### 8.2. Concrete design

**Table 19: Preferences - Concrete Design - Eurocode 2-2004, Part 1 of 3**

**Table 19: Preferences - Concrete Design - Eurocode 2-2004, Part 1 of 3**

| MinEccen | CTorsion | PatLLF | UFLimit | Country | CombosEq | RelClass | SOM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yes | Yes | 0.75 | 0.95 | CEN Default | Eq. 6.10 | Class 2 | Nominal Curvature |

**Table 19: Preferences - Concrete Design - Eurocode 2-2004, Part 2 of 3**

**Table 19: Preferences - Concrete Design - Eurocode 2-2004, Part 2 of 3**

| Theta0 | GammaS | GammaC | AlphaCC | AlphaCT | AlphaLCC | AlphaLCT | GammacE | Alphae |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.005 | 1.15 | 1.5 | 1. | 1. | 0.85 | 0.85 | 1.2 | 15. |

**Table 19: Preferences - Concrete Design - Eurocode 2-2004, Part 3 of 3**

**Table 19: Preferences - Concrete Design - Eurocode 2-2004, Part 3 of 3**

| RebarTop | RebarBot | RibbedBar |
|---|---|---|
| | | Yes |

**Table 20: Preferences - Concrete Shell Design - Eurocode 2-2004**

**Table 20: Preferences - Concrete Shell Design - Eurocode 2-2004**

| Country | GammaS | GammaC | AlphaCC | AlphaCT | CrackCond | ShrDesMet | CotTheta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CEN Default | 1.15 | 1.5 | 1. | 1. | Program Determined | Method 1 | 1. |

### 8.3. Aluminum design

**Table 21: Preferences - Aluminum Design - AA 2015, Part 1 of 2**

**Table 21: Preferences - Aluminum Design - AA 2015, Part 1 of 2**

| THDesign | SRatioLimit | Provision | LatFact | UseLatFact | Bridge | PhiTy | PhiTr | PhiC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Envelopes | 1. | LRFD | 1.333333 | No | No | 0.9 | 0.75 | 0.9 |

**Table 21: Preferences - Aluminum Design - AA 2015, Part 2 of 2**

**Table 21: Preferences - Aluminum Design - AA 2015, Part 2 of 2**

| PhiBo | PhiBr | PhiVo | PhiVr |
|---|---|---|---|
| 0.9 | 0.75 | 0.9 | 0.75 |

### 8.4. Cold formed design

**Table 22: Preferences - Cold Formed Design - AISI-16, Part 1 of 2**

**Table 22: Preferences - Cold Formed Design - AISI-16, Part 1 of 2**

| THDesign | FrameType | SRatioLimit | SOMethod | Provision | LatFact | UseLatFact | PhiTy | PhiTr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Envelopes | Braced Frame | 1. | General 2nd Order | LRFD | 1.333333 | No | 0.9 | 0.75 |

**Table 22: Preferences - Cold Formed Design - AISI-16, Part 2 of 2**

**Table 22: Preferences - Cold Formed Design - AISI-16, Part 2 of 2**

| PhiC | PhiB | PhiBPipe | PhiV |
|---|---|---|---|
| 0.85 | 0.9 | 0.95 | 0.95 |

# 6 CÁLCULO DEL TABLERO. DIMENSIONAMIENTO

En las siguientes hojas se recogen los esfuerzos que se producen en el tablero

**STRUCTURAL RESEARCH S.L.**
Avda. Pirineos Nº 11 - 1º D
22004 - HUESCA

Cliente: **FULCRUM**
Obra: **PASARELA 0+900**

| | |
|---|---|
| Numero Vigas | 1 |
| Canto | 0.9 |
| Ancho: | 4.3 |
| Intereje | 4.3 |
| Espesor Losa | 0 |
| Pavimento | 0.12 |
| Peso c/ Acera | 0.15 |
| Sobrecarga | 0.5 |
| **Luz de Cálculo** | **23.20** |

| | |
|---|---|
| Peso Viga | 3.6279 |
| Peso Losas | 0 |
| Pavimento | 0.516 |
| Aceras | 0.3 |
| C. Permane. | 0.816 |
| Sobrecarga | 2.15 |

| RESUMEN DE ESFUERZOS | | |
|---|---|---|
| **DEBIDO A** | **CORTANTE** | **FLECTORES** |
| **Peso Propio** | **42.08** | **244.09** |
| **Losa** | **0.00** | **0.00** |
| **Cargas Permanentes** | **9.47** | **54.90** |
| **Sobrecarga** | **24.94** | **144.65** |

Se analiza a continuación el estado tensional del tablero en la secciones del tablero
Los cálculos se han empleado los siguientes criterios en cuanto a pérdidas y coeficientes de mayoración del pretensado:

- *Coeficiente de pérdidas iniciales de pretensado:* Se han considerado simplificadamente unas pérdidas iniciales del 5% en todos los casos; dado que la diferencia es escasa y que por tanto no incide significativamente en el estado inicial tensional, y que además, las tensiones más relevantes desde el punto de vista del dimensionamiento se producen a tiempo infinito, parece razonable aceptar esta aproximación.
- *Coeficiente de pérdidas diferidas del pretensado:* En el caso del postesado sobre la viga se ha considerado porcentaje de pérdidas del 20% para los cables de las vigas a tiempo infinito respecto a la carga introducida por el gato sobre las secciones en las que se efectúa dicho postesado.
- *Coeficiente de minoración o mayoración del efecto del pretensado:* Se utiliza los valores de 0,95 y 1,05.
-

Para poder interpretar los cálculos presentados debe tenerse en cuenta la notación que figura a continuación:

Características mecánicas:

A = Área de la sección en la fase correspondiente (inicial, intermedia y final).
I = Inercia de la sección en la fase correspondiente (inicial, intermedia y final).
Va= Distancia de la fibra superior de la viga a la fibra neutra.
Vb= Distancia de la fibra inferior de la viga a la fibra neutra.
Vc= Distancia de la fibra superior de la losa a la fibra neutra.

Esfuerzos:

$M_{pp,viga}$ = Momento flector producido sobre la sección inicial de la viga
$M_{pp,losa}$ = Momento flector producido sobre la sección intermedia de la viga
$M_{cp}$ = Momento flector producido por las cargas permanentes.
$M_{sc\ carril}$ = omento flector producido por la sobrecarga uniforme
$M_{Tandem}$ = Momento flector producido por la acción del Tandem si lo hubiera.

Pretensado:

$\sigma_{p,a}$ = Tensión en la fibra superior de la viga producida por el pretensado
$\sigma_{p,b}$ = Tensión en la fibra inferior de la viga producida por el pretensado
$\sigma_{p,c}$ = Tensión en la fibra superior de la losa producida por el pretensado

Cálculo de tensiones:

$S_a$ = Tensión en la fibra superior de la viga
$S_b$ = Tensión en la fibra inferior de la viga
$S_c$ = Tensión en la fibra superior de la losa

## 6.1 CALCULO PASARELA

**CARACTERISTICAS MECANICAS SECCIÓN CENTRAL**

| [ INICIALES HOMOG] | | [ FINALES ] | |
|---|---|---|---|
| Val ... [m] = | 0.38429 | VaF ..... [m] | 0.38429 |
| Vbl .... [m] = | 0.51571 | VbF ..... [m] | 0.51571 |
| AREA .. [m2] | 1.45117 | VcF ..... [m] | 0.38429 |
| INERCIA [m4 | 0.15696 | INER.FIN. [m4] | 0.15696 |

**MATERIALES Y COEFICIENTES**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fck viga | 5000 | Coe. Mi. Hor. Viga | 1.50 |
| Fck losa | 3000 | Coe. Mi. Hor. Losa | 1.50 |
| Fyk viga | 50000 | Coe. Mi. Ace. Viga | 1.15 |
| Fyk losa | 50000 | Coe. Mi. Ace. Losa | 1.15 |

**DATOS GEOMETRICOS**

| | |
|---|---|
| Tipo Viga | BU |
| Canto Viga | 0.90 |
| Intereje | 3.40 |
| Espesor Losa | 0.00 |
| Anc. Cab. Sup. | 3.40 |
| Espesor Ala | 0.15 |
| Espesor Alma | 0.32 |
| An. Inf. Viga | 2.06 |
| Es. Talón | 0.23 |
| Ancho Ala | 3.40 |
| Entrega Placa | 0.25 |

**TENSIONES DE FLEXION DEBIDO A LAS CARGAS EXTERIORES SIN PRETENSADO [Tn/m²]**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mpp viga | 244.09 | M cm max | 54.90 | M sc Carril | 0.00 |
| Mpp losa | 0.00 | | 0.00 | M Tandem (*) | 144.65 |

| PUNTO | EN FABRICA | | EN SERVICIO | | | CON CARGAS MAXIMAS | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SA | SB | SA | SB | SC | SA | SB | SC | |
| 11.60 | 597.63 | -802.01 | 732.05 | -982.39 | 134.42 | 1086.21 | **-1457.67** | 488.58 | L/2 |
| 11.35 | 597.35 | -801.63 | 731.71 | -981.93 | 134.35 | 1085.70 | **-1456.99** | 488.35 | |
| 10.85 | 595.13 | -798.65 | 728.98 | -978.28 | 133.85 | 1081.66 | **-1451.57** | 486.53 | |
| 10.35 | 590.69 | -792.69 | 723.54 | -970.98 | 132.86 | 1073.59 | **-1440.74** | 482.90 | |
| 9.85 | 584.03 | -783.75 | 715.38 | -960.03 | 131.36 | 1061.48 | **-1424.49** | 477.46 | |
| 9.35 | 575.14 | -771.83 | 704.50 | -945.43 | 129.36 | 1045.34 | **-1402.83** | 470.20 | |
| 8.85 | 564.04 | -756.93 | 690.90 | -927.18 | 126.86 | 1025.16 | **-1375.74** | 461.12 | |
| 8.35 | 550.72 | -739.05 | 674.58 | -905.28 | 123.87 | 1000.94 | **-1343.25** | 450.23 | |
| 7.85 | 535.17 | -718.19 | 655.54 | -879.72 | 120.37 | 972.69 | **-1305.33** | 437.52 | |
| 7.35 | 517.41 | -694.35 | 633.78 | -850.52 | 116.37 | 940.40 | **-1262.00** | 422.99 | |
| 6.35 | 475.21 | -637.73 | 582.10 | -781.16 | 106.88 | 863.71 | **-1159.09** | 388.50 | |
| 5.35 | 424.14 | -569.19 | 519.53 | -697.20 | 95.40 | 770.88 | **-1034.51** | 346.74 | |
| 4.35 | 364.18 | -488.72 | 446.09 | -598.64 | 81.91 | 661.91 | **-888.27** | 297.73 | |
| 3.35 | 295.34 | -396.34 | 361.77 | -485.48 | 66.43 | 536.79 | **-720.36** | 241.45 | |
| 2.35 | 217.62 | -292.04 | 266.56 | -357.72 | 48.95 | 395.52 | **-530.78** | 177.91 | |
| 1.35 | 131.01 | -175.81 | 160.47 | -215.35 | 29.47 | 238.11 | **-319.54** | 107.10 | |
| 0.35 | 35.52 | -47.67 | 43.51 | -58.39 | 7.99 | 64.56 | **-86.64** | 29.04 | |
| -0.65 | -68.85 | 92.40 | -84.34 | 113.18 | -15.49 | -125.14 | **167.94** | -56.29 | |
| -1.65 | -182.11 | 244.38 | -223.07 | 299.35 | -40.96 | -330.98 | **444.17** | -148.88 | |
| -2.65 | -304.24 | 408.29 | -372.67 | 500.12 | -68.43 | -552.97 | **742.08** | -248.73 | |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | APOYO |

**CUADRO DE PRETENSADOS**

| | CABLES PRETENSADOS | | | | | TORONES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ø Cable | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| COTA (cm) | 5 | 10 | 15 | 20 | 85 | 13 |
| AREA (mm²) | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Tensi. (Kg/mm²) | | | 142.50 | | | 145.00 |
| PUNTO | | | | | | |
| 11.60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 11.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 10.85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 10.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 9.85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 9.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 8.85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 8.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 7.85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 7.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 6.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 5.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 4.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 3.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 2.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 0.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| -0.65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| -1.65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| -2.65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |

## TENSIONES EN DIFERENTES PUNTOS A LO LARGO DE LA VIGA [Tn/m²]

Perdidas = 0.95 | Perdidas = 0.85

| CABLES PRETESOS | | TORONES POSTESADOS | | | INICIALES CABLES | | INICIALES | | FINALES | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | Excent. | Cota | N | Excent. | SA | SB | SA | SB | SA | SB |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 13 | 974 | 39 | 0 | 0 | -236 | 1811 | -211 | 1620 |
| 0 | 0 | 14 | 974 | 38 | 0 | 0 | -214 | 1781 | -191 | 1593 |
| 0 | 0 | 15 | 974 | 37 | 0 | 0 | -191 | 1750 | -171 | 1566 |
| 0 | 0 | 16 | 974 | 36 | 0 | 0 | -168 | 1720 | -151 | 1539 |
| 0 | 0 | 17 | 974 | 35 | 0 | 0 | -146 | 1689 | -130 | 1512 |
| 0 | 0 | 18 | 974 | 34 | 0 | 0 | -123 | 1659 | -110 | 1484 |
| 0 | 0 | 19 | 974 | 33 | 0 | 0 | -100 | 1629 | -90 | 1457 |
| 0 | 0 | 20 | 974 | 32 | 0 | 0 | -78 | 1598 | -69 | 1430 |
| 0 | 0 | 21 | 974 | 31 | 0 | 0 | -55 | 1568 | -49 | 1403 |
| 0 | 0 | 22 | 974 | 30 | 0 | 0 | -32 | 1537 | -29 | 1375 |
| 0 | 0 | 30 | 974 | 22 | 0 | 0 | 149 | 1294 | 133 | 1158 |

## TENSIONES EN DIFERENTES PUNTOS A LO LARGO DE LA VIGA [Tn/m²]

FABRICA ..... = Peso Propio + Pretensado con Pérdidas a Corto Plazo
SERVICIO ..... = Cargas Permanentes + Pretensado con Pérdidas Totales
**COEF:** **0.95** CARGAS MAXIMAS = Servicio + Sobrecargas Máximas

| PUNTO | AL DESTESAR | | EN FABRICA | | EN SERVICIO | | | CON CARGAS MAXIMAS | | | SB + Pret x Coef | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SA | SB | SA | SB | SA | SB | SC | SA | SB | SC | 0.4/0.75 SC | 0.2 SC |
| 11.60 | 597.63 | -802.01 | 373.1 | 918.5 | 531.2 | 557.0 | 134.4 | 885.4 | 81.7 | 488.6 | 200.5 | 557.0 |
| 11.35 | 597.35 | -801.63 | 372.9 | 918.8 | 530.9 | 557.4 | 134.4 | 884.8 | 82.4 | 488.3 | 201.1 | 557.4 |
| 10.85 | 595.13 | -798.65 | 370.6 | 921.8 | 528.1 | 561.1 | 133.9 | 880.8 | 87.8 | 486.5 | 206.1 | 561.1 |
| 10.35 | 590.69 | -792.69 | 366.2 | 927.8 | 522.7 | 568.4 | 132.9 | 872.7 | 98.6 | 482.9 | 216.1 | 568.4 |
| 9.85 | 584.03 | -783.75 | 359.5 | 936.7 | 514.5 | 579.3 | 131.4 | 860.6 | 114.9 | 477.5 | 231.0 | 579.3 |
| 9.35 | 575.14 | -771.83 | 350.7 | 948.6 | 503.7 | 593.9 | 129.4 | 844.5 | 136.5 | 470.2 | 250.9 | 593.9 |
| 8.85 | 564.04 | -756.93 | 339.6 | 963.5 | 490.1 | 612.2 | 126.9 | 824.3 | 163.6 | 461.1 | 275.8 | 612.2 |
| 8.35 | 550.72 | -739.05 | 326.2 | 981.4 | 473.7 | 634.1 | 123.9 | 800.1 | 196.1 | 450.2 | 305.6 | 634.1 |
| 7.85 | 535.17 | -718.19 | 310.7 | 1002.3 | 454.7 | 659.6 | 120.4 | 771.8 | 234.0 | 437.5 | 340.4 | 659.6 |
| 7.35 | 517.41 | -694.35 | 292.9 | 1026.1 | 432.9 | 688.9 | 116.4 | 739.5 | 277.4 | 423.0 | 380.2 | 688.9 |
| 6.35 | 475.21 | -637.73 | 250.7 | 1082.7 | 381.2 | 758.2 | 106.9 | 662.9 | 380.3 | 388.5 | 474.8 | 758.2 |
| 5.35 | 424.14 | -569.19 | 221.2 | 1122.4 | 337.9 | 816.3 | 95.4 | 589.3 | 479.0 | 346.7 | 563.3 | 816.3 |
| 4.35 | 364.18 | -488.72 | 182.8 | 1174.0 | 283.8 | 889.0 | 81.9 | 499.6 | 599.4 | 297.7 | 671.8 | 889.0 |
| 3.35 | 295.34 | -396.34 | 135.4 | 1237.5 | 218.7 | 976.3 | 66.4 | 393.7 | 741.5 | 241.4 | 800.2 | 976.3 |
| 2.35 | 217.62 | -292.04 | 79.3 | 1312.9 | 142.8 | 1078.2 | 48.9 | 271.7 | 905.2 | 177.9 | 948.4 | 1078.2 |
| 1.35 | 131.01 | -175.81 | 14.2 | 1400.2 | 55.9 | 1194.8 | 29.5 | 133.6 | 1090.6 | 107.1 | 1116.6 | 1194.8 |
| 0.35 | 35.52 | -47.67 | -59.8 | 1499.4 | -41.8 | 1325.9 | 8.0 | -20.7 | 1297.6 | 29.0 | 1304.7 | 1325.9 |
| -0.65 | -68.85 | 92.40 | -142.6 | 1610.6 | -150.3 | 1471.6 | -15.5 | -191.1 | 1526.3 | -56.3 | 1512.6 | 1471.6 |
| -1.65 | -182.11 | 244.38 | -234.3 | 1733.7 | -269.8 | 1631.9 | -41.0 | -377.7 | 1776.7 | -148.9 | 1740.5 | 1631.9 |
| -2.65 | -304.24 | 408.29 | -334.9 | 1868.7 | -400.1 | 1806.8 | -68.4 | -580.4 | 2048.8 | -248.7 | 1988.3 | 1806.8 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 141.5 | 1229.3 | 126.6 | 1099.9 | 0.0 | 126.6 | 1099.9 | 0.0 | 1099.9 | 1099.9 |
| MAX | | 408.29 | | 1868.72 | 531.19 | | 134.42 | 885.35 | | 488.58 | | |
| MIN | -304.24 | | -334.95 | | | 556.98 | | | 81.70 | | | |

| | |
|---|---|
| esistencia al destes: | 680.5 |
| En fabrica | 3114.5 |
| A los 28 días | 1475.6 |
| en losa | 814.3 |

Viga: e dispone hormigón d: 5000
Losa: e dispone hormigón d: 3000

## TENSIONES EN DIFERENTES PUNTOS A LO LARGO DE LA VIGA [Tn/m²]

FABRICA ..... = Peso Propio + Pretensado con Pérdidas a Corto Plazo
SERVICIO ..... = Cargas Permanentes + Pretensado con Pérdidas Totales
**COEF:** **1** CARGAS MAXIMAS = Servicio + Sobrecargas Máximas

| PUNTO | AL DESTESAR | | EN FABRICA | | EN SERVICIO | | | CON CARGAS MAXIMAS | | | SB + Pret x Coef | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SA | SB | SA | SB | SA | SB | SC | SA | SB | SC | 0.4/0.75 SC | 0.2 SC |
| 11.60 | 597.63 | -802.01 | 361.3 | 1009.0 | 520.6 | 638.0 | 134.4 | 874.8 | 162.7 | 488.6 | 281.5 | 638.0 |
| 11.35 | 597.35 | -801.63 | 361.1 | 1009.4 | 520.3 | 638.5 | 134.4 | 874.3 | 163.4 | 488.3 | 282.2 | 638.5 |
| 10.85 | 595.13 | -798.65 | 358.8 | 1012.4 | 517.6 | 642.1 | 133.9 | 870.2 | 168.8 | 486.5 | 287.1 | 642.1 |
| 10.35 | 590.69 | -792.69 | 354.4 | 1018.3 | 512.1 | 649.4 | 132.9 | 862.2 | 179.7 | 482.9 | 297.1 | 649.4 |
| 9.85 | 584.03 | -783.75 | 347.7 | 1027.3 | 504.0 | 660.4 | 131.4 | 850.1 | 195.9 | 477.5 | 312.0 | 660.4 |
| 9.35 | 575.14 | -771.83 | 338.8 | 1039.2 | 493.1 | 675.0 | 129.4 | 833.9 | 217.6 | 470.2 | 331.9 | 675.0 |
| 8.85 | 564.04 | -756.93 | 327.7 | 1054.1 | 479.5 | 693.2 | 126.9 | 813.7 | 244.6 | 461.1 | 356.8 | 693.2 |
| 8.35 | 550.72 | -739.05 | 314.4 | 1072.0 | 463.2 | 715.1 | 123.9 | 789.5 | 277.1 | 450.2 | 386.6 | 715.1 |
| 7.85 | 535.17 | -718.19 | 298.9 | 1092.8 | 444.1 | 740.7 | 120.4 | 761.3 | 315.1 | 437.5 | 421.5 | 740.7 |
| 7.35 | 517.41 | -694.35 | 281.1 | 1116.7 | 422.4 | 769.9 | 116.4 | 729.0 | 358.4 | 423.0 | 461.3 | 769.9 |
| 6.35 | 475.21 | -637.73 | 238.9 | 1173.3 | 370.7 | 839.2 | 106.9 | 652.3 | 461.3 | 388.5 | 555.8 | 839.2 |
| 5.35 | 424.14 | -569.19 | 210.5 | 1211.4 | 328.4 | 896.0 | 95.4 | 579.7 | 558.7 | 346.7 | 643.0 | 896.0 |
| 4.35 | 364.18 | -488.72 | 173.2 | 1261.5 | 275.2 | 967.3 | 81.9 | 491.0 | 677.7 | 297.7 | 750.1 | 967.3 |
| 3.35 | 295.34 | -396.34 | 127.0 | 1323.4 | 211.2 | 1053.3 | 66.4 | 386.2 | 818.4 | 241.4 | 877.1 | 1053.3 |
| 2.35 | 217.62 | -292.04 | 72.0 | 1397.3 | 136.3 | 1153.8 | 48.9 | 265.2 | 980.8 | 177.9 | 1024.0 | 1153.8 |
| 1.35 | 131.01 | -175.81 | 8.0 | 1483.1 | 50.4 | 1269.0 | 29.5 | 128.1 | 1164.8 | 107.1 | 1190.8 | 1269.0 |
| 0.35 | 35.52 | -47.67 | -64.8 | 1580.9 | -46.2 | 1398.7 | 8.0 | -25.2 | 1370.5 | 29.0 | 1377.5 | 1398.7 |
| -0.65 | -68.85 | 92.40 | -146.5 | 1690.5 | -153.8 | 1543.1 | -15.5 | -194.6 | 1597.8 | -56.3 | 1584.1 | 1543.1 |
| -1.65 | -182.11 | 244.38 | -237.1 | 1812.1 | -272.3 | 1702.0 | -41.0 | -380.2 | 1846.9 | -148.9 | 1810.7 | 1702.0 |
| -2.65 | -304.24 | 408.29 | -336.6 | 1945.6 | -401.6 | 1875.6 | -68.4 | -581.9 | 2117.5 | -248.7 | 2057.1 | 1875.6 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 149.0 | 1294.0 | 133.3 | 1157.8 | 0.0 | 133.3 | 1157.8 | 0.0 | 1157.8 | 1157.8 |
| MAX | | 408.29 | | 1945.58 | 520.62 | | 134.42 | 874.78 | | 488.58 | | |
| MIN | -304.24 | | -336.56 | | | 638.00 | | | 162.72 | | | |

| | |
|---|---|
| esistencia al destes: | 680.5 |
| En fabrica | 3242.6 |
| A los 28 días | 1458.0 |
| en losa | 814.3 |

Viga: e dispone hormigón d: 5000
Losa: e dispone hormigón d: 3000

## TENSIONES EN DIFERENTES PUNTOS A LO LARGO DE LA VIGA [Tn/m²]

FABRICA ..... = Peso Propio + Pretensado con Pérdidas a Corto Plazo
SERVICIO ..... = Cargas Permanentes + Pretensado con Pérdidas Totales
**COEF:** **1.05** CARGAS MAXIMAS = Servicio + Sobrecargas Máximas

| PUNTO | AL DESTESAR | | EN FABRICA | | EN SERVICIO | | | CON CARGAS MAXIMAS | | | SB + Pret x Coef | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SA | SB | SA | SB | SA | SB | SC | SA | SB | SC | 0.4/0.75 SC | 0.2 SC |
| 11.60 | 597.63 | -802.01 | 349.5 | 1099.6 | 510.1 | 719.0 | 134.4 | 864.2 | 243.7 | 488.6 | 362.6 | 719.0 |
| 11.35 | 597.35 | -801.63 | 349.2 | 1099.9 | 509.7 | 719.5 | 134.4 | 863.7 | 244.4 | 488.3 | 363.2 | 719.5 |
| 10.85 | 595.13 | -798.65 | 347.0 | 1102.9 | 507.0 | 723.1 | 133.9 | 859.7 | 249.8 | 486.5 | 368.2 | 723.1 |
| 10.35 | 590.69 | -792.69 | 342.6 | 1108.9 | 501.5 | 730.4 | 132.9 | 851.6 | 260.7 | 482.9 | 378.1 | 730.4 |
| 9.85 | 584.03 | -783.75 | 335.9 | 1117.8 | 493.4 | 741.4 | 131.4 | 839.5 | 276.9 | 477.5 | 393.0 | 741.4 |
| 9.35 | 575.14 | -771.83 | 327.0 | 1129.7 | 482.5 | 756.0 | 129.4 | 823.3 | 298.6 | 470.2 | 412.9 | 756.0 |
| 8.85 | 564.04 | -756.93 | 315.9 | 1144.6 | 468.9 | 774.2 | 126.9 | 803.2 | 325.7 | 461.1 | 437.8 | 774.2 |
| 8.35 | 550.72 | -739.05 | 302.6 | 1162.5 | 452.6 | 796.1 | 123.9 | 778.9 | 358.2 | 450.2 | 467.7 | 796.1 |
| 7.85 | 535.17 | -718.19 | 287.1 | 1183.4 | 433.5 | 821.7 | 120.4 | 750.7 | 396.1 | 437.5 | 502.5 | 821.7 |
| 7.35 | 517.41 | -694.35 | 269.3 | 1207.2 | 411.8 | 850.9 | 116.4 | 718.4 | 439.4 | 423.0 | 542.3 | 850.9 |
| 6.35 | 475.21 | -637.73 | 227.1 | 1263.8 | 360.1 | 920.2 | 106.9 | 641.7 | 542.3 | 388.5 | 636.8 | 920.2 |
| 5.35 | 424.14 | -569.19 | 199.8 | 1300.5 | 318.8 | 975.6 | 95.4 | 570.2 | 638.3 | 346.7 | 722.7 | 975.6 |
| 4.35 | 364.18 | -488.72 | 163.7 | 1349.0 | 266.7 | 1045.6 | 81.9 | 482.5 | 756.0 | 297.7 | 828.4 | 1045.6 |
| 3.35 | 295.34 | -396.34 | 118.6 | 1409.4 | 203.6 | 1130.2 | 66.4 | 378.7 | 895.3 | 241.4 | 954.1 | 1130.2 |
| 2.35 | 217.62 | -292.04 | 64.7 | 1481.8 | 129.7 | 1229.4 | 48.9 | 258.7 | 1056.3 | 177.9 | 1099.6 | 1229.4 |
| 1.35 | 131.01 | -175.81 | 1.9 | 1566.1 | 44.9 | 1343.2 | 29.5 | 122.6 | 1239.0 | 107.1 | 1265.0 | 1343.2 |
| 0.35 | 35.52 | -47.67 | -69.8 | 1662.3 | -50.7 | 1471.6 | 8.0 | -29.7 | 1443.3 | 29.0 | 1450.4 | 1471.6 |
| -0.65 | -68.85 | 92.40 | -150.4 | 1770.4 | -157.3 | 1614.6 | -15.5 | -198.1 | 1669.3 | -56.3 | 1655.6 | 1614.6 |
| -1.65 | -182.11 | 244.38 | -239.8 | 1890.5 | -274.7 | 1772.2 | -41.0 | -382.6 | 1917.0 | -148.9 | 1880.8 | 1772.2 |
| -2.65 | -304.24 | 408.29 | -338.2 | 2022.4 | -403.0 | 1944.4 | -68.4 | -583.3 | 2186.3 | -248.7 | 2125.8 | 1944.4 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 156.4 | 1358.7 | 140.0 | 1215.7 | 0.0 | 140.0 | 1215.7 | 0.0 | 1215.7 | 1215.7 |
| MAX | | 408.29 | | 2022.44 | 510.05 | | 134.42 | 864.21 | | 488.58 | | |
| MIN | -304.24 | | -338.18 | | | 719.02 | | | 243.74 | | | |

| | |
|---|---|
| esistencia al destesa | 680.5 |
| En fabrica | 3370.7 |
| A los 28 días | 1440.4 |
| en losa | 814.3 |

Viga: e dispone hormigón d 5000
Losa: e dispone hormigón d 3000

## CALCULO A CORTANTE

| | |
|---|---|
| VIGA | 42.08 |
| LOSA | 0.00 |
| C.PERMA | 9.47 |
| TOTAL CM | 51.55 |

| | |
|---|---|
| SC | 24.94 |
| CARRO | |
| TOTAL SC | 24.94 |

| PUNTO | Vd = $V_{u2}$ | Mpp | Mpl | σ xd | Cotg θ |
|---|---|---|---|---|---|
| 11.60 | 29.03 | 244.09 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 10.00 | 39.27 | 239.45 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 9.50 | 42.47 | 236.09 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 9.00 | 45.67 | 231.83 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 8.50 | 48.87 | 226.66 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 8.00 | 52.07 | 220.58 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 7.50 | 55.27 | 213.60 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 7.00 | 58.47 | 205.71 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 6.50 | 61.67 | 196.91 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 6.00 | 64.87 | 187.20 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 5.50 | 68.06 | 176.59 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 5.00 | 71.26 | 165.07 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 4.50 | 74.46 | 152.65 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 4.00 | 77.66 | 139.31 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 3.50 | 80.86 | 125.07 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 3.00 | 84.06 | 109.93 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 2.50 | 87.26 | 93.87 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 2.00 | 90.46 | 76.91 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 1.50 | 93.66 | 59.05 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 1.00 | 96.86 | 40.27 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |
| 0.00 | 103.26 | 0.00 | 0.00 | -57.07 | 1.55 |

## CALCULO A CORTANTE

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Hormigon | 500 kg/cm² | 0,25 fcd | 83.33 kg/cm² | | |
| f ct,m | 40.72 kg/cm² | 0,5 fcd | 166.67 kg/cm² | | |
| b0 | 0.32 m | f 1 cd | 200.00 kg/cm² | | |
| d | 0.85 m | f yp | 14782.61 kg/cm² | | |
| ξ | 1.4850 - | f yd | 0.00 kg/cm² | | |
| f cd | 333.33 kg/cm² | A s,min | 4.34 cm² | | |

| σ 'cd | K | V u1 | ρ | | V cu Pret. | V su | As |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 5.75 | 4.34 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 15.98 | 4.34 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 19.18 | 4.34 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 22.38 | 4.72 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 25.58 | 5.39 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 28.78 | 6.07 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 31.98 | 6.74 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 35.18 | 7.42 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 38.38 | 8.09 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 41.58 | 8.77 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 44.78 | 9.44 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 47.98 | 10.12 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 51.18 | 10.79 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 54.38 | 11.47 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 57.58 | 12.14 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 60.78 | 12.82 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 63.98 | 13.49 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 67.18 | 14.16 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 70.38 | 14.84 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 73.58 | 15.51 |
| 57.06 | 1.17 | 290.29 | 0.02000 | | 23.28 | 79.98 | 16.86 |

## CALCULO A ROTURA

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N traccion | 0.00 Tn | Ancho losa | 3.400 m | | | |
| N pret | 999.23 Tn | Espe. Losa | 0.00 m | | | |
| N comp | 0.00 Tn | Nzona 1 | 0.68 | Agota Zo.1 | 0.000 | 0.00 |
| N total | 999.23 Tn | Ancho ala | 3.40 | | | |
| | | Espe. Ala | 0.15 | | | |
| Canto viga | 0.90 m | Nzona 2 | 1700.00 | Prof. Zona 2 | 0.088 | 44.09 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura de compresiones | 0.088 m | cdg Tracciones | 0.0441 |
| Cota tracciones | 13.00 m | | |
| Canto util | 0.73 m | | |
| Momento Rotura | 725.42 Mtn | | |
| Momento Diseño | 598.91 Mtn | VALIDO | |

## CALCULO A FISURACION

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Hor. Losa | 3000 Tn/m² | N preten. | 974 Tn | |
| Ancho losa | 3.40 m | N pret. final | 828.24 Tn | |
| Espe. Losa | 0.00 m | A pret | 67.2 cm² | |
| Canto viga | 0.90 m | Δ F | 134.4 Tn | |
| G tracc | 13.00 cm | F total | 962.64 Tn | |
| C. Util | 0.77 m | | | |
| | | x | 30.75 cm | |
| Canto ala | 0.15 m | F total | 963.66 Mtn | |
| Ancho ala | 3.40 m | M fis | 686.12 Mtn | |
| Anch alma | 0.32 m | M ext | 443.64 Mtn | VALIDO |
| | | SB (0.2SC) | 719.0 Tn/m² | VALIDO |

## CALCULO A RASANTE INFERIOR (Art. 44.2.3.5)

| | |
|---|---|
| N Tracción | 999.23 Tn |
| Sd | 696.83 Tn |
| Su1 | 3557.33 |
| **Arma. Dis.** | **174.21** cm² |

| Pos | Ø (mm.) | Secc cm²/m | paso (m) | Longitud | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1a | 10 | 0.785 | 0.15 | 5.00 | 104.7 | |
| 1b | 8 | 0.503 | 0.15 | 4.95 | 66.4 | |
| 1c | 8 | 0.503 | 0.15 | 4.20 | 56.3 | |
| 1d | 8 | 0.503 | 0.15 | -2.55 | -34.2 | |
| | | | | **cm² dispuestos** | **193.19** | VALIDO |

| CALCULO A RASANTE SUPERIOR (Art. 47) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | N Tracción | 999.23 Tn | β | 0.80 | |
| | Fctk | 2.0275 N/mm² | Fctd | 1.3517 | N/mm² |
| | Sd | 824.98 Tn | Sup. Min co | 0.14224 | m²/m |
| | An. Ala contac | 3.15 m. | Aux. | 1.01647 | N/mm² |
| | $\tau_{rd}$ | 0.22577 N/mm² | Amin. | 365.4 | cm² |
| | Arma. Total | 365.4 cm² | **Arm. Calculo** | **365.40** | cm² |
| Area Teorica | Exis. Cortante | 161.52 cm² | **Arma. Dis.** | **203.88** | cm² |

| Pos | Ø (mm.) | Secc cm²/m | paso (m) | Longitud | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1a | 12 | 1.131 | 0.15 | 5.00 | 150.8 | |
| 1b | 10 | 0.785 | 0.15 | 4.95 | 103.6 | |
| 2 | 8 | 0.503 | 0.30 | -2.55 | -17.1 | |
| | | | | **cm² dispuestos** | **237.32** | VALIDO |

## 6.2 ESTUDIO DE VIBRACIONES EN PASARELAS

**CALCULO DE VIBRACIONES EN PASARELAS**

**Cargas sobre la pasarela**

| | |
|---|---|
| **E (Tn/m²)** | 3870877 |
| **Barandilla (Tn/pml)** | 0.2 |
| **Pavimento (Tn/m²)** | 0.1 |
| **Sc (Tn/m²)** | 0.5 |
| **Densidad (Tn/m³)** | 2.60 |

**Características Mecánicas**

| Tipo Pasarela | Canto Viga (m) | Ancho (m) | Área (m²) | Inercia (m⁴) | Va (m) | Vb (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **PAS 90** | 0.9 | 4.3 | 1.4512 | 0.1570 | 0.3843 | 0.5157 |

**Obtención de Momentos**

| | Momentos |
|---|---|
| **Viga** | 253.85 |
| **Barandilla** | 20.18 |
| **Pavimento** | 28.93 |
| **Sc** | 144.65 |
| **Sb** | -1470.73 |

**Obtención de frecuencias**

| m | L (m) | fn (Hz) |
|---|---|---|
| 0.45902 | 23.2 | 3.36 |
| | | **Comp. Flechas** |

$$fn = 1.57 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m \cdot L^4}}$$

**Obtención de flechas Instantaneas**

| | |
|---|---|
| **k** | 1 |
| **ψ** | 7.476 |
| **Ye máxima (m)** | 0.0002756 |

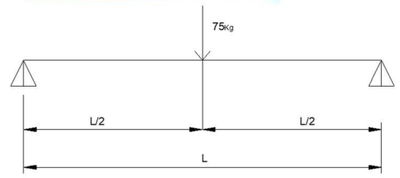
Tabla 51.2.b

| Configuración | a/L | k |
|---|---|---|
| L | 0 | 1,0 |
| a L | 1,0<br>0,8<br>< 0,6 | 0,7<br>0,9<br>1,0 |
| a L a | 1,0<br>0,8<br>< 0,6 | 0,6<br>0,8<br>0,9 |

Tabla 51.2.c

| L (m) | Hormigón | |
|---|---|---|
| | Armado | Pretensado |
| 10 | 4,4 | 4,5 |
| 20 | 6,6 | 6,9 |
| 30 | 8,1 | 8,7 |
| 40 | 9,0 | 9,8 |
| 50 | 9,8 | 10,8 |

| | |
|---|---|
| **L (m)** | 23.2 |
| **x (m)** | 11.6 |
| **q (Tn)** | 0.075 |
| **Ye obtenida (m)** | 0.0000321 |
| | **Valido** |



## 6.3 CÁLCULOS LOCALES

### 6.3.1 Cálculo macizos de anclaje

**Armadura de introducción del pretensado**

Se incluye a continuación el cálculo de las armaduras para el anclaje de los tendones de 12 cordones..

**ANCLAJE PARA TENDONES DE 12 cables de 0.6" en viga.**

Esfuerzos a soportar

El axil que produce el tendón en la cuña es de 243 Tn, y este torón forma un ángulo respecto a la horizontal (fondo de viga) de 9º.

A continuación se procede al dimensionamiento de las diversas armaduras de las cuñas de anclaje.

**Compresiones del hormigón.**

Comprobación de tensiones bajo placa de reparto:

$A_{placa}$ = 0.27 x 0.27 = 0.0729 $m^1$

$\varnothing_{hueco}$ = 120 mm

$A_1 = A_{placa} - A_{hueco} = 0.0616\ m^2$

$\sigma_c$ =1.20 243 Tn/ $A_1$ = 4734 Tn/$m^2$ que debe ser < $f_{3cd}$

$f_{3cd} = (A_2/A_1)^{1/2} \cdot f_{cd} = 5637\ Tn/m^2$

Donde :$A_2$ = (0.50 x0.375) - $A_{hueco}$ = 0.1762 $m^2$

$\sigma_c$ = 4734 Tn/$m^2$ < 5637 Tn/$m^2$

**Comprobación bielas de compresión:**

Para este tipo de esfuerzo se dispone una armadura consiste en una espiral (12 espiras) de barras de acero corrugado con pasos entre las espirales de 3 cm de 41 cm de diámetro. La vaina del torón tiene un diámetro de 80 mm.

La capacidad resistente del hormigón confinado es:

$A_{cc}\cdot(1+1.5\alpha \cdot Ww)\cdot f_{1cd} + A_{sc}\cdot \sigma_{sd,c} = Nu$

$A_{cc} = A_{espiral} - A_{vina} = 1269.99\ cm^2$

$\alpha = 1.5\ s_t/\varnothing_{espiral}$

$Ww = (4/d_c)\cdot(A_{sw}/s_t)\cdot(f_{yd}/f_{cd})$

De las expresiones anteriores se obtiene que:

$\alpha\ Ww = 1.6 \cdot 4 \cdot (A_{sw}/\varnothing^2_{espiral})\ (f_{yd}/f_{cd}) = 0.052$

$f_{1cd} = 0.7 f_{cd}$

$A_{sc}\cdot \sigma_{sd,c} = 18.1$ Tn

Por tanto:

$N_u$ = 311.93+18.1 = 330 > 1.20·243 Tn=291.6 Tn

Armadura vertical.

- Armadura transversal principal en macizos bajo placas de reparto.

Se calcula de la siguiente forma:

$$T_{ad} = 0.25\cdot N_d \cdot((a-a1)/a) = A_s\cdot f_{yd}$$

Donde: a1 = 0.27m; a = 2 x 0.22 = 0.44 m (altura entre el eje del tendón y la cara superior).

Por tanto As > 7.04 $cm^2$ → $A_{dispuesta}$ = 4 horquillas ∅ 20 + horquillas de ∅ 12 a 0.15 m.

Armadura cosido a rasante (fuerza de arrastre)

La componente $F_x$ =1.20 243 x cos 9º = 288 Tn. Por lo tanto, la contribución del hormigón es:

$\beta \cdot f_{ct,d}$ = 0.4 x190 = 76 Tn/m$^2$

A = 0.50 x 1.80 = 0.9 m$^2$

La contribución del hormigón es de 68.4 Tn

$\mu\ \sigma_{cd}$ = 0.9 x 243 x sen 9º = 34.2 Tn

Por tanto (288 –68.4-34.2) = 185.40 Tn → $f_{yd}$ =400 N/mm$^2$ → $A_s$ > 46.35 cm$^2$

Dispuesto: 4 horquillas ∅ 20 + 10 horquillas ∅ 12 = 47.74 cm$^2$

Armadura de desvío de las compresiones (horquillas en zona curva):

El torón forma un ángulo respecto a la horizontal (fondo de viga) de 9º., por lo que β=4.5º.

De esta forma: $T_{hd}$ = 2 x 1.20·$N_p$ x sen β = 45.70 Tn. → $f_{yd}$ =400 N/mm$^2$ → $A_s$ > 11 43m$^2$

Se disponen 5 horquillas de ∅ 20

Armadura longitudinal.

Armadura mínima compresión macizo anclaje:

La sección se comprueba a compresión y sobre ella actúa un axil de 1.20·243 Tn. Por lo tanto la armadura a disponer deberá cumplir que:

$A_s \cdot f_{yd} > 0{,}05 \cdot N_d$ → $A_s$ = 3,65 cm$^2$

Se han dispuesto 4 ∅12 + 1 horquilla ∅12

Armadura longitudinal de arrastre:

La fuerza actuante, es $F_{hd}$ = 1.20·243 x cos 9º = 288 Tn. Suponiendo que la sección no tuviera compresiones que pudieran aliviar la fuerza de arrastre, el valor de esta sería 0.5·$F_{hd}$, de esta forma la fuerza seria 1.20·240 x 0.5 = 144 Tn → $f_{yd}$ =400 N/mm$^2$ → $A_s$ > 36 cm$^2$

Puesto que por la forma de introducir los tendones en las vigas se puede suponer que el fondo de la misma esta suficientemente comprimido en servicio, es posible considerar como fuerza de arrastre real 2/3 de la obtenida anteriormente. De esta forma:

2/3 x 36 = 24 cm$^2$; $A_{s,\ dispuesta}$ = 8∅20 + armadura longitudinal de la zona traccionada.

Armadura horizontal de reparto

Considerando un ángulo de abertura de las bielas de compresión en planta de unos 30º, la armadura del tirante resultaría:

$A_s \cdot f_{yd}$ = 0.5x $N_d$ x sen 30 → $f_{yd}$ =400 N/mm$^2$ → $A_s$ > 18.225 cm$^2$

$A_{s,\ dispuesta}$ = (5+5) ∅ 16 + armadura transversal de la viga.

# 7 CÁLCULO DE REACCIONES

## 7.1 REACCIONES MÁXIMAS EN APOYOS

A partir de los esfuerzos del modelo de cálculo se obtienen las reacciones en los apoyos.

**TABLE: Element Joint Forces - Links**

| Link | LinkElem | OutputCase | CaseType | StepType | F1 Long | F2 Trans | F3 Vertical |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf |
| AP-01 | AP-01 | DEAD | LinStatic | | -0.48 | 0.00 | -21.50 |
| AP-01 | AP-01 | 02-CP | LinStatic | | -0.11 | 0.00 | -4.73 |
| AP-01 | AP-01 | 03-SC_1/2 | LinStatic | | -0.14 | 0.00 | -26.09 |
| AP-01 | AP-01 | 03-SC_2/2 | LinStatic | | -0.14 | 0.00 | 13.63 |
| AP-01 | AP-01 | 03-SC | Combination | Max | 0.00 | 0.00 | 13.63 |
| AP-01 | AP-01 | 03-SC | Combination | Min | -0.29 | 0.00 | -26.09 |
| AP-01 | AP-01 | 04-R-F | LinStatic | | 0.87 | 0.00 | 0.00 |
| AP-01 | AP-01 | 04-T | Combination | Max | 0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-01 | AP-01 | 04-T | Combination | Min | -0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-01 | AP-01 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Max | 0.01 | 3.15 | 9.85 |
| AP-01 | AP-01 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Min | -0.01 | -3.15 | -9.85 |
| AP-01 | AP-01 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Max | 0.06 | 0.00 | 2.49 |
| AP-01 | AP-01 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Min | -0.06 | 0.00 | -2.49 |
| AP-02 | AP-02 | DEAD | LinStatic | | -0.48 | 0.00 | -21.50 |
| AP-02 | AP-02 | 02-CP | LinStatic | | -0.11 | 0.00 | -4.73 |
| AP-02 | AP-02 | 03-SC_1/2 | LinStatic | | -0.14 | 0.00 | 13.62 |
| AP-02 | AP-02 | 03-SC_2/2 | LinStatic | | -0.14 | 0.00 | -26.10 |
| AP-02 | AP-02 | 03-SC | Combination | Max | 0.00 | 0.00 | 13.62 |
| AP-02 | AP-02 | 03-SC | Combination | Min | -0.29 | 0.00 | -26.10 |
| AP-02 | AP-02 | 04-R-F | LinStatic | | 0.87 | 0.00 | 0.00 |
| AP-02 | AP-02 | 04-T | Combination | Max | 0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-02 | AP-02 | 04-T | Combination | Min | -0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-02 | AP-02 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Max | 0.01 | 3.15 | 9.85 |
| AP-02 | AP-02 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Min | -0.01 | -3.15 | -9.85 |
| AP-02 | AP-02 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Max | 0.06 | 0.00 | 2.49 |
| AP-02 | AP-02 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Min | -0.06 | 0.00 | -2.49 |
| AP-03 | AP-03 | DEAD | LinStatic | | 0.48 | 0.00 | -21.50 |
| AP-03 | AP-03 | 02-CP | LinStatic | | 0.11 | 0.00 | -4.73 |
| AP-03 | AP-03 | 03-SC_1/2 | LinStatic | | 0.14 | 0.00 | -26.09 |
| AP-03 | AP-03 | 03-SC_2/2 | LinStatic | | 0.14 | 0.00 | 13.63 |
| AP-03 | AP-03 | 03-SC | Combination | Max | 0.29 | 0.00 | 13.63 |
| AP-03 | AP-03 | 03-SC | Combination | Min | 0.00 | 0.00 | -26.09 |
| AP-03 | AP-03 | 04-R-F | LinStatic | | -0.87 | 0.00 | 0.00 |
| AP-03 | AP-03 | 04-T | Combination | Max | 0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-03 | AP-03 | 04-T | Combination | Min | -0.76 | 0.00 | 0.00 |

**TABLE: Element Joint Forces - Links**

| Link | LinkElem | OutputCase | CaseType | StepType | F1 Long | F2 Trans | F3 Vertical |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf |
| AP-03 | AP-03 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Max | 0.01 | 3.15 | 9.85 |
| AP-03 | AP-03 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Min | -0.01 | -3.15 | -9.85 |
| AP-03 | AP-03 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Max | 0.06 | 0.00 | 2.49 |
| AP-03 | AP-03 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Min | -0.06 | 0.00 | -2.49 |
| AP-04 | AP-04 | DEAD | LinStatic | | 0.48 | 0.00 | -21.50 |
| AP-04 | AP-04 | 02-CP | LinStatic | | 0.11 | 0.00 | -4.73 |
| AP-04 | AP-04 | 03-SC_1/2 | LinStatic | | 0.14 | 0.00 | 13.62 |
| AP-04 | AP-04 | 03-SC_2/2 | LinStatic | | 0.14 | 0.00 | -26.10 |
| AP-04 | AP-04 | 03-SC | Combination | Max | 0.29 | 0.00 | 13.62 |
| AP-04 | AP-04 | 03-SC | Combination | Min | 0.00 | 0.00 | -26.10 |
| AP-04 | AP-04 | 04-R-F | LinStatic | | -0.87 | 0.00 | 0.00 |
| AP-04 | AP-04 | 04-T | Combination | Max | 0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-04 | AP-04 | 04-T | Combination | Min | -0.76 | 0.00 | 0.00 |
| AP-04 | AP-04 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Max | 0.01 | 3.15 | 9.85 |
| AP-04 | AP-04 | 005-VIENTO TRANSVERSAL | Combination | Min | -0.01 | -3.15 | -9.85 |
| AP-04 | AP-04 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Max | 0.06 | 0.00 | 2.49 |
| AP-04 | AP-04 | 006-VIENTO VERTICAL | Combination | Min | -0.06 | 0.00 | -2.49 |

# 7.2 CÁLCULO DE NEOPRENOS

**PASARELA 0+900**

**REACCIONES**

| | ESTRIBO 1 | | ESTRIBO 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | APOYO 1 | APOYO 2 | APOYO 1 | APOYO 2 |
| PP Vigas | 21.50 | 21.50 | 21.50 | 21.50 |
| Carga Permanente Max | 4.73 | 4.73 | 4.73 | 4.73 |
| Carga Permanente Min | 4.73 | 4.73 | 4.73 | 4.73 |
| Scmax Aceras | 26.09 | 26.09 | 26.09 | 26.09 |
| Scmin Aceras | -13.62 | -13.62 | -13.62 | -13.62 |
| Viento Vertical Max | 2.49 | 2.49 | 2.49 | 2.49 |
| Viento Vertical Min | -2.49 | -2.49 | -2.49 | -2.49 |
| Viento Trans CP Max | 9.85 | 9.85 | 9.85 | 9.85 |
| Viento Trans CP Min | -9.85 | -9.85 | -9.85 | -9.85 |
| Viento Trans Sc Max | 9.85 | 9.85 | 9.85 | 9.85 |
| Viento Trans Sc Min | -9.85 | -9.85 | -9.85 | -9.85 |
| MAX (Tn) | 59.7 | 59.7 | 59.7 | 59.7 |
| MIN (Tn) | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 |
| NEOPRENOS | | | | |
| a (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| b (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Nº Neoprenos | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Area Neopreno (cm2) | 625 | 625 | 625 | 625 |
| Smax | 95.6 | 95.6 | 95.6 | 95.6 |
| Smin | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 |

**NEOPRENOS**

| | ESTRIBO 1 | | ESTRIBO 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | APOYO 1 | APOYO 2 | APOYO 1 | APOYO 2 |
| DIST CENTRO (m) | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| DESPLAZ (m) | 0.00870 | 0.00870 | 0.00870 | 0.00870 |
| a (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| b (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Neopreno (mm) | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| Acero (mm) | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Nº de capas de neopreno | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| espesor capas extremas | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 |
| h neopreno (m) | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 |
| tang δ | 0.290 | 0.290 | 0.290 | 0.290 |
| h total (mm) | 47 | 47 | 47 | 47 |

Módulo de deformación transversal neopreno (Mp/m²) 90

| | ESTRIBO 1 | | ESTRIBO 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | APOYO 1 | APOYO 2 | APOYO 1 | APOYO 2 |
| Factor de forma S | 6.250 | 6.250 | 6.250 | 6.250 |
| Factor de modificación b | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Máxima tensión tangencial bajo carga vertical (kp/cm²) | 22.934 | 22.934 | 22.934 | 22.934 |
| Fuerzas horizontales lentas (Dilatación, retracción y fluencia) | 1.631 | 1.631 | 1.631 | 1.631 |
| Fuerza horizontal rápida (Frenado) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fuerza horizontal rápida (Fuerza centrífuga) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fuerza horizontal rápida (Viento CP) | 3.145 | 3.145 | 3.145 | 3.145 |
| Tensión tangencial bajo acciones horizontales lentas (kp/cm²) | 2.610 | 2.610 | 2.610 | 2.610 |
| Tensión tangencial bajo acciones horizontales rápidas (kp/cm²) | 5.032 | 5.032 | 5.032 | 5.032 |
| Tensión tangencial en rotaciones (kp/cm²) | 2.813 | 2.813 | 2.813 | 2.813 |

| | ESTRIBO 1 | | ESTRIBO 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | APOYO 1 | APOYO 2 | APOYO 1 | APOYO 2 |
| **Condición de estabilidad** | | | | |
| h neta <= a / 5 | cumple | cumple | cumple | cumple |
| hneta | 30 | 30 | 30 | 30 |
| a/5 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| **Limitación de la tensión tangencial** | | | | |
| Tensión tangencial (lenta) < 0.5 G | cumple | cumple | cumple | cumple |
| Tension tangencial (lenta) | 2.61 | 2.61 | 2.61 | 2.61 |
| 0.5 G | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.50 |
| Tensión tangencial (lenta y rápida) < 0.7 G | cumple | cumple | cumple | cumple |
| Tensión tangencial (lenta y rápida) | 5.13 | 5.13 | 5.13 | 5.13 |
| 0.7 G | 6.30 | 6.30 | 6.30 | 6.30 |
| Tensión tangencial total < 5.0 G | cumple | cumple | cumple | cumple |
| Tensión tangencial total | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 5.0 G | 45 | 45 | 45 | 45 |
| **Limitación de la tensión media** | | | | |
| $\sigma_m$ < = 150 kp/cm² | cumple | cumple | cumple | cumple |
| $\sigma_m$ | 96 | 96 | 96 | 96 |
| **Condición de no desplazamiento del apoyo** | | | | |
| $\sigma_m$ > = 30 kp/cm² | Apoyo pegado | Apoyo pegado | Apoyo pegado | Apoyo pegado |
| $\sigma_m$ | 8 | 8 | 8 | 8 |
| H < = f x ΣFv | cumple | cumple | cumple | cumple |
| H | 1.205 | 1.205 | 1.205 | 1.205 |
| **Condición de espesor de los zunchos metálicos** | | | | |
| e > = a / S x $\sigma_m$ / $\sigma_a$ | cumple | cumple | cumple | cumple |
| e | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| e > = a / S x $\sigma_m$ / $\sigma_a$ | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |

**COMPROBACIONES SEGÚN LA NORMA UNE-EN 1337-3:2005**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Espesor total del elastómero en cizalla Tq (mm) | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Espesor total del elastómero en cizalla Te (mm) | 30 | 30 | 30 | 30 |
| a (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| b (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| a´ (mm) | 242 | 242 | 242 | 242 |
| b´ (mm) | 242 | 242 | 242 | 242 |
| ***Deformación de diseño máxima ( ε t,d)*** | 4.91 | 4.91 | 4.92 | 4.92 |
| Factor de seguridad parcial (γm) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| ε u,d | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| ε t,d < ε u,d | cumple | cumple | cumple | cumple |
| Factor del tipo de carga (KL) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| **Deformación en cizalla (ε q,d);** max long | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| **Deformación en cizalla (ε q,d);** max transv | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 |
| ε q,d ≤ 1 | cumple | cumple | cumple | cumple |
| **Deformación en cizalla debida a la rotación angular, long ε a,d** | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 |
| **Deformación en cizalla debida a la rotación angular, transv ε a,d** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| **Deformación de diseño debida a carga de compresión ε c,d** | 3.78 | 3.78 | 3.78 | 3.78 |
| Fuerza vertical de diseño Fz,d(N) | 706320.00 | 706320.00 | 706320.00 | 706320.00 |
| Valor nominal del módulo de cizalla convencional G(MPa) | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| Area efectiva reducida Ar(mm2) | 51521.02 | 51521.02 | 51521.02 | 51521.02 |
| Factor de forma (S) | 6.05 | 6.05 | 6.05 | 6.05 |
| Area en planta efectiva del apoyo A1 (mm2) | 58564.00 | 58564.00 | 58564.00 | 58564.00 |
| Desplazamiento máximo horizontal en dirección "a" Vx,d(mm) | 14.01 | 14.01 | 14.01 | 14.01 |
| Desplazamiento máximo horizontal en dirección "b" Vy,d(mm)_conc | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 15.10 |
| Desplazamiento máximo horizontal en dirección "a" Vx,d(mm)_conc | 7.05 | 7.05 | 7.05 | 7.05 |
| Desplazamiento máximo horizontal en dirección "b" Vy,d(mm) | 25.16 | 25.16 | 25.16 | 25.16 |
| Desplazamiento debido a retracción + fluencia (mm) | 5.22 | 5.22 | 5.22 | 5.22 |
| Desplazamiento debido a variación uniforme de temperatura (mm) | 4.64 | 4.64 | 4.64 | 4.64 |
| Desplazamiento debido a frenado (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Desplazamiento debido a fuerza centrífuga (mm) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Desplazamiento debido a viento CP (mm) | 16.77 | 16.77 | 16.77 | 16.77 |
| Desplazamiento debido a viento CP+SC (mm) | 16.77 | 16.77 | 16.77 | 16.77 |

| N DE VALORES DE DISEÑO PARA DEFORMACIONES HORIZO | ESTRIBO 1 | | ESTRIBO 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | APOYO 1 | APOYO 2 | APOYO 1 | APOYO 2 |
| H1: 1.35 x (Pp+Cm+Reol) + 15 | 7.05 | 7.05 | 7.05 | 7.05 |
| | 25.16 | 25.16 | 25.16 | 25.16 |
| H2: 1.35 x (Pp+Cm+Reol) + 1.35 x (Sc+Tandem) + 1.5 x 0.6 x (Wtrans,cp+sc + | 11.22 | 11.22 | 11.22 | 11.22 |
| | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 15.10 |
| H3: 1.35 x (Pp+Cm+Reol) + 1.35 x (Fr.+0.4xSc+0.75xTandem) + 1.5x0.6x (Wtrans,cp+sc | 11.22 | 11.22 | 11.22 | 11.22 |
| | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 15.10 |
| H4 1.35 x (Pp+Cm+Reol) + 1.35 x (0.4xSc + 0.75xTandem) + 1.5xT + 1.5x0.6xWtrans,cp+ | 14.01 | 14.01 | 14.01 | 14.01 |
| | 15.10 | 15.10 | 15.10 | 15.10 |

***Condición límite de rotación Cp***

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Flecha vertical total producida por aa y ab Σv z,d(mm) | 1.29 | 1.29 | 1.29 | 1.29 |
| Modulo de compresibilidad Eb (MPa) | 2000.00 | 2000.00 | 2000.00 | 2000.00 |
| Σv z,d-{(a´. a a,d+ b´. a b,d) / Kr,d} | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| Factor de rotación ( Kr,d) | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Σv z,d-{(a´. a a,d+ b´. a b,d) / Kr,d} ≥0 | cumple | cumple | cumple | cumple |

***Condición límite de rotación Cp + Sc***

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Flecha vertical total producida por aa y ab Σv z,d(mm) | 1.29 | 1.29 | 1.29 | 1.29 |
| Modulo de compresibilidad Eb (MPa) | 2000.00 | 2000.00 | 2000.00 | 2000.00 |
| Σv z,d-{(a´. a a,d+ b´. a b,d) / Kr,d} | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.91 |
| Factor de rotación ( Kr,d) | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Σv z,d-{(a´. a a,d+ b´. a b,d) / Kr,d} ≥0 | cumple | cumple | cumple | cumple |

***Estabilidad a la torsión***

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Factor de forma para capas más gruesas (Si) | 6.05 | 6.05 | 6.05 | 6.05 |
| Presión Fz,d/Ar (N/mm2) | 13.71 | 13.71 | 13.71 | 13.71 |
| 2*a´*G*Si/3*Te | 29.28 | 29.28 | 29.28 | 29.28 |
| Fz,d/Ar < 2*a´*G*Si/3*Te | cumple | cumple | cumple | cumple |

***Condición de no deslizamiento***

**CON SOBRECARGA**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fuerza de diseño vertical mínima coexistente con Fxy,d F z,d min (N) | 523200.00 | 523200.00 | 523200.00 | 523200.00 |
| Media del esfuerzo en compresión para Fz,d min σm (Mpa) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Coeficiente de fricción (μ e) | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| μ e*F z,d min | 98688.91 | 98688.91 | 98688.91 | 98688.91 |
| Resultante de fuerzas horizontales Fxyd(N) | 26177.52 | 26177.52 | 26177.52 | 26177.52 |
| Fxyd ≤ μ e*F z,d min | cumple | cumple | cumple | cumple |
| σ cd min = F z,d min/Ar | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| σ cd min = F z,d min/Ar ≥ 3 | cumple | cumple | cumple | cumple |

**SIN SOBRECARGA**

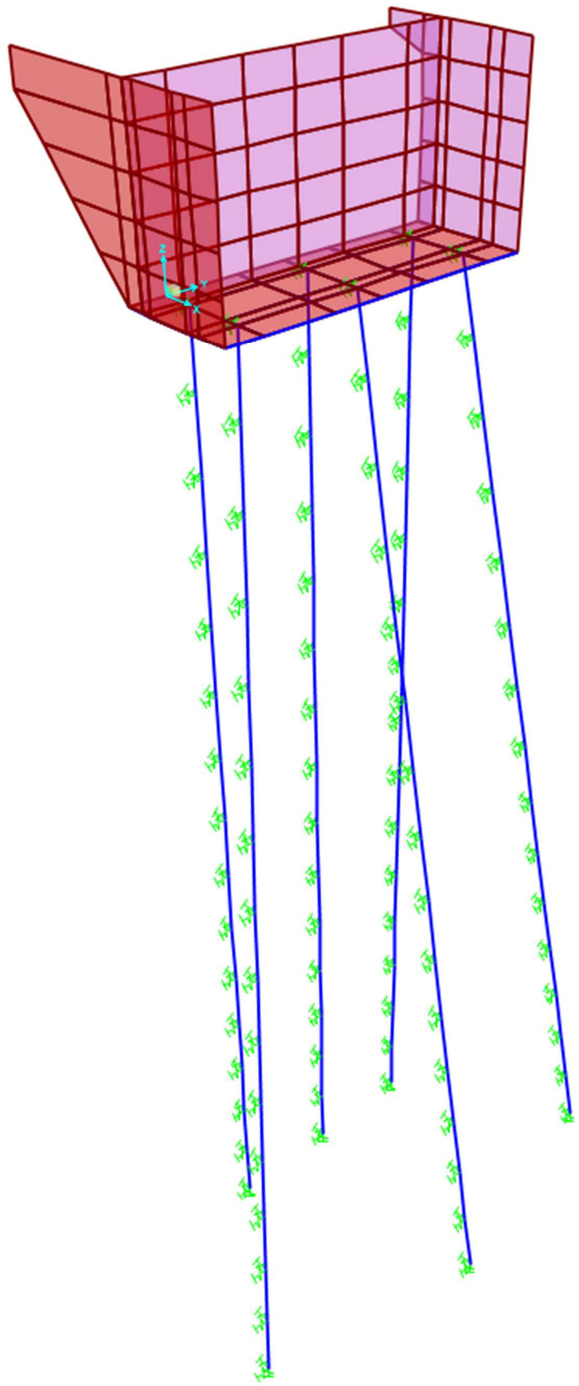
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fuerza de diseño vertical mínima coexistente con Fxy,d F z,d min (N) | 262300.00 | 262300.00 | 262300.00 | 262300.00 |
| Media del esfuerzo en compresión para Fz,d min σm (Mpa) | 5.09 | 5.09 | 5.09 | 5.09 |
| Coeficiente de fricción (μ e) | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 |
| μ e*F z,d min | 72598.91 | 72598.91 | 72598.91 | 72598.91 |
| Resultante de fuerzas horizontales Fxyd(N) | 52062.60 | 52062.60 | 52062.60 | 52062.60 |
| Fxyd ≤ μ e*F z,d min | cumple | cumple | cumple | cumple |
| Condición de no deslizamiento bajo cargas permanentes (N/mm2) | | | | |
| σ cd min = F z,d min/Ar | 5.09 | 5.09 | 5.09 | 5.09 |
| σ cd min = F z,d min/Ar ≥ 3 | cumple | cumple | cumple | cumple |

***Espesor de la placa de refuerzo***

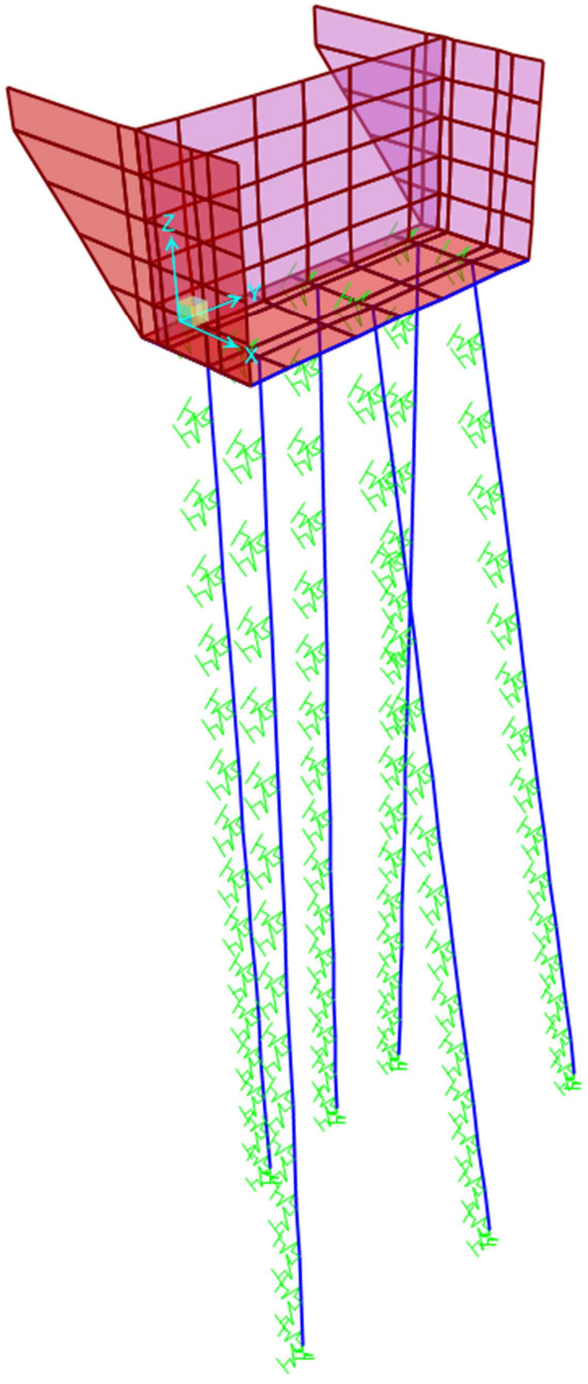
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Espesor de las placas de acero ts estricto (mm) | 1.49 | 1.49 | 1.49 | 1.49 |
| Límite elástico del acero fy ( N/mm2) | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 |
| Factor para esfuerzos en tracción (Kh) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Factor de corrección del esfuerzo (Kp) | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 1.30 |
| Factor de seguridad parcial (γm) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Espesor de las placas de acero ts dispuesto (mm) | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| ts dispuesto ≥ 2mm | cumple | cumple | cumple | cumple |
| ts dispuesto ≥ ts estricto | cumple | cumple | cumple | cumple |

# 8 CÁLCULO CARGADEROS MICROPILOTADOS

El cálculo real de la cimentación exige la modelización de la misma mediante una modelo en 3D; se realiza por tanto el estudio de las cimentaciones mediante modelos de elementos placa y barra, coaccionando la estructura mediante elementos tipo muelle, los cuales simulan el terreno donde se ubican los encepados de los cargaderos, y que se deben validar con el informe geotécnico final. Se disponen también muelles en la punta de los pilotes, distinguiendo el valor del mismo en función de la longitud de los micros



**Modelo 3D del encepado Cargadero 1**




**Modelo 3D del encepado Cargadero 2**

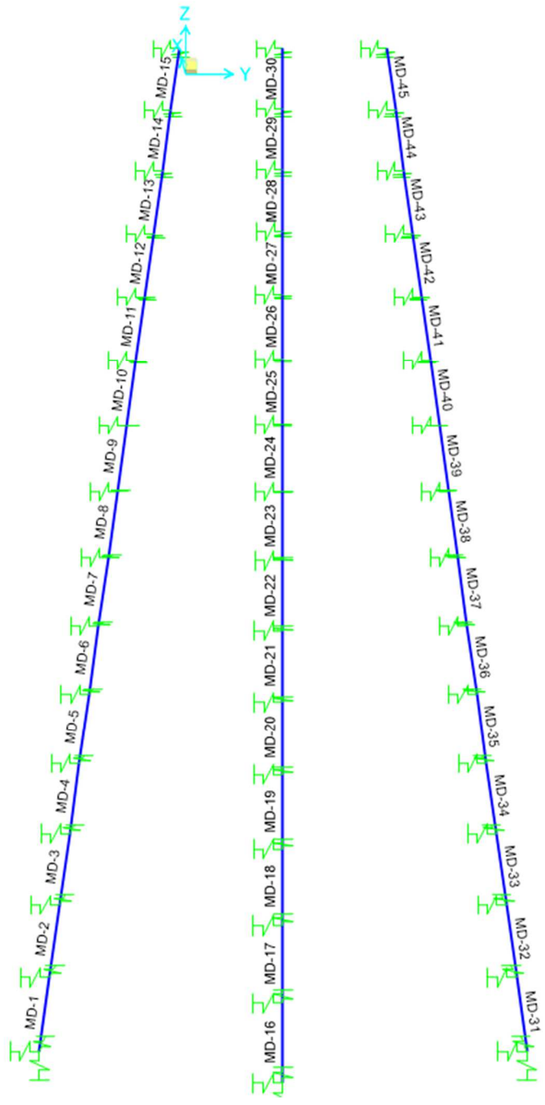
A continuación se adjuntan los datos de definición del modelo, en lo concerniente a la definición de acciones, materiales, secciones y otros datos de interés. Se introducen los datos de cargas tanto verticales como horizontales transmitidas por el tablero.

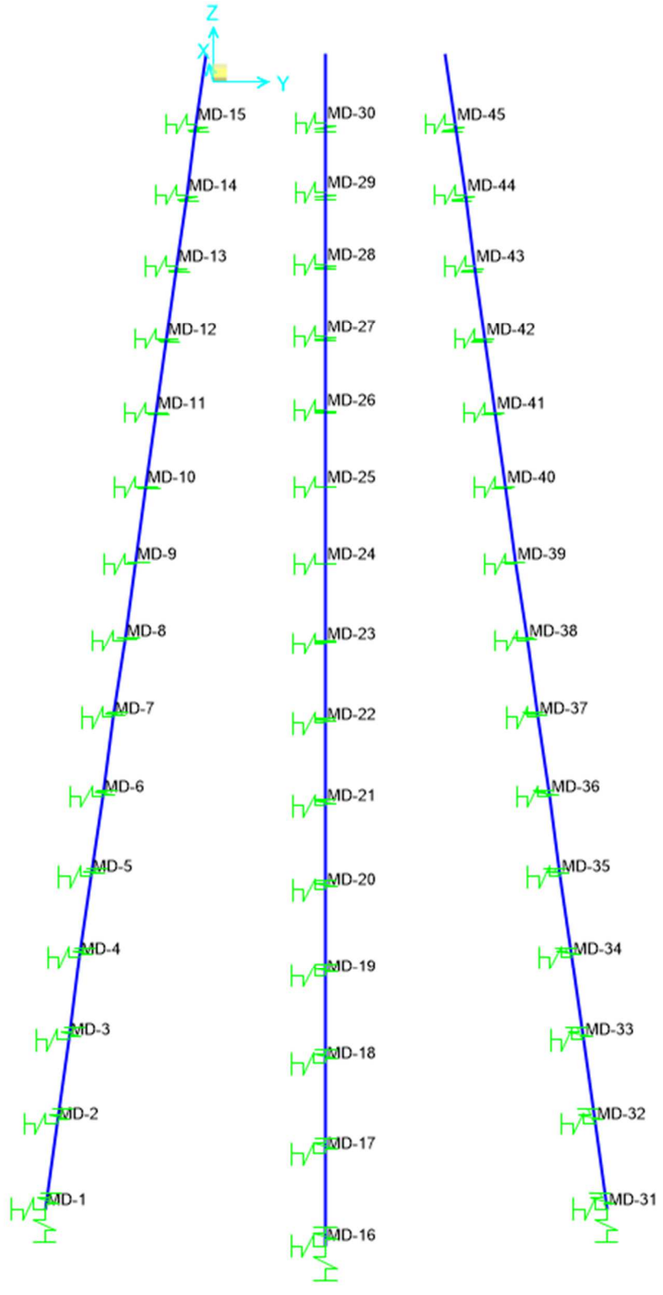
Los parámetros de cálculo deberán ser comprobados con las bases de diseño del informe geotécnico y en caso de realizar una cimentación directa mediante pozos de cimentación se deberá rehacer el cálculo del cargadero ya que el ancho del mismo aumentara al prediseñado.

## 8.1 CÁLCULO DE MICROPILOTES

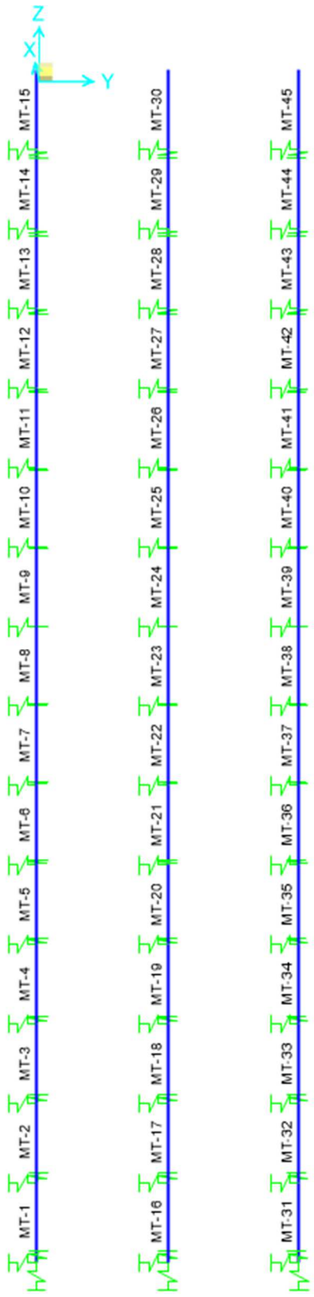
### 1.1.1 Datos Entrada

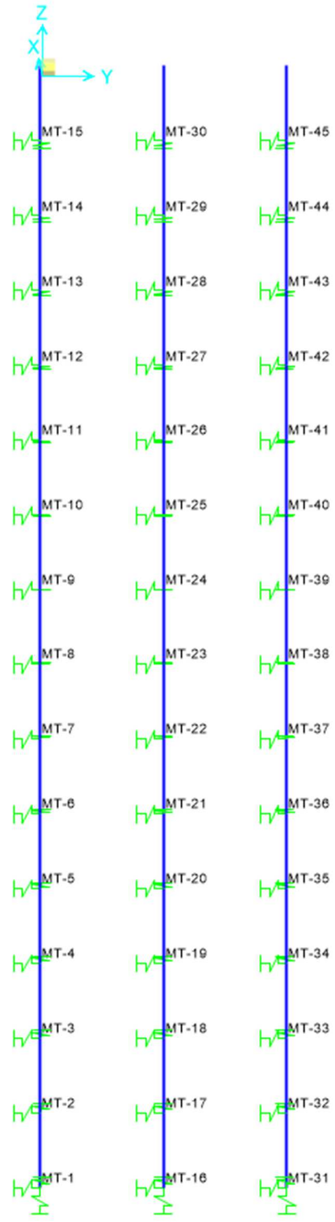
Se estudia a continuación las reacciones en los micropilotes, se adjunta una tabla con las reacciones máximas y mínimas de los muelles:




Discretización Barras de Micropilotes Delanteros




Discretización Barras y Nudos de Micropilotes Traseros

## MICROPILOTES DELANTEROS

| TABLE: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Joint | CoordSys | U1 | U2 | U3 |
| Text | Text | Tonf/m | Tonf/m | Tonf/m |
| MD-1 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MD-2 | Local | 4900 | 4900 | 0 |
| MD-3 | Local | 4550 | 4550 | 0 |
| MD-4 | Local | 4200 | 4200 | 0 |
| MD-5 | Local | 3850 | 3850 | 0 |
| MD-6 | Local | 3500 | 3500 | 0 |
| MD-7 | Local | 3150 | 3150 | 0 |
| MD-8 | Local | 2800 | 2800 | 0 |
| MD-9 | Local | 2450 | 2450 | 0 |
| MD-10 | Local | 2100 | 2100 | 0 |
| MD-11 | Local | 1750 | 1750 | 0 |
| MD-12 | Local | 1400 | 1400 | 0 |
| MD-13 | Local | 1050 | 1050 | 0 |
| MD-14 | Local | 700 | 700 | 0 |
| MD-15 | Local | 350 | 350 | 0 |
| MD-16 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MD-17 | Local | 4900 | 4900 | 0 |
| MD-18 | Local | 4550 | 4550 | 0 |
| MD-19 | Local | 4200 | 4200 | 0 |
| MD-20 | Local | 3850 | 3850 | 0 |
| MD-21 | Local | 3500 | 3500 | 0 |
| MD-22 | Local | 3150 | 3150 | 0 |
| MD-23 | Local | 2800 | 2800 | 0 |
| MD-24 | Local | 2450 | 2450 | 0 |
| MD-25 | Local | 2100 | 2100 | 0 |
| MD-26 | Local | 1750 | 1750 | 0 |
| MD-27 | Local | 1400 | 1400 | 0 |
| MD-28 | Local | 1050 | 1050 | 0 |
| MD-29 | Local | 700 | 700 | 0 |
| MD-30 | Local | 350 | 350 | 0 |
| MD-31 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MD-32 | Local | 4900 | 4900 | 0 |
| MD-33 | Local | 4550 | 4550 | 0 |
| MD-34 | Local | 4200 | 4200 | 0 |
| MD-35 | Local | 3850 | 3850 | 0 |
| MD-36 | Local | 3500 | 3500 | 0 |
| MD-37 | Local | 3150 | 3150 | 0 |
| MD-38 | Local | 2800 | 2800 | 0 |
| MD-39 | Local | 2450 | 2450 | 0 |
| MD-40 | Local | 2100 | 2100 | 0 |
| MD-41 | Local | 1750 | 1750 | 0 |
| MD-42 | Local | 1400 | 1400 | 0 |

| TABLE: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Joint | CoordSys | U1 | U2 | U3 |
| Text | Text | Tonf/m | Tonf/m | Tonf/m |
| MD-43 | Local | 1050 | 1050 | 0 |
| MD-44 | Local | 700 | 700 | 0 |
| MD-45 | Local | 350 | 350 | 0 |

## MICROPILOTES TRASEROS

| TABLE: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Joint | CoordSys | U1 | U2 | U3 |
| Text | Text | Tonf/m | Tonf/m | Tonf/m |
| MT-1 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MT-2 | Local | 4900 | 4900 | 0 |
| MT-3 | Local | 4550 | 4550 | 0 |
| MT-4 | Local | 4200 | 4200 | 0 |
| MT-5 | Local | 3850 | 3850 | 0 |
| MT-6 | Local | 3500 | 3500 | 0 |
| MT-7 | Local | 3150 | 3150 | 0 |
| MT-8 | Local | 2800 | 2800 | 0 |
| MT-9 | Local | 2450 | 2450 | 0 |
| MT-10 | Local | 2100 | 2100 | 0 |
| MT-11 | Local | 1750 | 1750 | 0 |
| MT-12 | Local | 1400 | 1400 | 0 |
| MT-13 | Local | 1050 | 1050 | 0 |
| MT-14 | Local | 700 | 700 | 0 |
| MT-15 | Local | 350 | 350 | 0 |
| MT-16 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MT-17 | Local | 4900 | 4900 | 0 |
| MT-18 | Local | 4550 | 4550 | 0 |
| MT-19 | Local | 4200 | 4200 | 0 |
| MT-20 | Local | 3850 | 3850 | 0 |
| MT-21 | Local | 3500 | 3500 | 0 |
| MT-22 | Local | 3150 | 3150 | 0 |
| MT-23 | Local | 2800 | 2800 | 0 |
| MT-24 | Local | 2450 | 2450 | 0 |
| MT-25 | Local | 2100 | 2100 | 0 |
| MT-26 | Local | 1750 | 1750 | 0 |
| MT-27 | Local | 1400 | 1400 | 0 |
| MT-28 | Local | 1050 | 1050 | 0 |
| MT-29 | Local | 700 | 700 | 0 |
| MT-30 | Local | 350 | 350 | 0 |
| MT-31 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MT-32 | Local | 4900 | 4900 | 0 |
| MT-33 | Local | 4550 | 4550 | 0 |

| TABLE: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Joint | CoordSys | U1 | U2 | U3 |
| Text | Text | Tonf/m | Tonf/m | Tonf/m |
| MT-1 | Local | 5250 | 5250 | 100000 |
| MT-34 | Local | 4200 | 4200 | 0 |
| MT-35 | Local | 3850 | 3850 | 0 |
| MT-36 | Local | 3500 | 3500 | 0 |
| MT-37 | Local | 3150 | 3150 | 0 |
| MT-38 | Local | 2800 | 2800 | 0 |
| MT-39 | Local | 2450 | 2450 | 0 |
| MT-40 | Local | 2100 | 2100 | 0 |
| MT-41 | Local | 1750 | 1750 | 0 |
| MT-42 | Local | 1400 | 1400 | 0 |
| MT-43 | Local | 1050 | 1050 | 0 |
| MT-44 | Local | 700 | 700 | 0 |
| MT-45 | Local | 350 | 350 | 0 |

### 1.1.1 Resultados Modelo Cargadero 1

**Esfuerzos en Estado Limite Ultimo**

**Micropilotes Delanteros**

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MD-1 | ELU | Max | -33.686 | 0.30 | 0.00 |
| MD-1 | ELU | Min | -43.600 | 0.39 | 0.00 |
| MD-2 | ELU | Max | -33.674 | 0.35 | 0.39 |
| MD-2 | ELU | Min | -43.617 | 0.27 | 0.30 |
| MD-3 | ELU | Max | -33.521 | 0.04 | 0.02 |
| MD-3 | ELU | Min | -43.451 | 0.03 | 0.02 |
| MD-4 | ELU | Max | -33.401 | 0.02 | 0.02 |
| MD-4 | ELU | Min | -43.329 | 0.03 | 0.02 |
| MD-5 | ELU | Max | -33.291 | 0.01 | 0.00 |
| MD-5 | ELU | Min | -43.220 | 0.01 | 0.01 |
| MD-6 | ELU | Max | -33.181 | 0.01 | 0.00 |
| MD-6 | ELU | Min | -43.109 | 0.01 | 0.00 |
| MD-7 | ELU | Max | -33.069 | 0.01 | 0.00 |
| MD-7 | ELU | Min | -42.998 | 0.01 | 0.00 |
| MD-8 | ELU | Max | -32.958 | 0.01 | 0.00 |
| MD-8 | ELU | Min | -42.887 | 0.01 | 0.00 |
| MD-9 | ELU | Max | -32.848 | 0.01 | 0.00 |
| MD-9 | ELU | Min | -42.776 | 0.01 | 0.00 |
| MD-10 | ELU | Max | -32.738 | 0.02 | 0.01 |
| MD-10 | ELU | Min | -42.666 | 0.02 | 0.01 |
| MD-11 | ELU | Max | -32.618 | 0.05 | 0.04 |
| MD-11 | ELU | Min | -42.549 | 0.07 | 0.04 |
| MD-12 | ELU | Max | -32.478 | 0.29 | 0.02 |
| MD-12 | ELU | Min | -42.414 | 0.34 | 0.01 |
| MD-13 | ELU | Max | -32.355 | 0.41 | 0.35 |
| MD-13 | ELU | Min | -42.287 | 0.45 | 0.30 |
| MD-14 | ELU | Max | -32.341 | 0.51 | 0.81 |
| MD-14 | ELU | Min | -42.241 | 0.37 | 0.73 |
| MD-15 | ELU | Max | -32.418 | 2.29 | 0.38 |
| MD-15 | ELU | Min | -42.277 | 1.95 | 0.25 |
| MD-16 | ELU | Max | -40.795 | 0.38 | 0.00 |
| MD-16 | ELU | Min | -44.372 | 0.41 | 0.00 |
| MD-17 | ELU | Max | -40.812 | 0.37 | 0.41 |
| MD-17 | ELU | Min | -44.400 | 0.34 | 0.38 |
| MD-18 | ELU | Max | -40.646 | 0.04 | 0.03 |
| MD-18 | ELU | Min | -44.229 | 0.03 | 0.02 |
| MD-19 | ELU | Max | -40.524 | 0.03 | 0.02 |
| MD-19 | ELU | Min | -44.106 | 0.03 | 0.02 |
| MD-20 | ELU | Max | -40.414 | 0.01 | 0.01 |
| MD-20 | ELU | Min | -43.997 | 0.01 | 0.01 |

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MD-21 | ELU | Max | -40.304 | 0.01 | 0.00 |
| MD-21 | ELU | Min | -43.886 | 0.01 | 0.00 |
| MD-22 | ELU | Max | -40.192 | 0.01 | 0.00 |
| MD-22 | ELU | Min | -43.774 | 0.01 | 0.00 |
| MD-23 | ELU | Max | -40.080 | 0.01 | 0.00 |
| MD-23 | ELU | Min | -43.663 | 0.01 | 0.00 |
| MD-24 | ELU | Max | -39.971 | 0.00 | 0.00 |
| MD-24 | ELU | Min | -43.553 | 0.00 | 0.00 |
| MD-25 | ELU | Max | -39.861 | 0.01 | 0.01 |
| MD-25 | ELU | Min | -43.443 | 0.01 | 0.01 |
| MD-26 | ELU | Max | -39.738 | 0.05 | 0.03 |
| MD-26 | ELU | Min | -43.322 | 0.06 | 0.03 |
| MD-27 | ELU | Max | -39.587 | 0.25 | 0.02 |
| MD-27 | ELU | Min | -43.174 | 0.28 | 0.00 |
| MD-28 | ELU | Max | -39.456 | 0.37 | 0.29 |
| MD-28 | ELU | Min | -43.040 | 0.38 | 0.25 |
| MD-29 | ELU | Max | -39.470 | 0.38 | 0.66 |
| MD-29 | ELU | Min | -43.037 | 0.24 | 0.62 |
| MD-30 | ELU | Max | -39.611 | 1.83 | 0.37 |
| MD-30 | ELU | Min | -43.158 | 1.56 | 0.32 |
| MD-31 | ELU | Max | -32.209 | 0.29 | 0.00 |
| MD-31 | ELU | Min | -42.123 | 0.38 | 0.00 |
| MD-32 | ELU | Max | -32.193 | 0.34 | 0.37 |
| MD-32 | ELU | Min | -42.136 | 0.26 | 0.29 |
| MD-33 | ELU | Max | -32.041 | 0.03 | 0.02 |
| MD-33 | ELU | Min | -41.972 | 0.02 | 0.02 |
| MD-34 | ELU | Max | -31.922 | 0.02 | 0.02 |
| MD-34 | ELU | Min | -41.850 | 0.03 | 0.02 |
| MD-35 | ELU | Max | -31.812 | 0.01 | 0.00 |
| MD-35 | ELU | Min | -41.741 | 0.01 | 0.00 |
| MD-36 | ELU | Max | -31.702 | 0.01 | 0.00 |
| MD-36 | ELU | Min | -41.631 | 0.01 | 0.00 |
| MD-37 | ELU | Max | -31.590 | 0.01 | 0.00 |
| MD-37 | ELU | Min | -41.519 | 0.01 | 0.00 |
| MD-38 | ELU | Max | -31.479 | 0.01 | 0.00 |
| MD-38 | ELU | Min | -41.408 | 0.01 | 0.00 |
| MD-39 | ELU | Max | -31.369 | 0.00 | 0.00 |
| MD-39 | ELU | Min | -41.298 | 0.00 | 0.00 |
| MD-40 | ELU | Max | -31.259 | 0.01 | 0.01 |
| MD-40 | ELU | Min | -41.188 | 0.01 | 0.01 |
| MD-41 | ELU | Max | -31.138 | 0.04 | 0.03 |
| MD-41 | ELU | Min | -41.069 | 0.05 | 0.03 |
| MD-42 | ELU | Max | -30.996 | 0.21 | 0.02 |
| MD-42 | ELU | Min | -40.933 | 0.24 | 0.00 |
| MD-43 | ELU | Max | -30.874 | 0.33 | 0.25 |
| MD-43 | ELU | Min | -40.806 | 0.33 | 0.20 |
| MD-44 | ELU | Max | -30.869 | 0.33 | 0.57 |
| MD-44 | ELU | Min | -40.769 | 0.18 | 0.53 |
| MD-45 | ELU | Max | -30.958 | 1.56 | 0.32 |
| MD-45 | ELU | Min | -40.818 | 1.26 | 0.32 |

## Micropilotes Traseros

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MT-1 | ELU | Max | -14.485 | 0.00 | 0.00 |
| MT-1 | ELU | Min | -25.762 | 0.00 | 0.00 |
| MT-2 | ELU | Max | -14.377 | 0.00 | 0.00 |
| MT-2 | ELU | Min | -25.654 | 0.00 | 0.00 |
| MT-3 | ELU | Max | -14.269 | 0.00 | 0.00 |
| MT-3 | ELU | Min | -25.546 | 0.00 | 0.00 |
| MT-4 | ELU | Max | -14.161 | 0.00 | 0.00 |
| MT-4 | ELU | Min | -25.438 | 0.00 | 0.00 |
| MT-5 | ELU | Max | -14.053 | 0.00 | 0.00 |
| MT-5 | ELU | Min | -25.330 | 0.00 | 0.00 |
| MT-6 | ELU | Max | -13.945 | 0.00 | 0.00 |
| MT-6 | ELU | Min | -25.222 | 0.00 | 0.00 |
| MT-7 | ELU | Max | -13.837 | 0.00 | 0.00 |
| MT-7 | ELU | Min | -25.114 | 0.00 | 0.00 |
| MT-8 | ELU | Max | -13.729 | 0.00 | 0.00 |
| MT-8 | ELU | Min | -25.006 | 0.00 | 0.00 |
| MT-9 | ELU | Max | -13.621 | 0.01 | 0.00 |
| MT-9 | ELU | Min | -24.897 | 0.01 | 0.00 |
| MT-10 | ELU | Max | -13.513 | 0.03 | 0.01 |
| MT-10 | ELU | Min | -24.789 | 0.02 | 0.01 |
| MT-11 | ELU | Max | -13.405 | 0.05 | 0.04 |
| MT-11 | ELU | Min | -24.681 | 0.06 | 0.04 |
| MT-12 | ELU | Max | -13.296 | 0.30 | 0.03 |
| MT-12 | ELU | Min | -24.573 | 0.34 | 0.01 |
| MT-13 | ELU | Max | -13.188 | 0.41 | 0.37 |
| MT-13 | ELU | Min | -24.465 | 0.45 | 0.31 |
| MT-14 | ELU | Max | -13.080 | 0.51 | 0.81 |
| MT-14 | ELU | Min | -24.357 | 0.36 | 0.73 |
| MT-15 | ELU | Max | -12.972 | 2.32 | 0.37 |
| MT-15 | ELU | Min | -24.249 | 1.93 | 0.32 |
| MT-16 | ELU | Max | -19.354 | 0.00 | 0.00 |
| MT-16 | ELU | Min | -21.411 | 0.00 | 0.00 |
| MT-17 | ELU | Max | -19.246 | 0.00 | 0.00 |
| MT-17 | ELU | Min | -21.303 | 0.00 | 0.00 |
| MT-18 | ELU | Max | -19.138 | 0.00 | 0.00 |
| MT-18 | ELU | Min | -21.195 | 0.00 | 0.00 |
| MT-19 | ELU | Max | -19.030 | 0.00 | 0.00 |
| MT-19 | ELU | Min | -21.086 | 0.00 | 0.00 |
| MT-20 | ELU | Max | -18.922 | 0.00 | 0.00 |
| MT-20 | ELU | Min | -20.978 | 0.00 | 0.00 |
| MT-21 | ELU | Max | -18.814 | 0.00 | 0.00 |
| MT-21 | ELU | Min | -20.870 | 0.00 | 0.00 |
| MT-22 | ELU | Max | -18.706 | 0.00 | 0.00 |
| MT-22 | ELU | Min | -20.762 | 0.00 | 0.00 |
| MT-23 | ELU | Max | -18.598 | 0.00 | 0.00 |
| MT-23 | ELU | Min | -20.654 | 0.00 | 0.00 |
| MT-24 | ELU | Max | -18.489 | 0.01 | 0.00 |
| MT-24 | ELU | Min | -20.546 | 0.01 | 0.00 |
| MT-25 | ELU | Max | -18.381 | 0.02 | 0.01 |
| MT-25 | ELU | Min | -20.438 | 0.02 | 0.01 |
| MT-26 | ELU | Max | -18.273 | 0.04 | 0.03 |
| MT-26 | ELU | Min | -20.330 | 0.05 | 0.03 |
| MT-27 | ELU | Max | -18.165 | 0.24 | 0.02 |
| MT-27 | ELU | Min | -20.222 | 0.27 | 0.01 |
| MT-28 | ELU | Max | -18.057 | 0.37 | 0.29 |
| MT-28 | ELU | Min | -20.114 | 0.37 | 0.25 |
| MT-29 | ELU | Max | -17.949 | 0.39 | 0.66 |
| MT-29 | ELU | Min | -20.006 | 0.26 | 0.62 |
| MT-30 | ELU | Max | -17.841 | 1.84 | 0.36 |
| MT-30 | ELU | Min | -19.897 | 1.57 | 0.32 |
| MT-31 | ELU | Max | -12.579 | 0.00 | 0.00 |
| MT-31 | ELU | Min | -23.856 | 0.00 | 0.00 |
| MT-32 | ELU | Max | -12.470 | 0.00 | 0.00 |
| MT-32 | ELU | Min | -23.748 | 0.00 | 0.00 |
| MT-33 | ELU | Max | -12.362 | 0.00 | 0.00 |
| MT-33 | ELU | Min | -23.640 | 0.00 | 0.00 |
| MT-34 | ELU | Max | -12.254 | 0.00 | 0.00 |
| MT-34 | ELU | Min | -23.531 | 0.00 | 0.00 |
| MT-35 | ELU | Max | -12.146 | 0.00 | 0.00 |
| MT-35 | ELU | Min | -23.423 | 0.00 | 0.00 |
| MT-36 | ELU | Max | -12.038 | 0.00 | 0.00 |
| MT-36 | ELU | Min | -23.315 | 0.00 | 0.00 |
| MT-37 | ELU | Max | -11.930 | 0.00 | 0.00 |
| MT-37 | ELU | Min | -23.207 | 0.00 | 0.00 |
| MT-38 | ELU | Max | -11.822 | 0.00 | 0.00 |
| MT-38 | ELU | Min | -23.099 | 0.00 | 0.00 |
| MT-39 | ELU | Max | -11.714 | 0.01 | 0.00 |
| MT-39 | ELU | Min | -22.991 | 0.01 | 0.00 |
| MT-40 | ELU | Max | -11.606 | 0.02 | 0.01 |
| MT-40 | ELU | Min | -22.883 | 0.02 | 0.01 |
| MT-41 | ELU | Max | -11.498 | 0.03 | 0.02 |
| MT-41 | ELU | Min | -22.775 | 0.04 | 0.03 |
| MT-42 | ELU | Max | -11.390 | 0.20 | 0.02 |
| MT-42 | ELU | Min | -22.667 | 0.24 | 0.00 |
| MT-43 | ELU | Max | -11.281 | 0.30 | 0.26 |
| MT-43 | ELU | Min | -22.559 | 0.34 | 0.20 |
| MT-44 | ELU | Max | -11.173 | 0.34 | 0.59 |

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MT-44 | ELU | Min | -22.451 | 0.16 | 0.51 |
| MT-45 | ELU | Max | -11.065 | 1.62 | 0.35 |
| MT-45 | ELU | Min | -22.343 | 1.21 | 0.30 |

### 1.1.1 Resultados Modelo Cargadero 2

**Esfuerzos en Estado Limite Ultimo**

**Micropilotes Delanteros**

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MD-1 | ELU | Max | -29.024 | 0.26 | 0.00 |
| MD-1 | ELU | Min | -38.953 | 0.35 | 0.00 |
| MD-2 | ELU | Max | -28.998 | 0.31 | 0.35 |
| MD-2 | ELU | Min | -38.956 | 0.23 | 0.26 |
| MD-3 | ELU | Max | -28.850 | 0.03 | 0.02 |
| MD-3 | ELU | Min | -38.796 | 0.02 | 0.02 |
| MD-4 | ELU | Max | -28.732 | 0.02 | 0.02 |
| MD-4 | ELU | Min | -38.676 | 0.02 | 0.02 |
| MD-5 | ELU | Max | -28.622 | 0.01 | 0.00 |
| MD-5 | ELU | Min | -38.566 | 0.01 | 0.00 |
| MD-6 | ELU | Max | -28.511 | 0.01 | 0.00 |
| MD-6 | ELU | Min | -38.455 | 0.01 | 0.00 |
| MD-7 | ELU | Max | -28.400 | 0.01 | 0.00 |
| MD-7 | ELU | Min | -38.344 | 0.01 | 0.00 |
| MD-8 | ELU | Max | -28.288 | 0.01 | 0.00 |
| MD-8 | ELU | Min | -38.233 | 0.01 | 0.00 |
| MD-9 | ELU | Max | -28.178 | 0.01 | 0.00 |
| MD-9 | ELU | Min | -38.122 | 0.01 | 0.00 |
| MD-10 | ELU | Max | -28.068 | 0.02 | 0.01 |
| MD-10 | ELU | Min | -38.012 | 0.02 | 0.01 |
| MD-11 | ELU | Max | -27.949 | 0.04 | 0.03 |
| MD-11 | ELU | Min | -37.896 | 0.06 | 0.03 |
| MD-12 | ELU | Max | -27.817 | 0.25 | 0.02 |
| MD-12 | ELU | Min | -37.770 | 0.29 | 0.01 |
| MD-13 | ELU | Max | -27.699 | 0.34 | 0.30 |
| MD-13 | ELU | Min | -37.647 | 0.38 | 0.26 |
| MD-14 | ELU | Max | -27.663 | 0.48 | 0.68 |
| MD-14 | ELU | Min | -37.578 | 0.34 | 0.61 |
| MD-15 | ELU | Max | -27.690 | 1.99 | 0.29 |
| MD-15 | ELU | Min | -37.565 | 1.68 | 0.16 |
| MD-16 | ELU | Max | -37.928 | 0.35 | 0.00 |
| MD-16 | ELU | Min | -41.517 | 0.39 | 0.00 |
| MD-17 | ELU | Max | -37.936 | 0.34 | 0.38 |
| MD-17 | ELU | Min | -41.537 | 0.31 | 0.35 |
| MD-18 | ELU | Max | -37.774 | 0.03 | 0.02 |
| MD-18 | ELU | Min | -41.370 | 0.03 | 0.02 |
| MD-19 | ELU | Max | -37.652 | 0.02 | 0.02 |
| MD-19 | ELU | Min | -41.247 | 0.03 | 0.02 |
| MD-20 | ELU | Max | -37.543 | 0.01 | 0.00 |
| MD-20 | ELU | Min | -41.138 | 0.01 | 0.01 |

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MD-21 | ELU | Max | -37.432 | 0.01 | 0.00 |
| MD-21 | ELU | Min | -41.027 | 0.01 | 0.00 |
| MD-22 | ELU | Max | -37.320 | 0.01 | 0.00 |
| MD-22 | ELU | Min | -40.915 | 0.01 | 0.00 |
| MD-23 | ELU | Max | -37.209 | 0.01 | 0.00 |
| MD-23 | ELU | Min | -40.804 | 0.01 | 0.00 |
| MD-24 | ELU | Max | -37.099 | 0.00 | 0.00 |
| MD-24 | ELU | Min | -40.694 | 0.00 | 0.00 |
| MD-25 | ELU | Max | -36.989 | 0.01 | 0.01 |
| MD-25 | ELU | Min | -40.584 | 0.01 | 0.01 |
| MD-26 | ELU | Max | -36.866 | 0.05 | 0.03 |
| MD-26 | ELU | Min | -40.463 | 0.06 | 0.03 |
| MD-27 | ELU | Max | -36.718 | 0.24 | 0.02 |
| MD-27 | ELU | Min | -40.318 | 0.27 | 0.01 |
| MD-28 | ELU | Max | -36.592 | 0.34 | 0.28 |
| MD-28 | ELU | Min | -40.189 | 0.35 | 0.24 |
| MD-29 | ELU | Max | -36.604 | 0.43 | 0.63 |
| MD-29 | ELU | Min | -40.184 | 0.28 | 0.58 |
| MD-30 | ELU | Max | -36.731 | 1.84 | 0.29 |
| MD-30 | ELU | Min | -40.290 | 1.55 | 0.23 |
| MD-31 | ELU | Max | -31.447 | 0.28 | 0.00 |
| MD-31 | ELU | Min | -41.377 | 0.37 | 0.00 |
| MD-32 | ELU | Max | -31.428 | 0.33 | 0.37 |
| MD-32 | ELU | Min | -41.387 | 0.25 | 0.28 |
| MD-33 | ELU | Max | -31.278 | 0.03 | 0.02 |
| MD-33 | ELU | Min | -41.224 | 0.02 | 0.02 |
| MD-34 | ELU | Max | -31.159 | 0.02 | 0.02 |
| MD-34 | ELU | Min | -41.103 | 0.02 | 0.02 |
| MD-35 | ELU | Max | -31.049 | 0.01 | 0.00 |
| MD-35 | ELU | Min | -40.994 | 0.01 | 0.00 |
| MD-36 | ELU | Max | -30.938 | 0.01 | 0.00 |
| MD-36 | ELU | Min | -40.883 | 0.01 | 0.00 |
| MD-37 | ELU | Max | -30.827 | 0.01 | 0.00 |
| MD-37 | ELU | Min | -40.772 | 0.01 | 0.00 |
| MD-38 | ELU | Max | -30.715 | 0.01 | 0.00 |
| MD-38 | ELU | Min | -40.660 | 0.01 | 0.00 |
| MD-39 | ELU | Max | -30.606 | 0.00 | 0.00 |
| MD-39 | ELU | Min | -40.550 | 0.00 | 0.00 |
| MD-40 | ELU | Max | -30.496 | 0.01 | 0.01 |
| MD-40 | ELU | Min | -40.440 | 0.01 | 0.01 |
| MD-41 | ELU | Max | -30.373 | 0.05 | 0.03 |
| MD-41 | ELU | Min | -40.320 | 0.06 | 0.03 |
| MD-42 | ELU | Max | -30.227 | 0.24 | 0.02 |
| MD-42 | ELU | Min | -40.180 | 0.27 | 0.01 |
| MD-43 | ELU | Max | -30.107 | 0.33 | 0.29 |
| MD-43 | ELU | Min | -40.056 | 0.33 | 0.24 |
| MD-44 | ELU | Max | -30.124 | 0.44 | 0.62 |
| MD-44 | ELU | Min | -40.040 | 0.30 | 0.57 |
| MD-45 | ELU | Max | -30.243 | 1.84 | 0.24 |
| MD-45 | ELU | Min | -40.118 | 1.53 | 0.22 |

## Micropilotes Traseros

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MT-1 | ELU | Max | -14.831 | 0.00 | 0.00 |
| MT-1 | ELU | Min | -26.092 | 0.00 | 0.00 |
| MT-2 | ELU | Max | -14.722 | 0.00 | 0.00 |
| MT-2 | ELU | Min | -25.984 | 0.00 | 0.00 |
| MT-3 | ELU | Max | -14.614 | 0.00 | 0.00 |
| MT-3 | ELU | Min | -25.875 | 0.00 | 0.00 |
| MT-4 | ELU | Max | -14.506 | 0.00 | 0.00 |
| MT-4 | ELU | Min | -25.767 | 0.00 | 0.00 |
| MT-5 | ELU | Max | -14.398 | 0.00 | 0.00 |
| MT-5 | ELU | Min | -25.659 | 0.00 | 0.00 |
| MT-6 | ELU | Max | -14.290 | 0.00 | 0.00 |
| MT-6 | ELU | Min | -25.551 | 0.00 | 0.00 |
| MT-7 | ELU | Max | -14.182 | 0.00 | 0.00 |
| MT-7 | ELU | Min | -25.443 | 0.00 | 0.00 |
| MT-8 | ELU | Max | -14.074 | 0.00 | 0.00 |
| MT-8 | ELU | Min | -25.335 | 0.00 | 0.00 |
| MT-9 | ELU | Max | -13.966 | 0.01 | 0.00 |
| MT-9 | ELU | Min | -25.227 | 0.01 | 0.00 |
| MT-10 | ELU | Max | -13.858 | 0.02 | 0.01 |
| MT-10 | ELU | Min | -25.119 | 0.02 | 0.01 |
| MT-11 | ELU | Max | -13.750 | 0.04 | 0.03 |
| MT-11 | ELU | Min | -25.011 | 0.06 | 0.03 |
| MT-12 | ELU | Max | -13.642 | 0.25 | 0.03 |
| MT-12 | ELU | Min | -24.903 | 0.30 | 0.01 |
| MT-13 | ELU | Max | -13.533 | 0.33 | 0.33 |
| MT-13 | ELU | Min | -24.795 | 0.37 | 0.26 |
| MT-14 | ELU | Max | -13.425 | 0.51 | 0.70 |
| MT-14 | ELU | Min | -24.686 | 0.33 | 0.60 |
| MT-15 | ELU | Max | -13.317 | 2.10 | 0.28 |
| MT-15 | ELU | Min | -24.578 | 1.65 | 0.22 |
| MT-16 | ELU | Max | -20.578 | 0.00 | 0.00 |
| MT-16 | ELU | Min | -22.642 | 0.00 | 0.00 |
| MT-17 | ELU | Max | -20.470 | 0.00 | 0.00 |
| MT-17 | ELU | Min | -22.534 | 0.00 | 0.00 |
| MT-18 | ELU | Max | -20.362 | 0.00 | 0.00 |
| MT-18 | ELU | Min | -22.426 | 0.00 | 0.00 |
| MT-19 | ELU | Max | -20.254 | 0.00 | 0.00 |
| MT-19 | ELU | Min | -22.318 | 0.00 | 0.00 |
| MT-20 | ELU | Max | -20.146 | 0.00 | 0.00 |
| MT-20 | ELU | Min | -22.210 | 0.00 | 0.00 |
| MT-21 | ELU | Max | -20.037 | 0.00 | 0.00 |
| MT-21 | ELU | Min | -22.102 | 0.00 | 0.00 |
| MT-22 | ELU | Max | -19.929 | 0.00 | 0.00 |

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MT-22 | ELU | Min | -21.994 | 0.00 | 0.00 |
| MT-23 | ELU | Max | -19.821 | 0.00 | 0.00 |
| MT-23 | ELU | Min | -21.886 | 0.00 | 0.00 |
| MT-24 | ELU | Max | -19.713 | 0.01 | 0.00 |
| MT-24 | ELU | Min | -21.778 | 0.01 | 0.00 |
| MT-25 | ELU | Max | -19.605 | 0.02 | 0.01 |
| MT-25 | ELU | Min | -21.670 | 0.02 | 0.01 |
| MT-26 | ELU | Max | -19.497 | 0.04 | 0.03 |
| MT-26 | ELU | Min | -21.561 | 0.05 | 0.03 |
| MT-27 | ELU | Max | -19.389 | 0.24 | 0.02 |
| MT-27 | ELU | Min | -21.453 | 0.27 | 0.01 |
| MT-28 | ELU | Max | -19.281 | 0.33 | 0.30 |
| MT-28 | ELU | Min | -21.345 | 0.34 | 0.25 |
| MT-29 | ELU | Max | -19.173 | 0.46 | 0.63 |
| MT-29 | ELU | Min | -21.237 | 0.30 | 0.58 |
| MT-30 | ELU | Max | -19.065 | 1.89 | 0.28 |
| MT-30 | ELU | Min | -21.129 | 1.55 | 0.22 |
| MT-31 | ELU | Max | -14.582 | 0.00 | 0.00 |
| MT-31 | ELU | Min | -25.844 | 0.00 | 0.00 |
| MT-32 | ELU | Max | -14.474 | 0.00 | 0.00 |
| MT-32 | ELU | Min | -25.736 | 0.00 | 0.00 |
| MT-33 | ELU | Max | -14.366 | 0.00 | 0.00 |
| MT-33 | ELU | Min | -25.627 | 0.00 | 0.00 |
| MT-34 | ELU | Max | -14.258 | 0.00 | 0.00 |
| MT-34 | ELU | Min | -25.519 | 0.00 | 0.00 |
| MT-35 | ELU | Max | -14.149 | 0.00 | 0.00 |
| MT-35 | ELU | Min | -25.411 | 0.00 | 0.00 |
| MT-36 | ELU | Max | -14.041 | 0.00 | 0.00 |
| MT-36 | ELU | Min | -25.303 | 0.00 | 0.00 |
| MT-37 | ELU | Max | -13.933 | 0.00 | 0.00 |
| MT-37 | ELU | Min | -25.195 | 0.00 | 0.00 |
| MT-38 | ELU | Max | -13.825 | 0.00 | 0.00 |
| MT-38 | ELU | Min | -25.087 | 0.00 | 0.00 |
| MT-39 | ELU | Max | -13.717 | 0.01 | 0.00 |
| MT-39 | ELU | Min | -24.979 | 0.01 | 0.00 |
| MT-40 | ELU | Max | -13.609 | 0.02 | 0.01 |
| MT-40 | ELU | Min | -24.871 | 0.02 | 0.01 |
| MT-41 | ELU | Max | -13.501 | 0.04 | 0.03 |
| MT-41 | ELU | Min | -24.763 | 0.06 | 0.03 |
| MT-42 | ELU | Max | -13.393 | 0.22 | 0.03 |
| MT-42 | ELU | Min | -24.655 | 0.28 | 0.01 |
| MT-43 | ELU | Max | -13.285 | 0.31 | 0.30 |
| MT-43 | ELU | Min | -24.547 | 0.35 | 0.24 |
| MT-44 | ELU | Max | -13.177 | 0.47 | 0.65 |

| Frame | OutputCase | StepType | P | Vd | Md |
|---|---|---|---|---|---|
| Text | Text | Text | Tonf | Tonf | Tonf-m |
| MT-44 | ELU | Min | -24.438 | 0.28 | 0.55 |
| MT-45 | ELU | Max | -13.069 | 1.94 | 0.27 |
| MT-45 | ELU | Min | -24.330 | 1.47 | 0.22 |

De las tablas anteriores se resumen a continuación los esfuerzos máximos y mínimos en los micropilotes.

| | MICROPILOTES DELANTEROS | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Nd (max) | Nd (min) | Vd | Md |
| Cargadero 1 | 44.40 | 30.87 | 2.29 | 0.81 |
| Cargadero 2 | 41.55 | 27.66 | 1.99 | 0.68 |

| | MICROPILOTES TRASEROS | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Nd (max) | Nd (min) | Vd | Md |
| Cargadero 1 | 25.76 | 11.06 | 2.32 | 0.81 |
| Cargadero 2 | 26.09 | 13.07 | 2.10 | 0.70 |

Con las cargas máximas anteriormente obtenidas, que ya tienen en cuenta, la descompensación que se genera entre la componente horizontal de todos los micropilotes inclinados y las reacciones horizontales solicitantes, se comprueba a continuación tanto el Estado Límite de Hundimiento como la validez de la sección del pilote para los esfuerzos generados

Se considera una longitud de micropilote mínima de 6.50m con un empotramiento mínimo en el sustrato resistente de 4.00m-4.50m

La sección transversal del micropilote definida será micropilote de ϕ180 mm., con tubería de 127mm, e = 8 mm y acero N-80.

## MICROPILOTES DE 6.50 m

## ELU

# Resistencia estructural de micropilotes

**(Según "Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera")**

***Estructura*** BICIPISTA DEL IBAIZABAL
***Elemento:*** PASARELA 0+900
***Cliente*** FULCRUM

**DATOS**

**Geometría del micropilote**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Diámetro de la perforación | $D_p$ (mm)= | 185 | |
| Diámetro nominal del micropilote | D (mm)= | 177.8 | |
| Diámetro exterior de la armadura tubular | $d_{ext}$ (mm) = | 127 | |
| Espesor de la armadura tubular | t (mm)= | 8 | |
| Reducción de espesor | $r_e$ (mm)= | 1.2 | (según Tabla 2.4) |
| Diámetro barra corrugada | $d_{barra}$ (mm) = | | |
| Recubrimiento mínimo de la camisa tubular | $rec_{camisa}$ (mm) = | 30 | ***Vale*** |

**Características de los materiales**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Límite elástico para el acero de la armadura tubular | $f_y$ (MPa) = | 560 | |
| Coef. De seg. Para el acero de la armadura tubular | $\gamma_a$ = | 1.1 | |
| Resist. De cálculo del acero de la armadura tubular | $f_{yd}$ (MPa) = | 400 | |
| Límite elástico para el acero de la barra corrugada | $f_s$ (MPa) = | 500 | |
| Coef. De seg. Para el acero de la barra corrugada | $\gamma_s$ = | 1.15 | |
| Resist. De cálculo del acero de la barra corrugada | $f_{sd}$ (MPa) = | 400 | |
| Resistencia característica del mortero | $f_{ck}$ (MPa) = | 35 | |
| Coeficiente de seguridad para el mortero | $\gamma_c$ = | 1.5 | |
| Resistencia de cálculo del mortero | $f_{cd}$ (MPa) = | 23.33 | |

## MICROPILOTES DELANTEROS

**Esfuerzos de cálculo. Situación Transitoria**

| | | |
|---|---|---|
| Esfuerzo axil de compresión | $N_{c,Ed}$ (t) = | 44.40 |
| Esfuerzo axil de tracción | $N_{t,Ed}$ (t) = | |
| Momento flector | $M_{Ed}$ (t) = | 0.81 |
| Esfuerzo cortante | $V_{Ed}$ (t) = | 2.29 |

| | Ltramo | rf | |
|---|---|---|---|
| **COMPROBACION FRENTE AL HUNDIMIENTO** | 2.5 | 0 | desde 0 a -2.5 m |
| | 4 | 0.300 | desde >-2.50 m |

**Micropilote en suelo**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia unitario limite por fuste | $r_{f\ lim}$ (Mpa) = | 0.185 | |
| Longitud del micropilote | L (m) = | 6.5 | |
| Coeficiente de minoración | $F_r$ = | 1.65 | |
| Resist. de cálculo en por fuste en suelos | $R_{f\,cd}$ (t) = | 40.62 | |
| % resistencia por fuste considerada para punta | | 10% | |
| Resist. total de cálculo | $R_{e,d}$ (t) = | **44.69** | ***Vale*** |

**COMPROBACIÓN FRENTE AL ARRANQUE**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Coeficiente de minoración | $F_{we}$ = | 1.2 | |
| Alternancia de carga de esfuerzos de tracción/compresión | | SÍ | |
| Resistencia de cálculo area lateral en roca | $Rf_{t,d}$ (t) = | 40.22 | |
| Resistencia de cálculo frente al arranque (roca) | $R_{t,d}$ (t) = | **40.55** | ***Vale*** |

**COMPROBACIONES FRENTE AL FALLO ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE**

**Resistencia estructural del micropilote a compresión** Hlibre (m) = 2.5

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sección de cálculo de la armadura tubular | $A_{pv}$ ($mm^2$) = | 2516.54 | |
| Tipo de coacción lateral (Tabla 3.6) | $C_r$ = | 14.06 | |
| Coef. reductor de la capacidad estructural por pandeo | R = | 0.69 | |
| Coef. De influencia del tipo de ejecución (Tabla 3.5) | $F_e$ = | 1.3 | |
| Coef. De minoración en función del tipo de unión | $F_{u,c}$ = | 1 | |
| Resistencia del micropilote a compresión | $N_{c,Rd}$ (t) = | **67.59** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote a tracción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Coef. De minoración en función del tipo de unión | $F_{t,c}$ = | 0.5 | |
| Resistencia del micropilote a tracción | $N_{t,Rd}$ (t) = | **64.06** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote a flexión**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Módulo plástico de la sección | $W_{pl}$ ($cm^3$) = | 94.47 | |
| Módulo elástico de la sección | $W_{el}$ ($cm^3$) = | 70.30 | |
| Coef. De minoración según tipo de unión | $F_{u,f}$ = | 1 | |
| Resistencia de cálculo a flexión | $M_{c,Rd}$ (t·m) = | **4.81** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote a cortante**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia de cálculo a cortante | $V_{c,Rd}$ (t) = | **47.09** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote frente a esfuerzos combinados**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia de cálculo a flexión, teniendo en cuenta la interacción del esfuerzo cortante | $M_{v,Rd}$ (t·m) = | **4.81** | ***Vale*** |
| Resistencia de cálculo a flexión-axil | $N_{c,Ed}$ / $N_{c,Rd}$ + $M_{ed}$ / $M_{c,rd}$ = | **0.83** | ***Vale*** |

## MICROPILOTES TRASEROS

**Esfuerzos de cálculo. Situación Transitoria**

| | | |
|---|---|---|
| Esfuerzo axil de compresión | $N_{c,Ed}$ (t) = | 25.76 |
| Esfuerzo axil de tracción | $N_{t,Ed}$ (t) = | |
| Momento flector | $M_{Ed}$ (t) = | 0.8 |
| Esfuerzo cortante | $V_{Ed}$ (t) = | 2.3 |

| | Ltramo | rf | |
|---|---|---|---|
| **COMPROBACION FRENTE AL HUNDIMIENTO** | 2.5 | 0 | desde 0 a -2.5 m |
| | 4 | 0.300 | hasta >-2.50 m |

**Micropilote en suelo**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia unitario limite por fuste | $r_{f\ lim}$ (Mpa) = | 0.185 | |
| Longitud del micropilote | L (m) = | 6.5 | |
| Coeficiente de minoración | $F_r$ = | 1.65 | |
| Resist. de cálculo en por fuste en suelos | $R_{f\,cd}$ (t) = | 40.62 | |
| % resistencia por fuste considerada para punta | | 10% | |
| Resist. total de cálculo | $R_{a,d}$ (t) = | **44.69** | ***Vale*** |

**Micropilote en roca**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia unitaria de cálculo por fuste | $f_{a,d}$ (Mpa) = | 0.185 | |
| Resistencia unitaria de cálculo por punta | $q_{pe,d}$ (Mpa) = | 2.1 | |
| Longitud empotramiento en roca | L (m) = | 6.5 | |
| Resist. De cálculo en el empotramiento en roca | $R_{a,d}$ (t) = | **72.24** | ***Vale*** |

**COMPROBACIÓN FRENTE AL ARRANQUE**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Coeficiente de minoración | $F_{we}$ = | 1.2 | |
| Alternancia de carga de esfuerzos de tracción/compresión | | SÍ | |
| Resistencia de cálculo area lateral en roca | $Rf_{t,d}$ (t) = | 40.22 | |
| Resistencia de cálculo frente al arranque (roca) | $R_{t,d}$ (t) = | **40.55** | ***Vale*** |

**COMPROBACIONES FRENTE AL FALLO ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE**

**Resistencia estructural del micropilote a compresión** — Hlibre (m) = 2.5

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sección de cálculo de la armadura tubular | $A_{pr}$ ($mm^2$) = | 2516.54 | |
| Tipo de coacción lateral (Tabla 3.6) | $C_r$ = | 14.06 | |
| Coef. reductor de la capacidad estructural por pandeo | R = | 0.69 | |
| Coef. De influencia del tipo de ejecución (Tabla 3.5) | $F_e$ = | 1.3 | |
| Coef. De minoración en función del tipo de unión | $F_{u,c}$ = | 1 | |
| Resistencia del micropilote a compresión | $N_{c,Rd}$ (t) = | **67.59** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote a tracción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Coef. De minoración en función del tipo de unión | $F_{t,c}$ = | 0.5 | |
| Resistencia del micropilote a tracción | $N_{t,Rd}$ (t) = | **64.06** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote a flexión**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Módulo plástico de la sección | $W_{pl}$ ($cm^3$) = | 94.47 | |
| Módulo elástico de la sección | $W_{el}$ ($cm^3$) = | 70.30 | |
| Coef. De minoración según tipo de unión | $F_{u,f}$ = | 1 | |
| Resistencia de cálculo a flexión | $M_{c,Rd}$ (t·m) = | **4.81** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote a cortante**

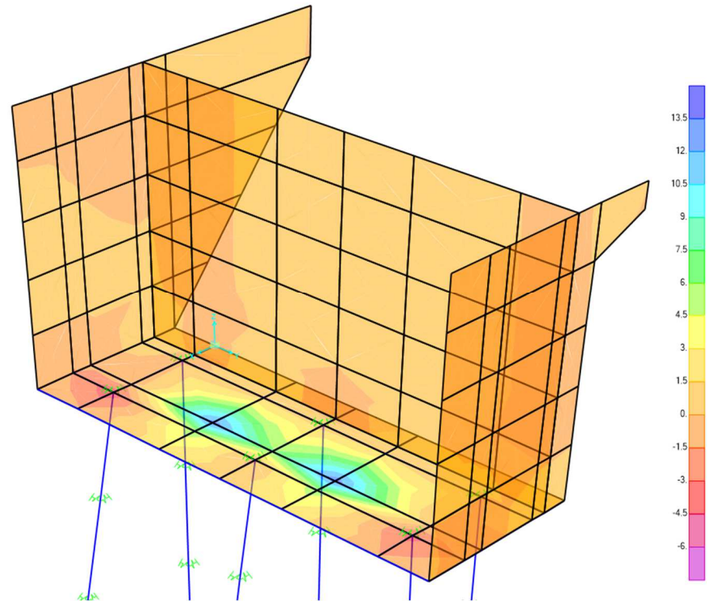
| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia de cálculo a cortante | $V_{c,Rd}$ (t) = | **47.09** | ***Vale*** |

**Resistencia estructural del micropilote frente a esfuerzos combinados**

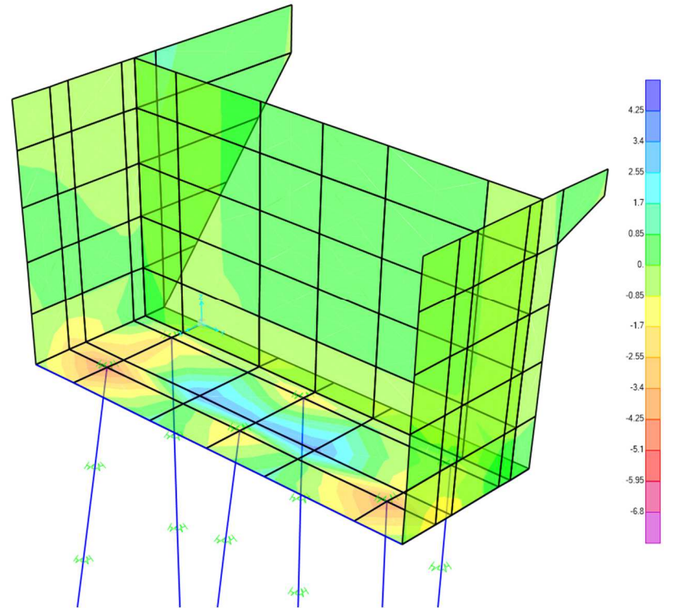
| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia de cálculo a flexión, teniendo en cuenta la interacción del esfuerzo cortante | $M_{v,Rd}$ (t·m) = | **4.81** | ***Vale*** |
| Resistencia de cálculo a flexión-axil | $N_{c,Ed} / N_{c,Rd} + M_{ed} / M_{c,rd}$ = | **0.55** | ***Vale*** |

## 8.2 ARMADURA CARGADERO

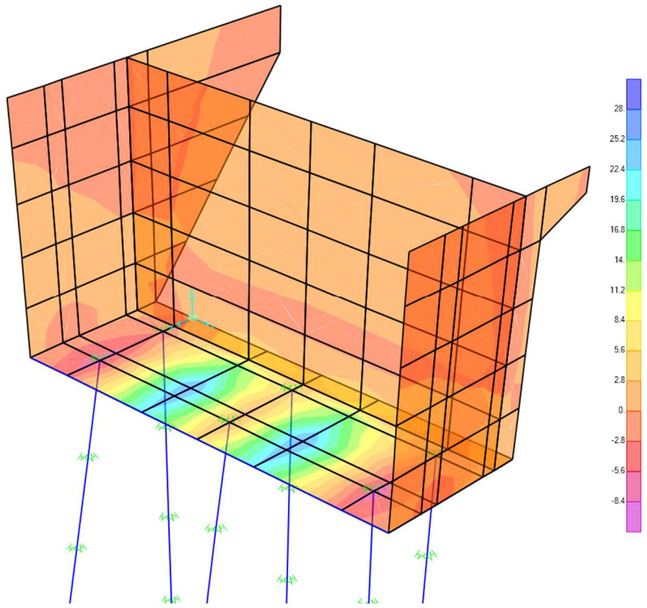
A partir del modelo realizado se obtiene los esfuerzos en el espaldón y la armadura del mismo:



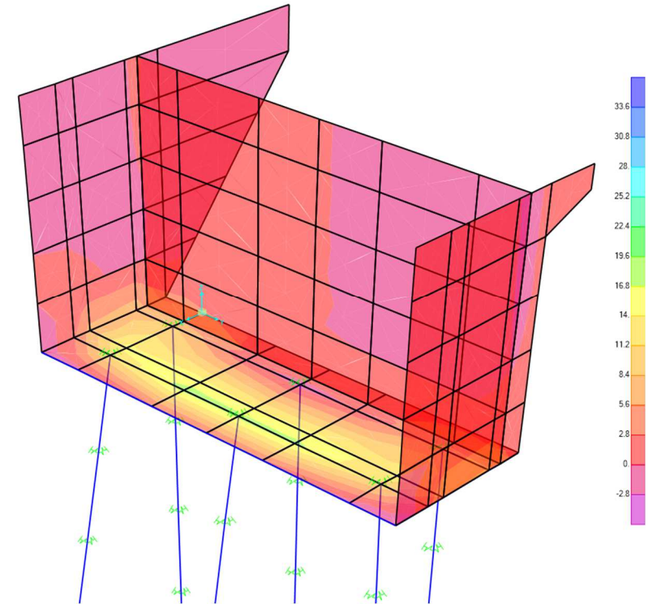

**ESFUERZOS $M_{11}$ Max**



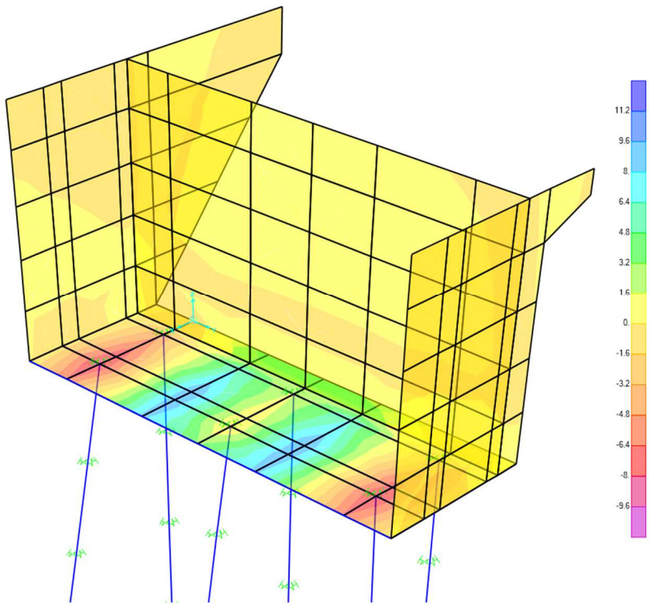

**ESFUERZOS $M_{11}$ Min**



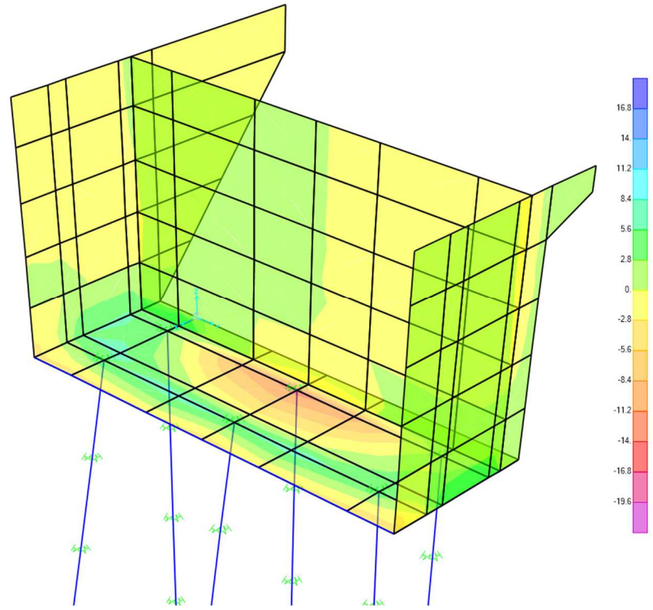

**ESFUERZOS $M_{22}$ Max**




**ESFUERZOS $V_{13}$ Max**

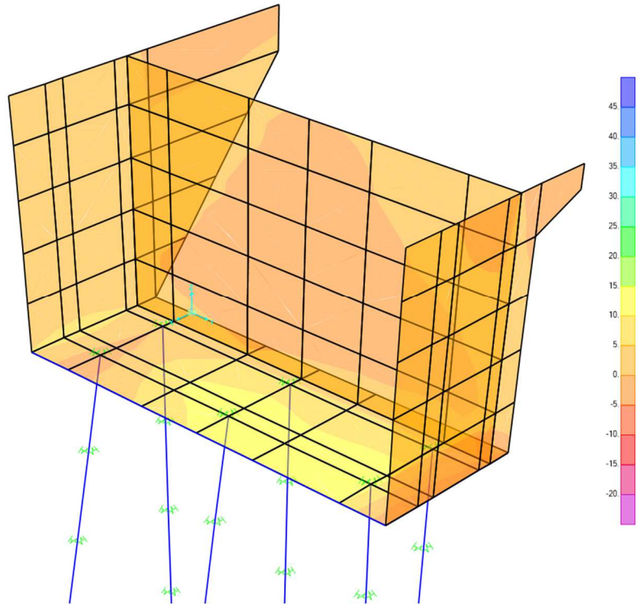



**ESFUERZOS $M_{22}$ Min**

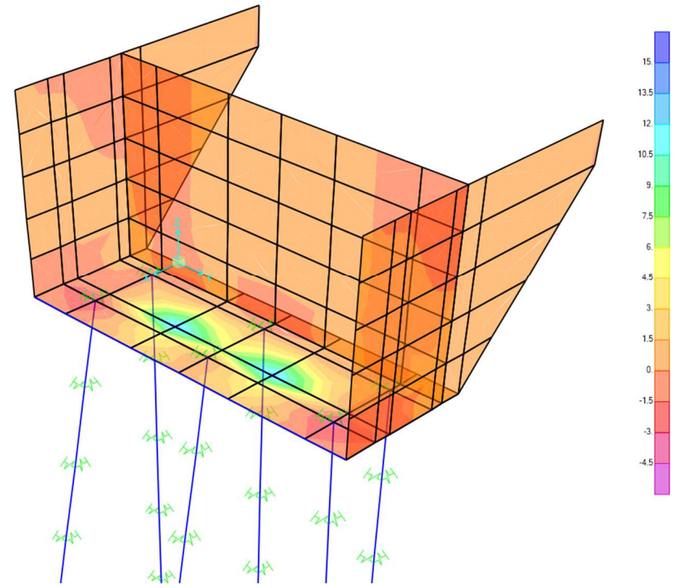



**ESFUERZOS $V_{13}$ Min**

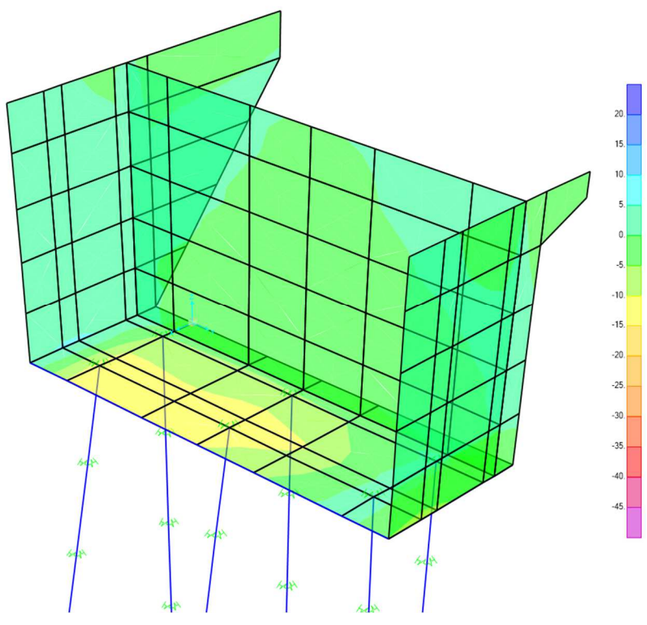
A partir del modelo realizado se obtiene los esfuerzos en el espaldón y la armadura del mismo:



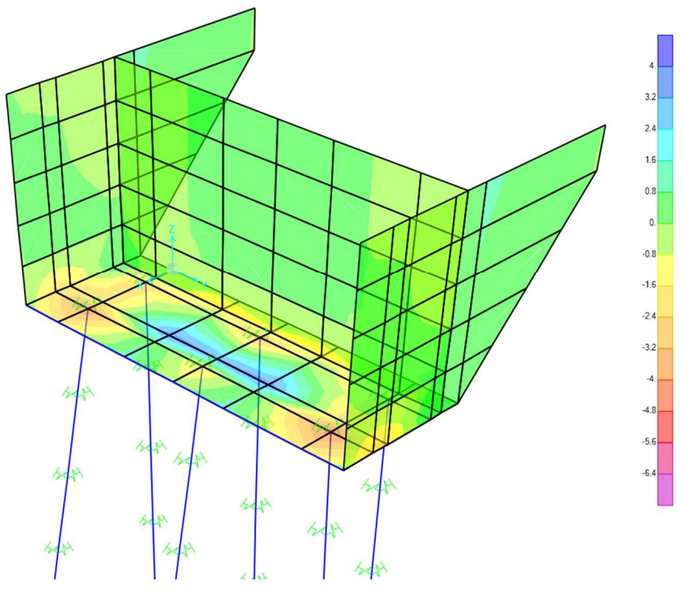

**ESFUERZOS $V_{23}$ Max**



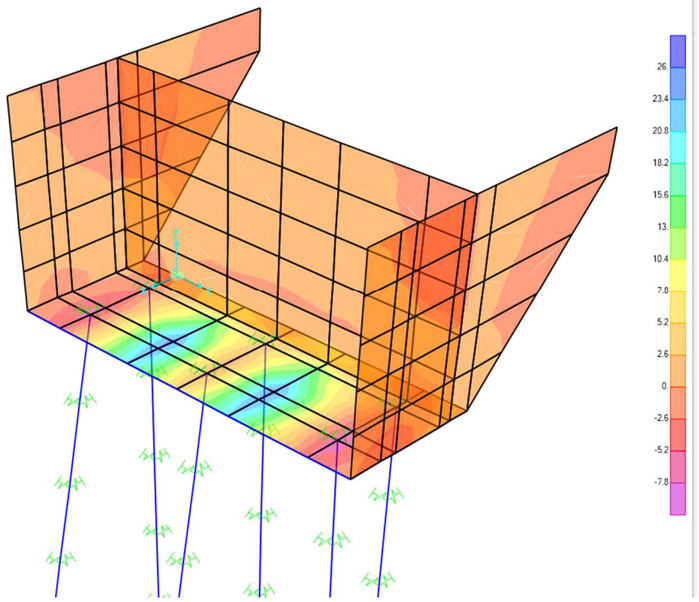

**ESFUERZOS $M_{11}$ Max**



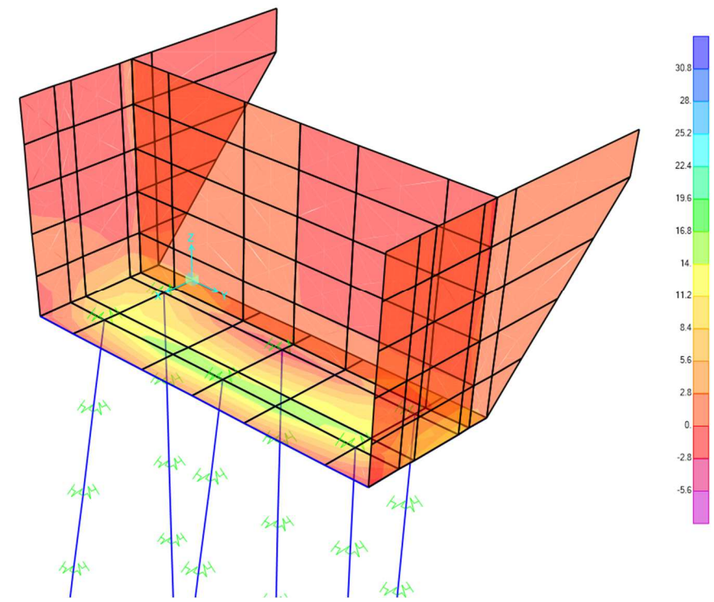

**ESFUERZOS $V_{23}$ Min**



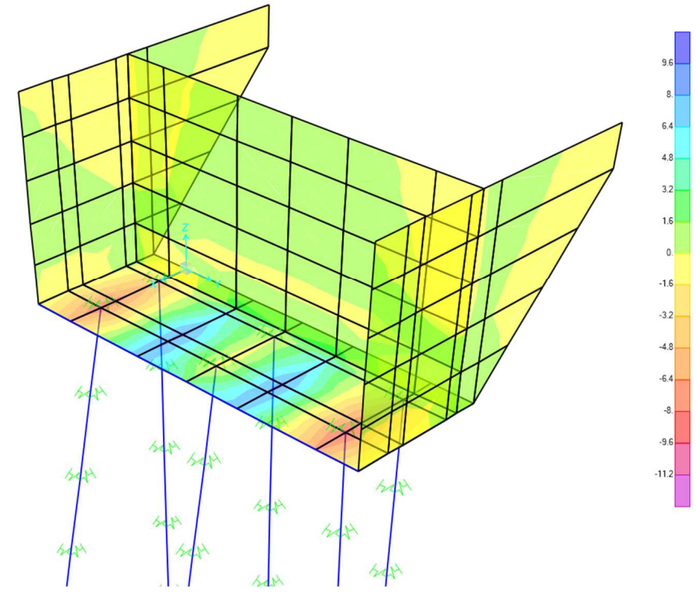

**ESFUERZOS $M_{11}$ Min**



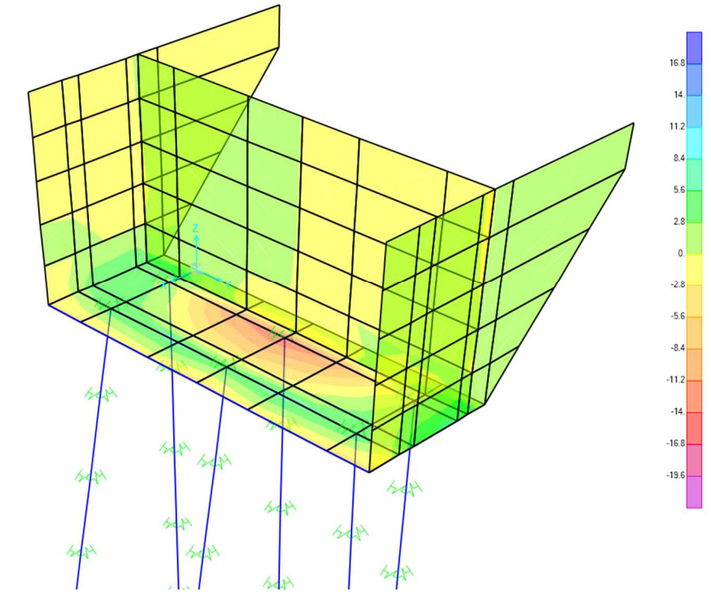

**ESFUERZOS $M_{22}$ Max**



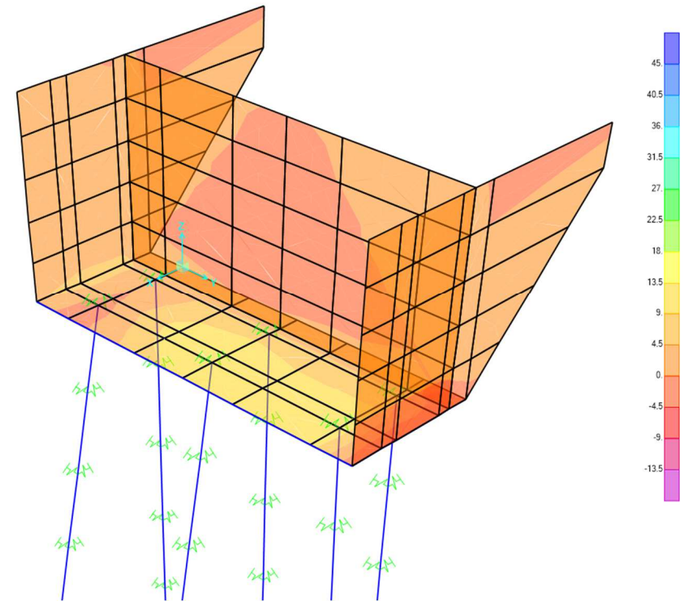

**ESFUERZOS $V_{13}$ Max**



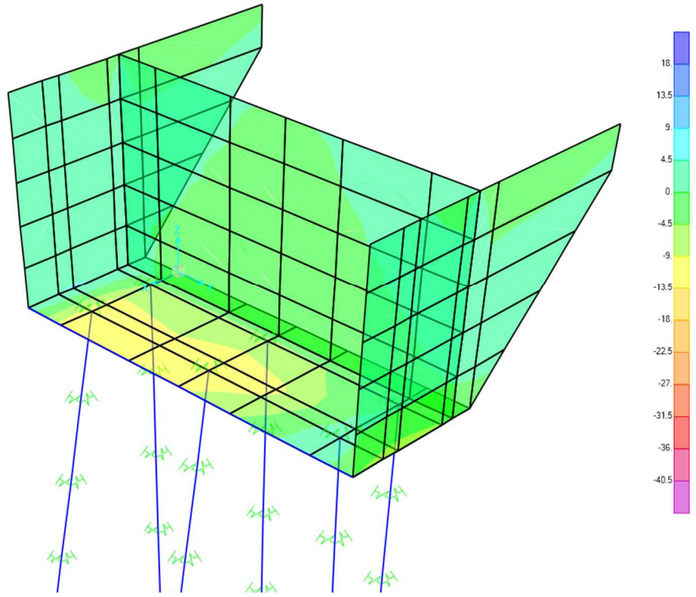

**ESFUERZOS $M_{22}$ Min**




**ESFUERZOS $V_{13}$ Min**



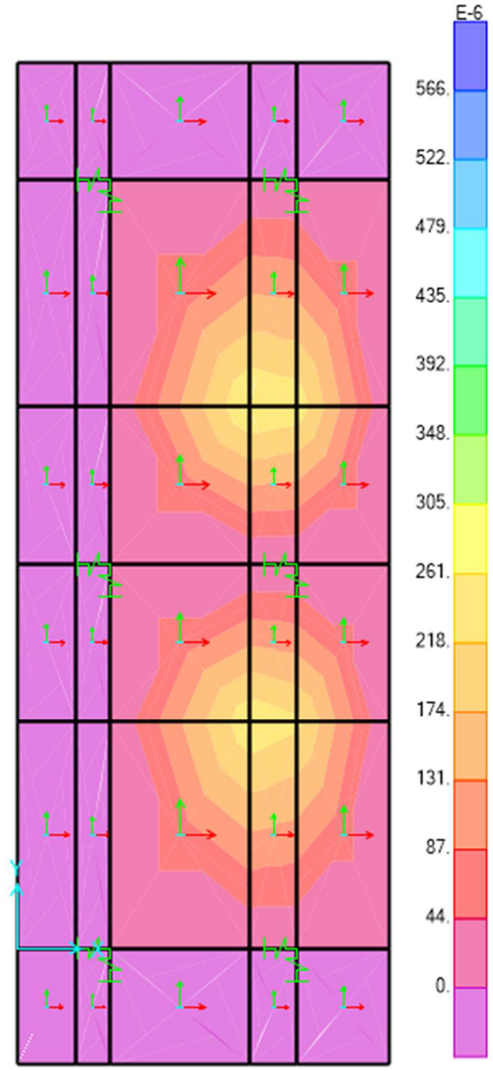

**ESFUERZOS $V_{23}$ Max**



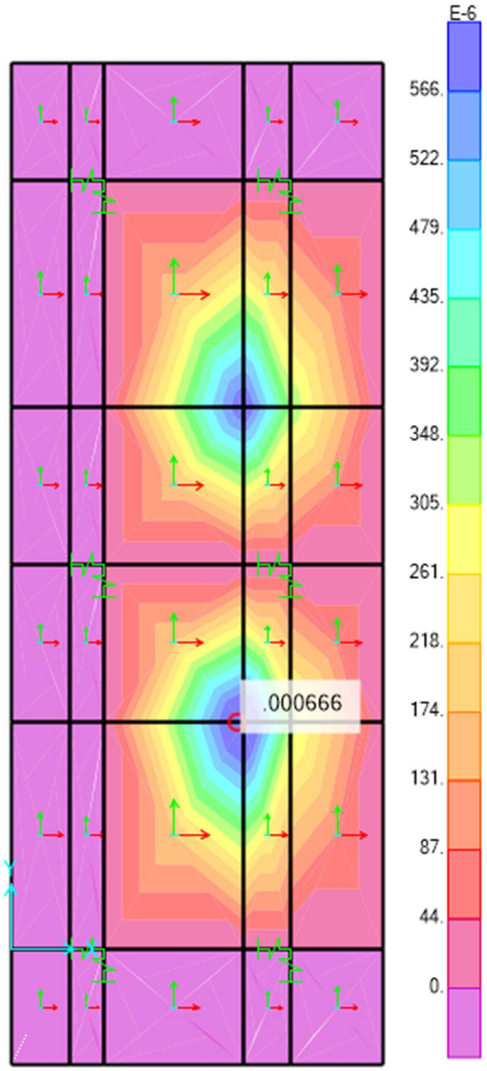

**ESFUERZOS $V_{23}$ Min**

Con la propia rutina de cálculo del programa se obtiene el armado de los distintos elementos en la hipótesis de ELU por ser mas desfavorable y disponiendo en planos en cada caso la cuantía mínima necesaria que indica la normativa vigente.

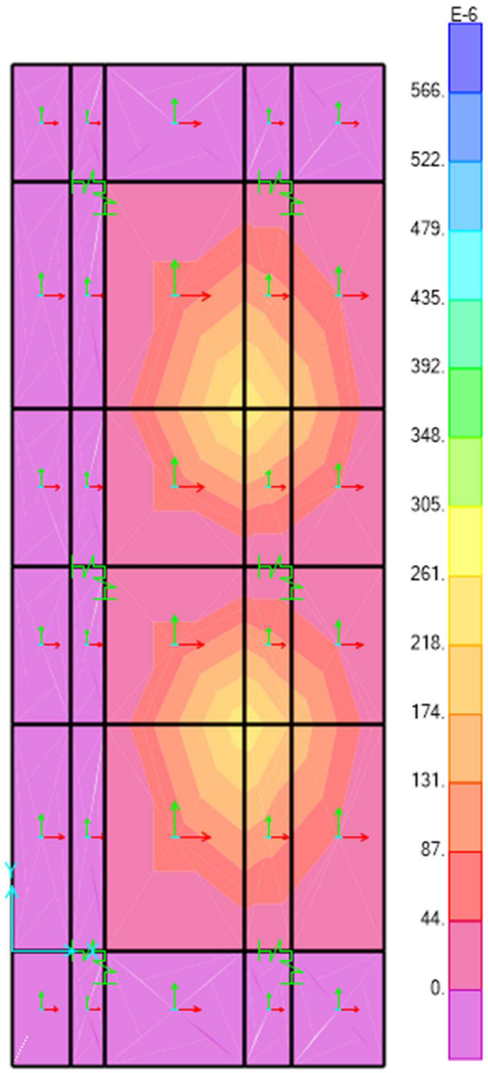
**Armadura Encepado**



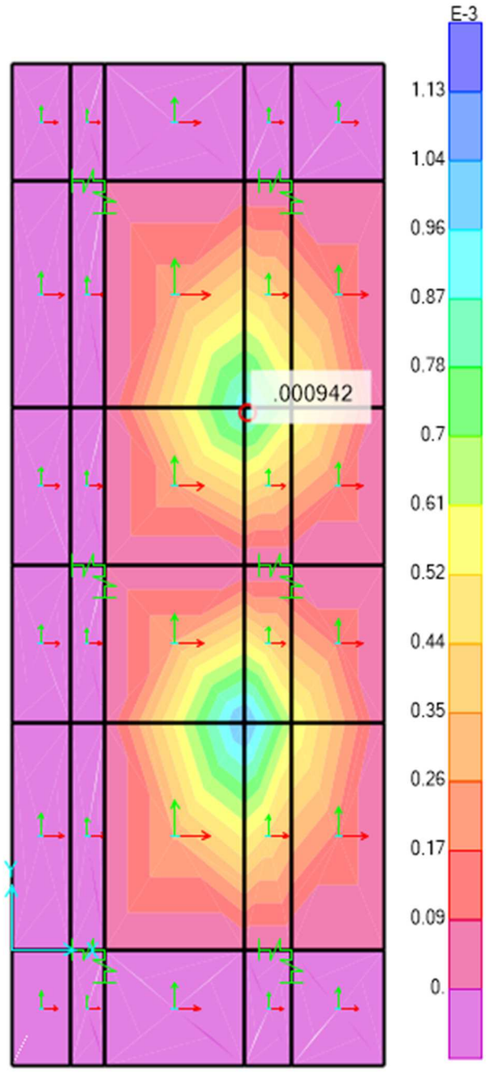

**Armadura $Ast_1$ Transversal( Cara Superior)**




**Armadura $Ast_1$ Transversal( Cara Inferior)**

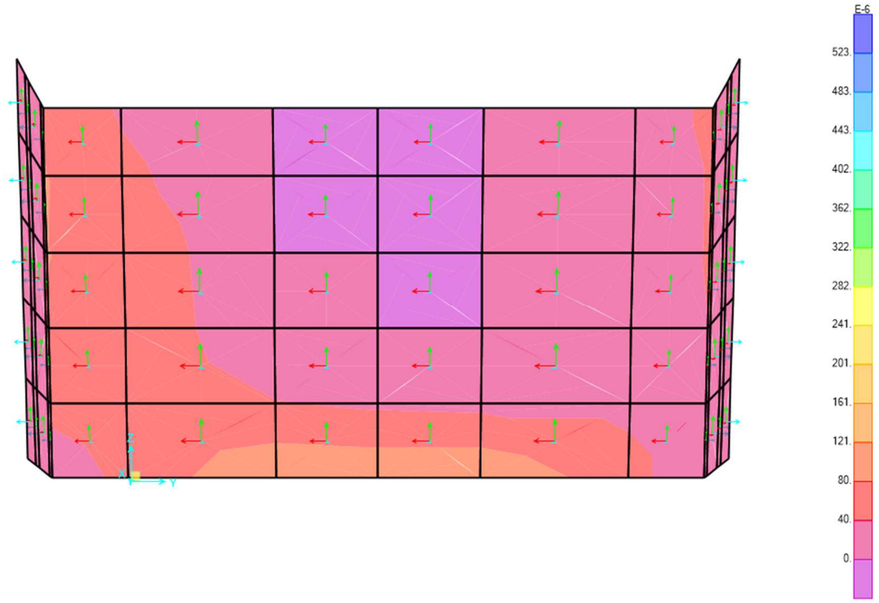



**Armadura $Ast_2$ Longitudinal (Cara Superior)**

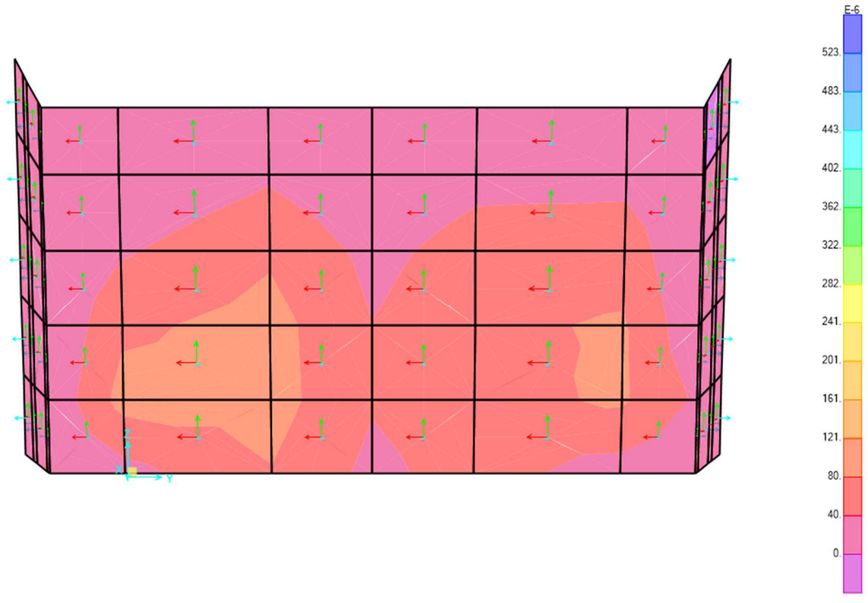



**Armadura $Ast_2$ Longitudinal (Cara Inferior)**

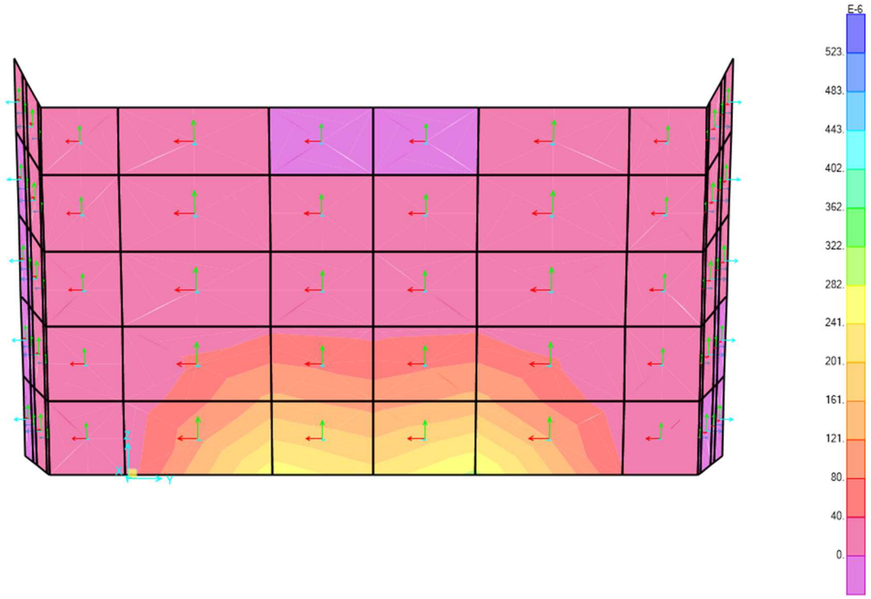
**Armadura Alzado**



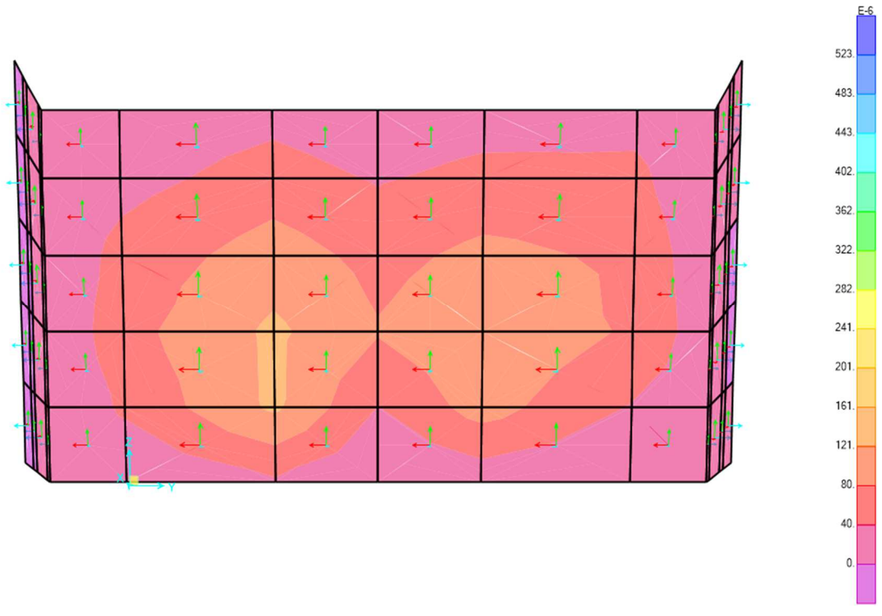

**Armadura $Ast_1$ Horizontal (Cara Trasera)**




**Armadura $Ast_1$ Horizontal (Cara Tierras)**

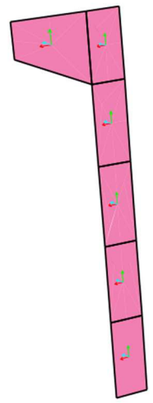


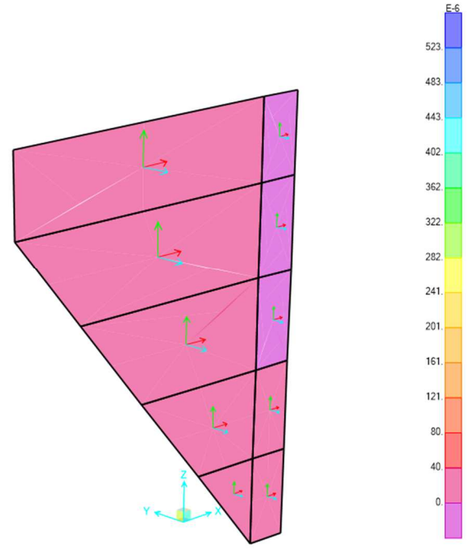

**Armadura $Ast_2$ Vertical (Cara Exterior)**



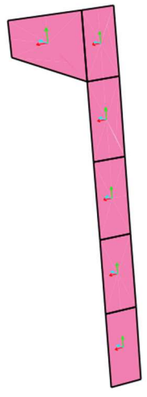

**Armadura Ast2 Vertical (Cara Interior)**

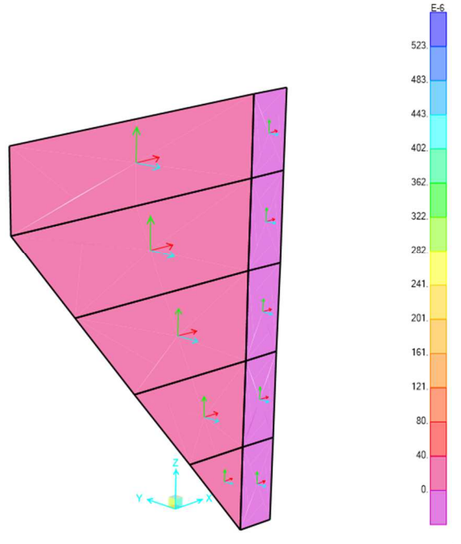
**Armadura Aletas**



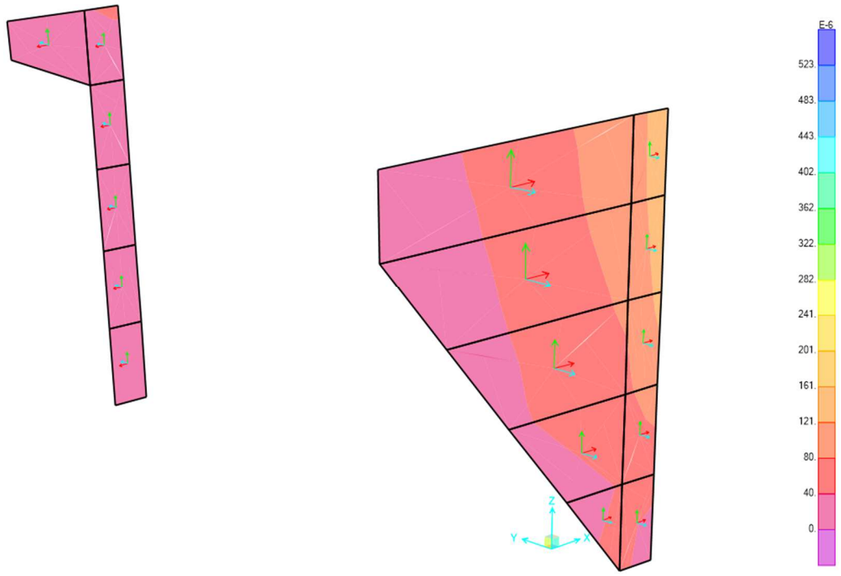



**Armadura $Ast_1$ Horizontal (Cara Vista**

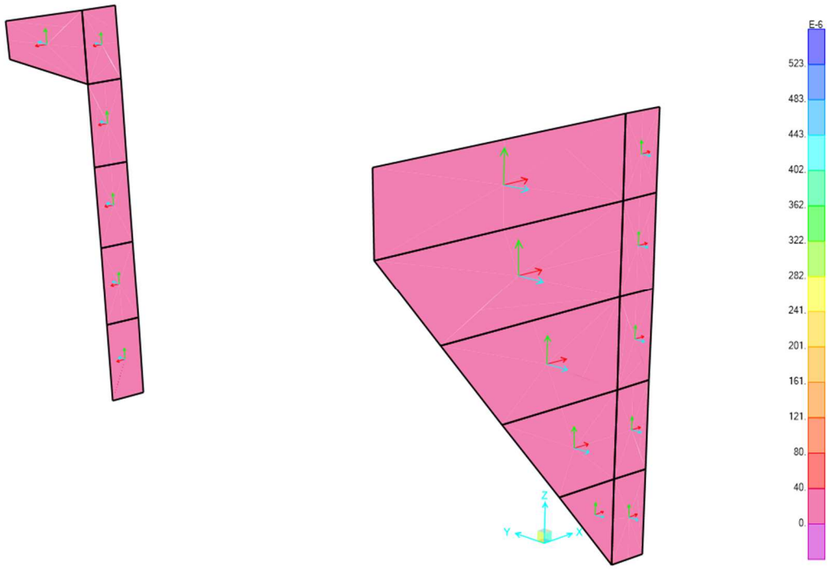





**Armadura $Ast_1$ Horizontal (Cara Tierras)**

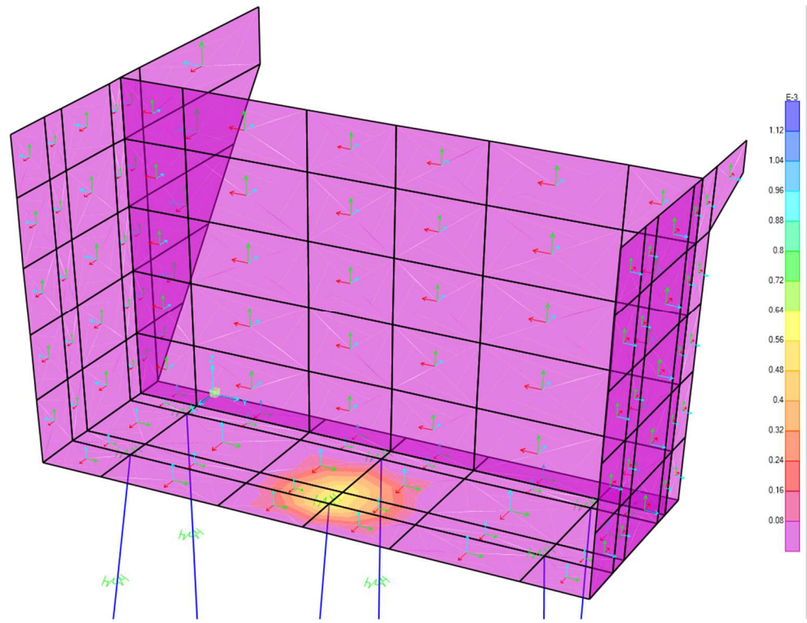



**Armadura Ast$_2$ Vertical (Cara Exterior)**




**Armadura Ast2 Vertical (Cara Interior)**

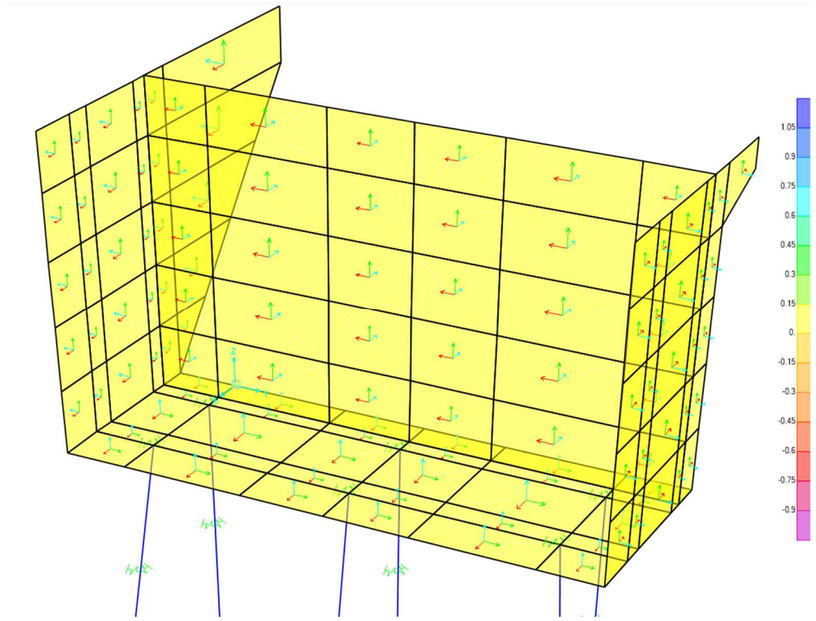
Se procede a continuación a la comprobación a cortante de las distintas secciones realizado por el propio programa de cálculo. Como se puede observar no es necesaria aramadura de cortante.




**Refuerzo Armadura de Cortante  Asw/s**

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

Se comprueba que la fisuración queda asegurada si nos atenemos al diagrama de fisuración que realiza el programa de las distintas secciónes con los esfuerzos obtenidos del modelo de cálculo para la hipótesis de fisuración.




# 9 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE CARGA

## 9.1 DIRECCIÓN DE LAS PRUEBAS

La dirección de las pruebas estará a cargo del Ingeniero Director de la Obra, el cual podrá, ante las incidencias habidas durante la ejecución de esta, introducir cuantas modificaciones al programa general sean necesarias, ordenar la realización de pruebas complementarias, modificar o adaptar el tren de carga a las condiciones de las pruebas o a las características de la estructura, intensificar las medidas a realizar, ampliar los tiempos de carga, etcétera.

Será quien, una vez que considere realizadas en todas sus fases, dará por terminadas las pruebas, y deberá en su caso ordenar la suspensión de esta cuando así lo exija el comportamiento de la estructura durante el ensayo. Deberá efectuar una inspección previa a la realización del ensayo y otra posterior al mismo en la que se refleje el estado final de la obra después del proceso de carga.

El Director de la Obra podrá encargar la realización de las pruebas a personal cualificado, al frente del cual figurará un Ingeniero especializado en este tipo de trabajos, a quien en adelante denominaremos Director de las Pruebas. Dependiendo de la naturaleza de la Obra puede ser conveniente la asesoría del Autor del Estudio.

## 9.2 MATERIALIZACIÓN DEL TREN DE CARGAS

Se emplearán pesos muertos que simulen fielmente los repartos de carga planteados en el presente documento; se propone para este fin elementos tales como palets, sacos de arena o bidones de agua rellenos en función del nivel de carga alcanzado, habituales para este tipo de pruebas de pasarelas.

Las solicitaciones a que dé lugar el tren de cargas real nunca podrán ser superiores a los valores que teóricamente produciría la aplicación del tren de cargas definido en la “Instrucción de Acciones”. Se aconseja no superar el 70% de dichos esfuerzos; en este caso, con las fracciones de carga establecidas sobre el total de la carga realizada, este porcentaje se verifica directamente sin necesidad de comprobar los esfuerzos.

## 9.3 ZONAS DE APLICACIÓN DE LA CARGA

Como norma general, la sobrecarga que sustituye a la empleada en el proyecto se aplicará solamente en la zona habilitada para el paso de peatones, sin que sea necesario someter a prueba la parte ocupada por las barandillas u otros elementos de protección. También como norma general se distribuirá uniformemente la carga en el ancho de la estructura, si bien pueden definirse estados de carga en los que esta se distribuya únicamente en la mitad izquierda o derecha de la misma.

Los estados de carga serán determinados por el proyectista de la prueba de forma que, cargando convenientemente distintas partes de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos por el tren de cargas de la Instrucción en las secciones críticas.

## 9.4 MAGNITUDES A MEDIR Y APARATOS DE MEDIDA

Las magnitudes a medir serán aquellas que especifique el autor del Proyecto, de forma que permitan deducir el correcto comportamiento de la obra frente a los elementos utilizados en las pruebas para materializar la carga. Asimismo, el proyectista fijará los puntos de la estructura en los que deban medirse las magnitudes correspondientes.
En el caso de medida de desplazamientos se referirán las medidas a puntos fijos que, siempre que sea posible, serán independientes de la estructura.
Los aparatos de medida que se utilicen deberán estar sancionados por la experiencia en pruebas similares y deberán garantizar una apreciación mínima del orden de un 5% de los valores máximos esperados de las magnitudes que se vayan a medir. su campo debe ser como mínimo superior en un 50% a los valores esperados de dichas magnitudes.

## 9.5 PLAZO DE EJECUCIÓN

La Prueba de Carga se realizará antes de la puesta en servicio de la estructura. En el momento de iniciarse la prueba, el hormigón de cualquier elemento resistente de la obra deberá haber alcanzado la resistencia característica del proyecto. El Director de Obra podrá autorizar la realización de la prueba, aunque no se cumpla esta condición, una vez analizada la repercusión estructural de tal decisión.
En el caso de que fuera necesario realizar la prueba antes de la ejecución de algunas unidades no estructurales que formen parte de la carga permanente, tales como el pavimento, solera, aceras, barandillas, etc. pueden seguirse dos caminos:

a) Materializar una carga permanente supletoria equivalente a esas unidades de obra, colocándola, en este caso, con una antelación no inferior a 12 horas en puentes de hormigón
b) Incrementar la carga de ensayo en la proporción que la ausencia de tales unidades represente.

## 9.6 FORMA DE APLICACIÓN DE LAS CARGAS

En general, se aconseja efectuar un mínimo de dos ciclos para cada uno de los estados de carga definidos en el proyecto de la prueba, con el fin de observar la concordancia de las medidas obtenidas; no obstante, en este caso se considera suficiente con la realización de un solo ciclo, con los escalones de carga planteados. Una vez materializado el estado de carga correspondiente, y a la vista de los resultados obtenidos y del comportamiento general de la estructura, el Director de la prueba podrá determinar la necesidad de algún ciclo adicional.

La descarga se realizará, en general, de una sola vez. No obstante, el Director de las pruebas podrá, si lo juzga oportuno, disponer su realización en escalones análogos a los del proceso de carga.

La disposición de las cargas en cualquier fase del proceso de carga o descarga se efectuará con la suficiente lentitud para no provocar efectos dinámicos no deseados, y se organizará de forma que la realización de cualquier estado de carga no produzca sobre otras partes de la estructura solicitaciones superiores a las previstas.

## 9.7 DURACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS

El tiempo que se debe mantener la aplicación de la carga en un escalón de carga intermedio antes de pasar al escalón de carga siguiente, así como el tiempo que se debe mantener la carga total correspondiente a un cierto estado de carga, vendrá determinado por el criterio de estabilización de las medidas (Ver apartado siguiente).
Se advierte especialmente sobre el hecho de que la aplicación de cargas de larga duración producirá frecuentemente resultados de difícil interpretación, a menos que se controlen los efectos de los distintos factores externos que pueden perturbar las medidas de la respuesta real de la estructura frente a la acción exclusiva de las cargas de ensayo aplicadas. Entre estas causas habrá que considerar las climatológicas y ambientales (variaciones térmicas, soleamiento, viento, lluvia…).

## 9.8 CRITERIOS DE ESTABILIZACIÓN

Los valores de la respuesta de la estructura se obtienen en cada momento como diferencia entre las lecturas de los aparatos en ese instante y las lecturas iniciales en descarga del ciclo que se está realizando.
Una vez realizada la distribución de cargas correspondientes, bien a un escalón intermedio o al final de cualquier estado de carga, se realizará una medida de la respuesta instantánea de la estructura, y se controlarán los aparatos de medida situados en los puntos en que se esperen las deformaciones más desfavorables desde el punto de vista de la estabilización.
Transcurridos 10 minutos se realizará una nueva lectura en dichos puntos. Si las diferencias entre los nuevos valores de la respuesta y los instantáneos son inferiores al 5% de estos últimos, o bien son del mismo orden de la precisión de los aparatos de medida, se considerará estabilizado el proceso de carga y se realizará la lectura final en todos los puntos de medida. En caso contrario se mantendrá la carga durante un nuevo intervalo de 10 minutos, y deberá cumplirse al final de los mismos que la diferencia de lecturas correspondiente a ese intervalo no supere en más de un 20% a la diferencia de lecturas correspondiente al intervalo anterior, o bien sea del orden de la precisión de los aparatos de medida. Si esto no se cumpliera, se comprobará la misma condición en un nuevo intervalo de 10 minutos. Si el criterio de estabilización siguiera sin cumplirse, se procederá, a juicio del Ingeniero Director de las pruebas, a mantener la carga durante un nuevo intervalo, a suspender dicho estado de carga o bien a reducir la carga correspondiente al escalón considerado.
El tiempo que se debe mantener la carga total correspondiente a un cierto estado de carga, vendrá determinado por el criterio de estabilización de las medidas, que se indica a continuación.

Los valores de la respuesta de la estructura que se consideren (flechas, giros, deformaciones unitarias, etc) se denominaron medidas $f_i$ y se obtendrán en cada momento como diferencia entre las lecturas de los aparatos en ese instante $i$ y las lecturas iniciales inmediatamente antes de la colocación de la carga correspondiente a cada estado. Una vez colocado en su posición prevista el tren de carga, se realizará una medida de la respuesta instantánea de la estructura $\boldsymbol{f}_0$ en los aparatos de medida situados en los puntos significativos. Transcurridos 10 minutos se obtendrá una nueva medida de dichos puntos $\boldsymbol{f}_{10}$. Si las diferencias entre los nuevos valores de la respuesta y los instantáneos son inferiores al 5% de éstos:

$$f_{10} - f_0 < 0{,}05\ f_0$$

o bien son del mismo orden de la precisión de los aparatos de medida, se considerará estabilizado el proceso de la carga.

Si no se satisface la condición anterior, se mantendrá la carga durante un nuevo intervalo de 10 minutos, considerándose cumplido el requisito de estabilización si, realizada la medida al final del mismo $f_{20}$, la diferencia de medidas correspondiente a este intervalo es inferior al 20% de la diferencia de medidas correspondiente al intervalo anterior, o bien es del orden de magnitud de la precisión de los aparatos de medida:

$$f_{20} - f_{10} < 0{,}2\ (f_{10} - f_0)$$

Si esto no se cumpliera, se procederá, a juicio del Ingeniero Director de la prueba, a mantener la carga durante un nuevo intervalo, o a efectuar la descarga.

Una vez alcanzada la estabilización, se tomarán las lecturas finales en todos los puntos de medida.

Después de descargar totalmente la estructura, se esperará a que los valores de las medidas estén estabilizados, aplicando el mismo criterio seguido para el proceso de carga. En el caso de que los valores remanentes inmediatamente después de la descarga sean inferiores al límite que para cada tipo de estructura se establece en el apartado “Criterio de remanencia”, no será necesaria la comprobación del criterio de estabilización en descarga, y podrá procederse a la lectura definitiva de todos los aparatos de medida.

El proceso general de carga y descarga está detallado en las figuras 1, 2 y 3. En la figura 1, se muestra el proceso general de estabilización de las medidas en un punto de la estructura durante la carga y en la figura 2 el correspondiente a la descarga. La figura 3 representa la evolución de las medidas durante un ciclo completo de carga y descarga.

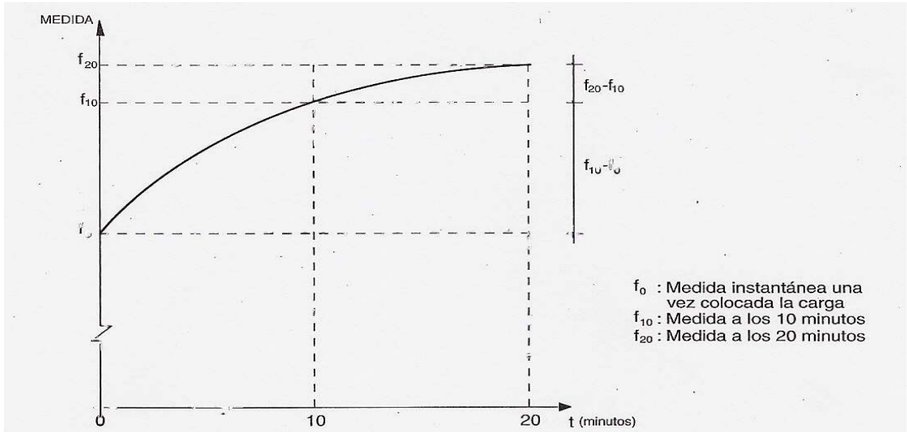



*FIGURA 1.* PROCESO DE CARGA

[2] Las diferencias $f_{10} - f_{10}$ y $f_{20} - f_{10}$ deben entenderse en valor absoluto.

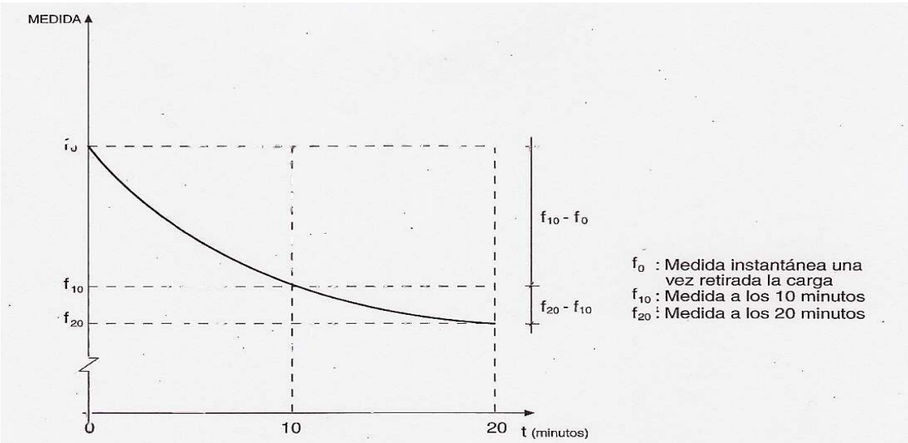



*FIGURA 2.* PROCESO DE DESCARGA

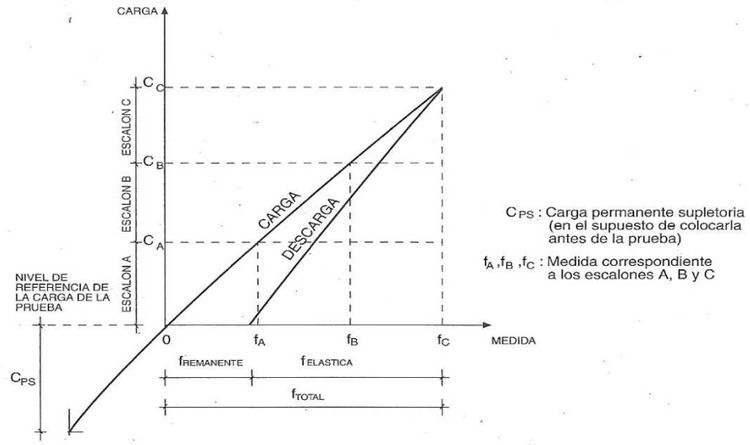



*FIGURA 3.* CICLO DE CARGA/DESCARGA

## 9.9 CRITERIOS DE REMANENCIA

Los valores remanentes $f_r$ correspondientes a un estado de carga se definen como la diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de la carga.

Los valores remanentes de un estado de carga se considerarán aceptables siempre que sean inferiores a los límites indicados en este apartado. En el Proyecto de la prueba se podrán definir límites distintos de los aquí recogidos, siempre que estén adecuadamente justificados.

Los límites para las remanencias en cada punto de medida $\alpha\text{lim}$, que se indican a continuación expresados en forma de porcentaje, están referidos a los valores máximos de la respuesta medida en la estructura:

a) Puentes de hormigón armado: 20%
b) Puentes de hormigón pretensado o mixtos: 15%
c) Puentes metálicos: 10%

Una vez finalizado un estado de carga, se comprobará que los valores remanentes resultan admisibles, procediendo como se indica a continuación y se representa en la figura 4.

Sea $\alpha_{\text{lim}}$ la remanenecia admisible expresada en tanto por ciento, $f$ la medida total y $f_r$ la medida remanente.

La remanencia $\alpha$ correspondiente al estado de carga vendrá dada por:

$$\alpha = 100 \cdot \frac{f_r}{f}$$

Si $\alpha \leq \alpha_{\text{lim}}$ el valor remanente se considera admisible

Si $\alpha_{\text{lim}} < \alpha \leq 2\,\alpha_{\text{lim}}$ deberá realizarse un segundo ciclo de carga (repetición del ensayo)

Si $\alpha > 2\alpha_{\text{lim}}$ se suspenderá la aplicación de la carga

En caso de ser necesario un segundo ciclo de carga:

Si $\alpha^* \leq \alpha/3$ el valor remanente se considera admisible

Si $\alpha^* > \alpha/3$ se suspenderá la aplicación de carga

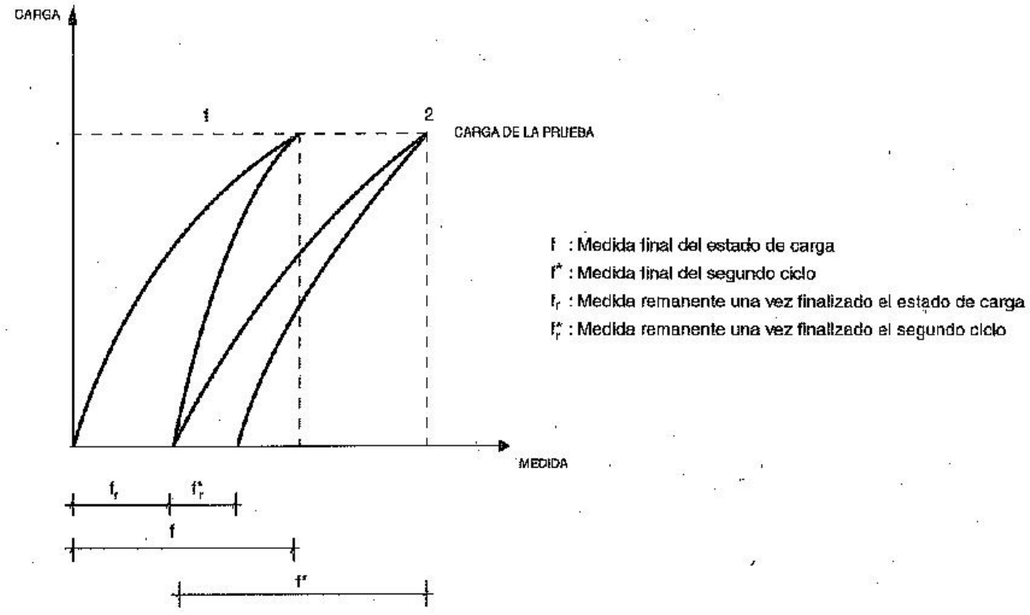



*FIGURA 4.* VALORES REMANENTES

En caso de que, realizado el segundo ciclo, no se hubieran alcanzado resultados satisfactorios, el Director de la prueba suspenderá la aplicación de la carga correspondiente, tomando respecto a los demás estados de carga las medidas que crea convenientes.

## 9.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Los criterios de aceptación de la prueba serán los siguientes:

- Los valores de las magnitudes máximas al finalizar el ciclo de carga, medidas después de la estabilización, no superarán en más de un 15% a los valores previstos.
- En el caso de que los valores obtenidos sean inferiores al 60% de los previstos, será necesario justificar esta disminución de la respuesta.
- No deberán aparecer signos de agotamiento de la capacidad portante en ninguna parte de la estructura.

En lo que respecta a las magnitudes de deformaciones medidas, será admisible la prueba por lo general si estas resultan iguales o menores a las flechas teóricas estimadas; no obstante, se ha de tener en cuenta que en algunos casos el orden de magnitud de la deformación a medir puede ser tan pequeña que altas variaciones porcentuales sobre la misma no han de ser objeto de rechazo de la prueba, incluso aunque las lecturas reales hayan sido superiores: la pequeña deformación de los apoyos, o incluso el propio margen de error del aparato de medida, pueden dar lugar a desviaciones importantes si el orden de magnitud de la deformación es muy pequeño. Se ha de tener también especial precaución en la comparación con los valores estimados de vanos no cargados para los diferentes casos de carga en puentes continuos, donde por lo general las magnitudes suelen ser reducidas y, por lo tanto, las diferencias pueden ser relevantes. A la vista de los resultados de cada estado de carga, el Director de la prueba podrá decidir su repetición si lo considera conveniente.

## 9.11 RESUMEN FLECHAS PREVISTAS

Se adjuntan a continuación los resultados de los cálculos de las deformaciones máximas para las configuraciones de carga establecidas para la sobrecarga al 70% de la sobrecarga total de la pasarela. Se emplearán pesos muertos que simulen fielmente los repartos de carga planteados en el presente documento; se propone para este fin elementos tales como palets, sacos de arena o bidones de agua rellenos en función del nivel de carga alcanzado, habituales para este tipo de pruebas de pasarelas

**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE LA BICIPISTA DE IBAIZABAL**

**PASARELA 0+900**

| Viga de central | | | |
|---|---|---|---|
| | | Hormigón | 5000 |
| | | D1 = | 2.15 |
| Lc = | 23.2 m | Intereje = | 4.3 |
| E cargas instantáneas = | 3870876.64 T/m2 | | |
| Inercia = | 0.156956 m4 | | |

| Sobrecarga (kg/m2) | Flecha en centro de viga (mm) | Momento centro luz |
|---|---|---|
| 150 | 4.00 | 43.40 |
| 300 | 8.01 | 86.79 |

| | |
|---|---|
| Momento de proyecto | 144.65 |
| | 60.00% |

Nota: flechas descontando el aplastamiento de los aparatos de apoyo

APÉNDICE N°8.2

# Nota de Cálculo Pasarela 2+800

# PROYECTO:

# PASARELAS CICLOPEATONALES 24/34 x 6,5 m en Bicipista del Ibaizabal, Tramo AMOREBIETA-IURRETA





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 con ligera contraflecha, 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.



# 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 UNIDADES DE PUENTES PREFABRICADOS DE MADERA**, que, en este caso particular, serán de 24,57 y 34,57 m de largo respectivamente con un ancho útil de 6,7 metros a situar en la bicipista de Ibaizabal (Tramo Erletxe – Boroa), 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 extraído 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 re direccionar 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 de 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 consumo 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 reciclable, 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.

## 3. Descripción de las estructuras propuestas

Los puentes se realizan 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 unas longitudes de 24,57 y 34,57 m respectivamente con un ancho útil de 6,7 metros**

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 deslaminados, 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).



*Ilustración 1 . Vista completa*

Todas las vigas, tanto las principales como las secundarias serán 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).

Los puentes presentan una tipología de tipo tied-bow. El tablero se forma mediante dos vigas de madera laminada suspendidas de los arcos mediante diagonales de acero.

El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero y entre ellas se dispondrán cruces de San Andrés de acero como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior mediante riostras de acero.

El tercer orden estructural del tablero lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras, y se dispone sobre éstas el tablón de piso en madera.

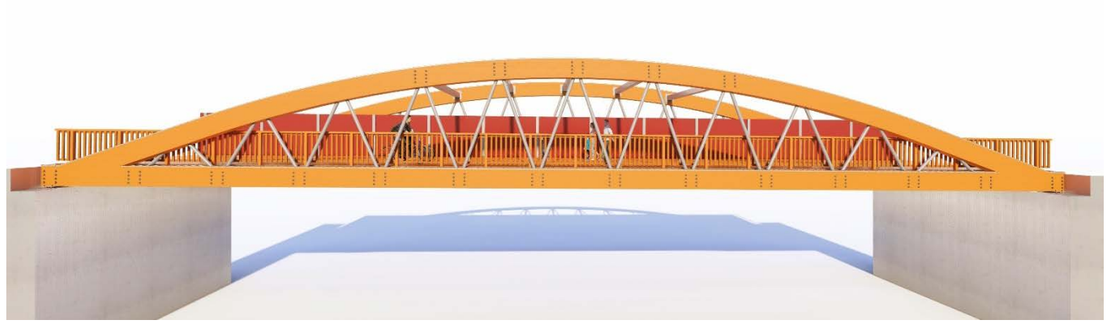


*Ilustración 2. Vista Lateral*

La barandilla, también de madera está formada por montantes rectos, entre los que se disponen barrotillos.



*Ilustración 3. Sección transversal*

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”.



*Ilustración 4. Vista inferior*

Los elementos de primer orden como el arco y el tirante deberán estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor.

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.

## 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 DB-SE-AE

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 ENV-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 ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera Documento Básico

- UNE ENV-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 Ultimo* 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 inadmisible 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. Estos valores se definen en el Documento Básico DB-SE-AE Acciones en la Edificación

#### 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 pocas cargas pero de mucha duración de lugar a situaciones más desfavorables que la actuación de más acciones con una duración menor.

#### 3.3.3. Valores de túnel de viento

Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores a los siguientes: Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706 y determinación de las frecuencias de vibración.

#### 3.3.4. 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.

##### 3.3.4.1. 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 $\pm$ 2º 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 + 2º C y una humedad relativa del aire que solo exceda 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 + 2º C y una humedad relativa del aire que sólo exceda 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

##### 3.3.4.2. 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 |
| Corta duración | Menos de una semana | Nieve, viento |
| Instantánea | | Sismo |

*Tabla 1. Duración de las cargas*

3.3.4.3. 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 solicitaciones 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.

3.3.4.4. 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 arriostrarlas 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 1194

| | |
|---|---|
| Módulo elástico medio (E 0 m): | *13,6 kN/mm2* |
| Resistencia característica a flexión (fmk): | *30 N/mm2* |
| Resistencia característica a tracción \|\| (ft 0 k): | *24,0 N/mm2* |
| Resistencia característica a tracción ⊥ (ft 90 k): | *0,5 N/mm2* |
| Resistencia característica a compresión\|\| (fc 0 k): | *30 N/mm2* |
| Resistencia característica a compresión ⊥ (fc 90 k): | *2,5 N/mm2* |
| Resistencia característica a cortadura (fvk): | *3,5 N/mm2* |

*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 ($E_{0m}$): | *11 kN/mm²* |
| Resistencia característica a flexión ($f_{mk}$): | *24 N/mm²* |
| Resistencia característica a tracción \|\| ($f_{t0k}$): | *14 N/mm²* |
| Resistencia característica a tracción ⊥ ($f_{t90k}$): | *0,5 N/mm²* |
| Resistencia característica a compresión\|\| ($f_{c0k}$): | *21 N/mm²* |
| Resistencia característica a compresión ⊥ ($f_{c90k}$): | *2,5 N/mm²* |
| Resistencia característica a cortadura ($f_{vk}$): | *2,5 N/mm²* |

*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 ºC |
|---|---|---|---|---|---|
| | Tensión de límite elástico $f_y$ (N/mm$^2$) | | | Tensión de Rotura $F_u$ (N/mm$^2$) | |
| | t ≤ 16 | 16 < t ≤ 40 | 40 < t ≤ 63 | 3 ≤ t ≤ 100 | |
| S235JR<br>S235J0<br>S235J2 | 235 | 225 | 215 | 360 | 20<br>0<br>-20 |
| S275JR<br>S275J0<br>S275J2 | 275 | 265 | 255 | 410 | 20<br>0<br>-20 |
| S355JR<br>S355J0<br>S355J2<br>S355K2 | 355 | 345 | 335 | 470 | 20<br>0<br>-20<br>-20 (1) |
| S450J0 | 450 | 430 | 410 | 550 | 0 |

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

*Ilustración 5. 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 ºC | | | -10 ºC | | | -20 ºC | | |
| | 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 6. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición*

| Grado | Temperatura de ensayo (ºC) | 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 7. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero.*

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.

## 4. Modelización de la estructura

Los puentes puente responden a un modelo estructural de tied-bow. El análisis de la estructura se realiza a través del siguiente modelo utilizando el software de cálculo RFEM de la compañía Dlubal Software Gmbh.

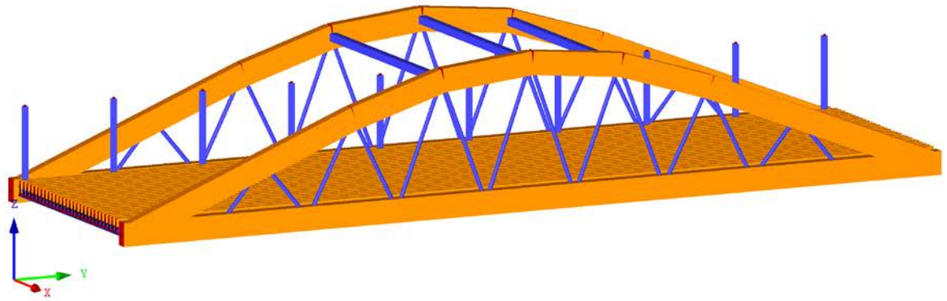



*Ilustración 8.1. Modelización puente 24,57 x 6,7 m*

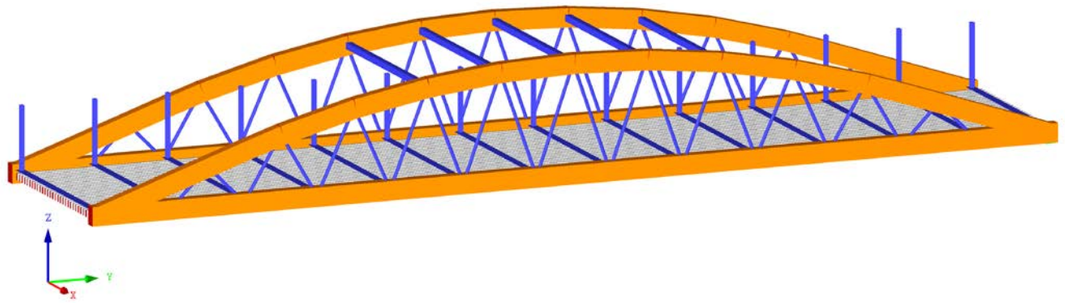


*Ilustración 8.2. Modelización puente 34,54 x 6,7 m*

## 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 kp/m$^3$.

CARGAS PERMANENTES

| | |
|---|---|
| Peso de piso | Tablero: 90 Kg/m$^2$ |
| Pesos propios | Se determinan en función de la densidad de la madera y el acero |

SOBRECARGAS

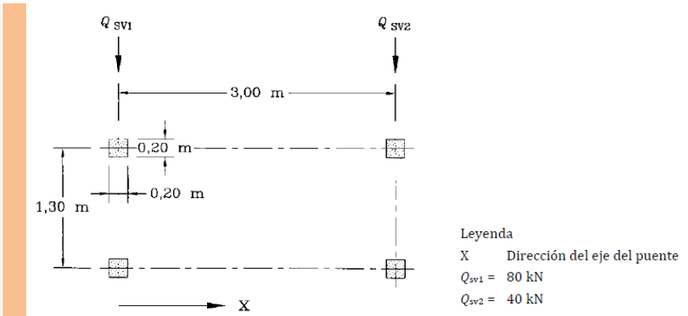
| | |
|---|---|
| Uso | Carga uniformemente distribuida de 500 kp/m$^2$. Puentes y pasarelas peatonales (Según IAP-11) |
| (SUv) Uso Vehículo | Paso ocasional de un vehículo de mantenimiento no concominante con la Sobrecarga de Uso Peatonal.<br><br>El esquema de cargas consiste en un grupo de cargas constituido por dos ejes de 80 kN y 40 kN. Separados 3 m, con un ancho de banda (de centro de rueda a centro de rueda) de 1,3 m y áreas de contacto de las ruedas cuadradas de 0,2 m de lado, al nivel del pavimento. La fuerza de frenado asociado con este modelo de carga será del 60% de la carga vertical. |
| |  |
| (N) Nieve | 200 msnm |
| (V) Viento | - Tipo II: Zona rural con vegetación baja<br>[Según IAP-11].<br>Coeficiente de exposición: 1,9<br>Zona C: Vref: 29 m/s<br>Se considera la especial influencia de la pantalla acústica que se ubicará a lo largo de uno de los laterales de los puentes. |

Tabla 4. Cargas consideras

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 |
| Combinación 4 (ELU) | 1,35 x CP + 1,35 x USO + 0,3 x 1,5 x V |
| Combinación 5 ($ELS_{CARACTERÍSTICA}$) | CP (1 + $\psi_2$ x $k_{def}$) + USO |
| Combinación 6 ($ELS_{CUASIPERMANENTE}$) | CP (1 + $\psi_2$ x $k_{def}$)<br>$k_{def}$ =2, $\psi_2$=1 |

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).

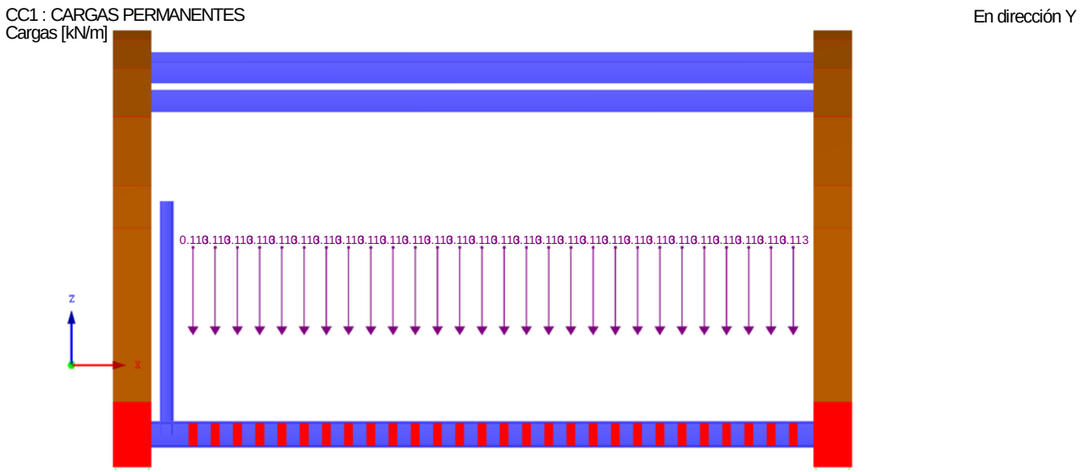
Tanto el Eurocódigo 1 como la norma IAP-11 estiman un método de cálculo básico con parámetros que a menudo requieren de simulaciones en túnel de viento y reconocen la necesidad de realizar pruebas para tener una evaluación más precisa sobre áreas no estandarizadas. En este caso, debido a la especial ubicación de las

pasarelas, el licitador deberá presentar certificados de ensayos empíricos, como la justificación por cálculo en Túnel de Viento, en el que se verifiquen valores de Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento sobre las tipologías estructurales con valores: Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706.

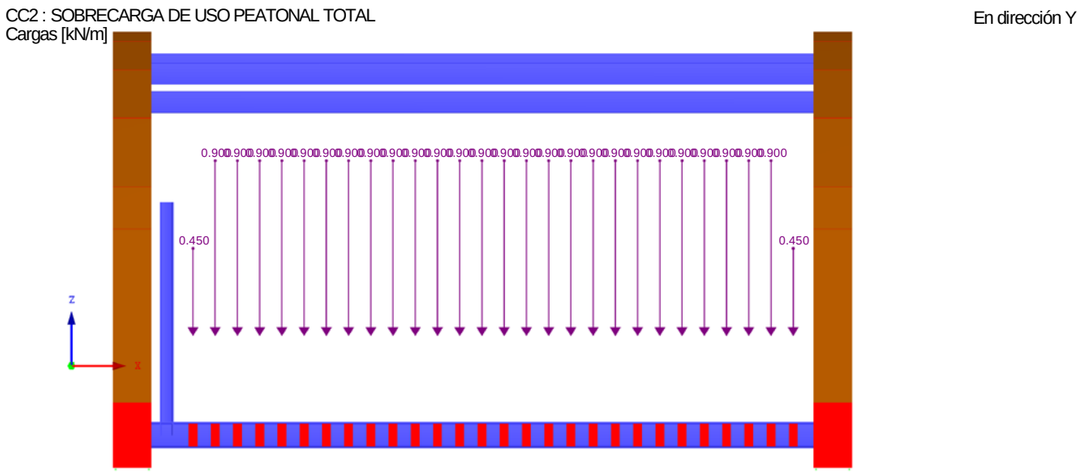
### 4.1.1. Hipótesis simples

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

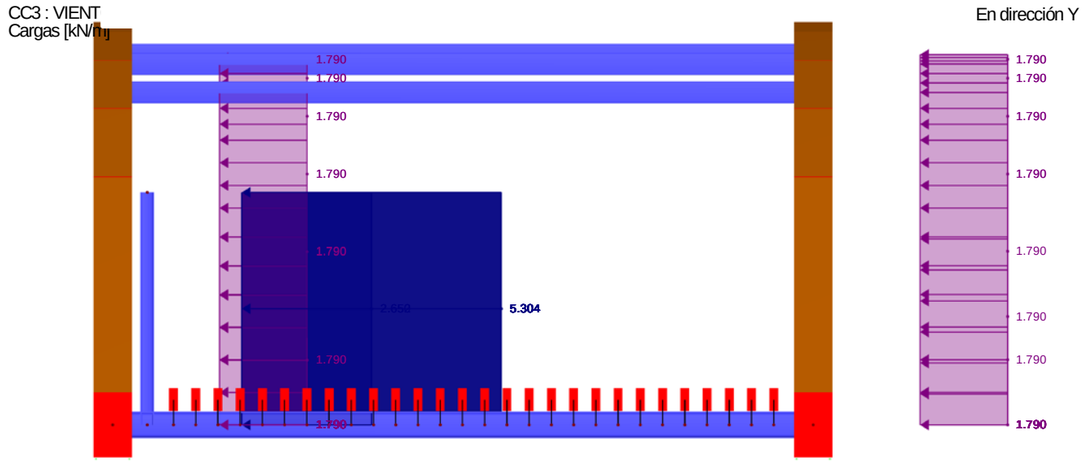
CARGAS PERMAMENTES (CM):




SOBRECARGA DE USO PEATONAL (SUp):




VIENTO TRANSVERSAL + VERTICAL (Vx + Vz):

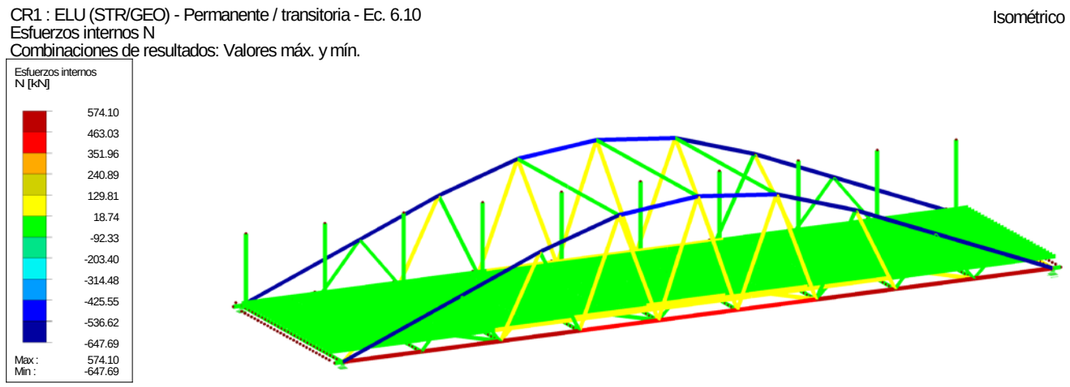



## 4.2. Esfuerzos y deformaciones

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.

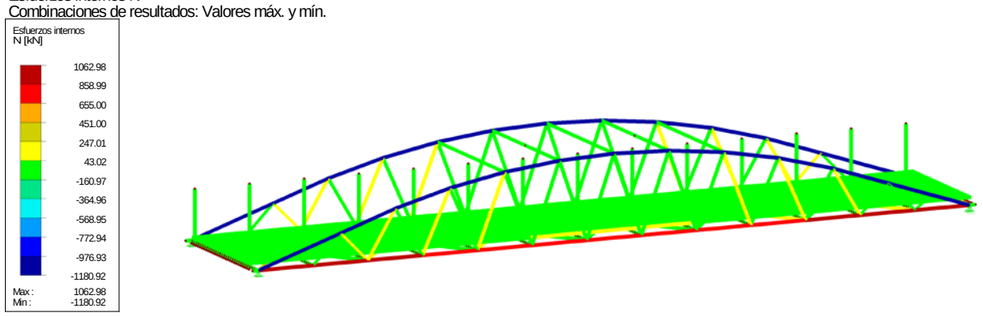
ELU: Esfuerzos axiles [kN]




Máx. N: 574.10, Mín. N: -647.69 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos N
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

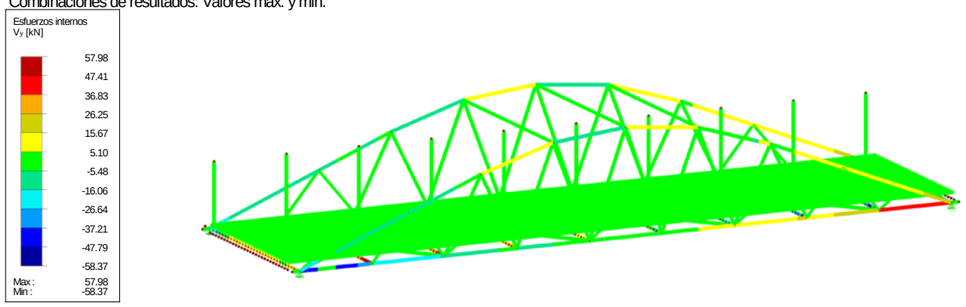



Máx. N: 1062.98, Mín. N: -1180.92 [kN]

## ELU: Esfuerzos cortantes Vy [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

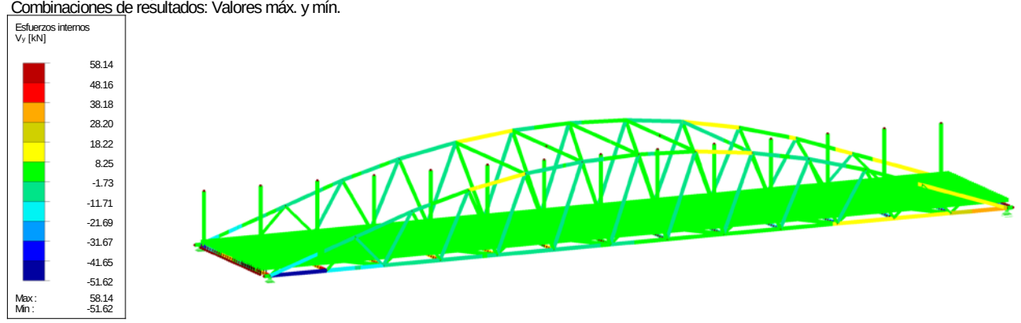
Isométrico




Máx. V-y: 57.98, Mín. V-y: -58.37 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

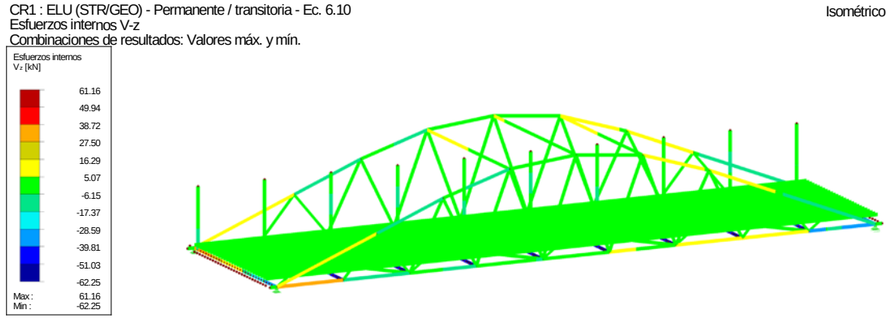



Máx. V-y: 58.14, Mín. V-y: -51.62 [kN]

## ELU: Esfuerzos cortantes Vz [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

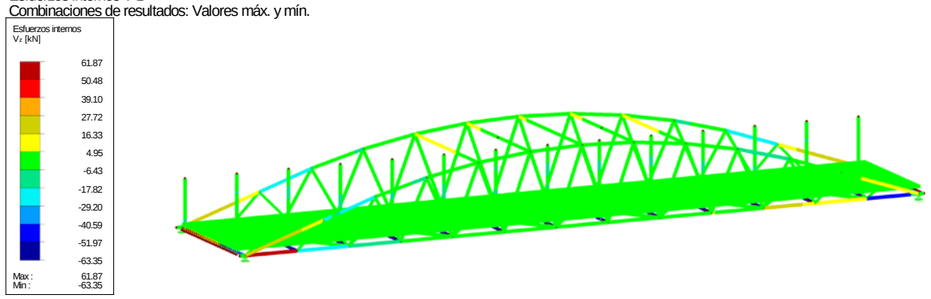
Isométrico




Máx. V-z: 61.16, Mín. V-z: -62.25 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

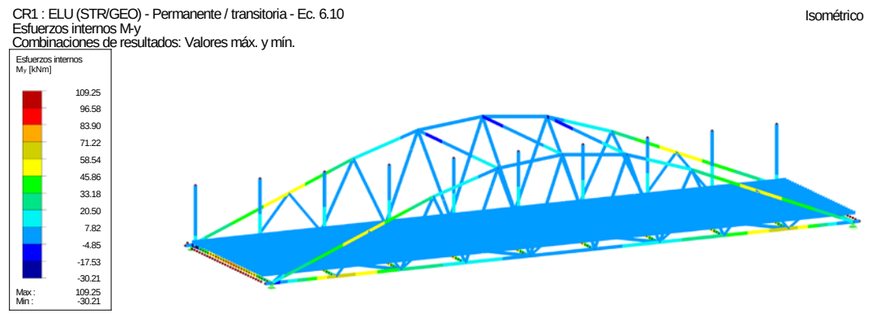



Máx. V-z: 61.87, Mín. V-z: -63.35 [kN]

## ELU: Esfuerzos flectores My [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

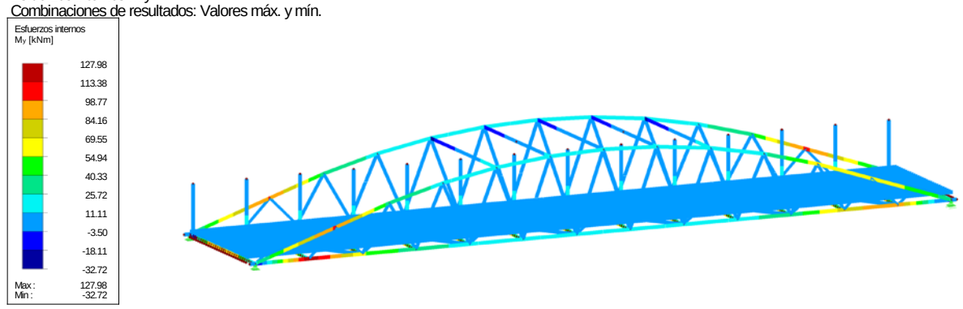
Isométrico




Máx. M-y: 109.25, Mín. M-y: -30.21 [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

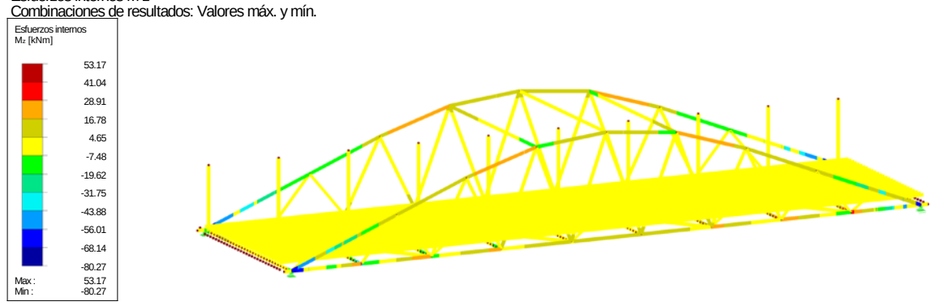



Máx. M-y: 127.98, Mín. M-y: -32.72 [kNm]

ELU: Esfuerzos flectores Mz [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

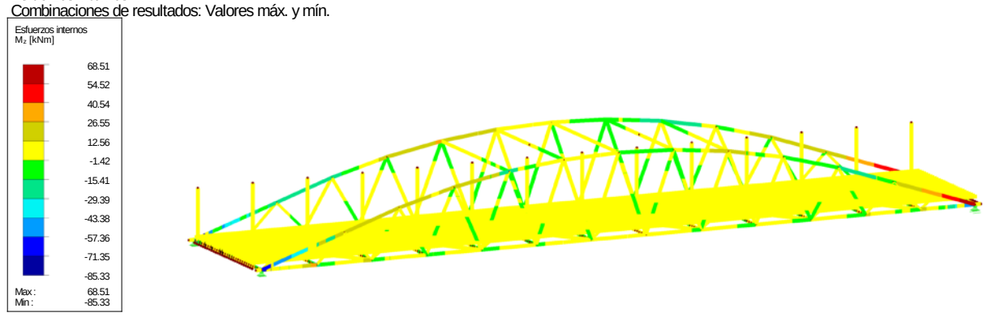
Isométrico




Máx. M-z: 53.17, Mín. M-z: -80.27 [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico




Máx. M-z: 68.51, Mín. M-z: -85.33 [kNm]

## 4.3. Dimensionamiento y comprobación de elementos

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

### 4.3.1. 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 solicitaciones 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 solicitaciones de cálculo) con las resistencias de cálculo (obtenidas por la aplicación sobre las resistencias características de los factores de modificación).

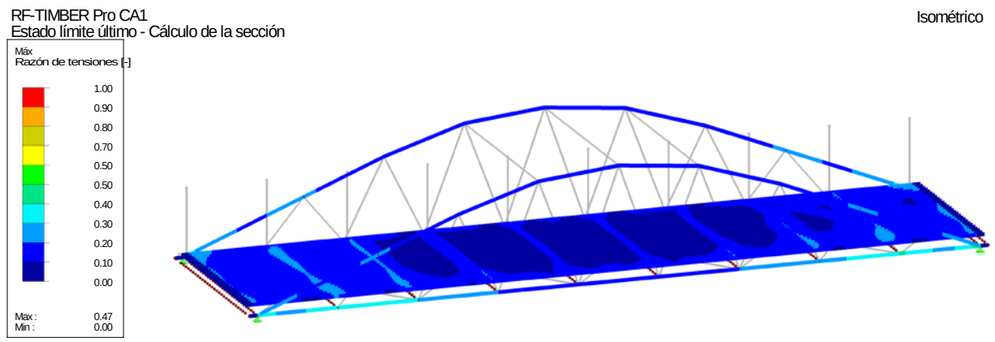
En la comprobación de las secciones comprimidas se aplican parámetros de minoración por pandeo basados en la determinación de la longitud eficaz de pandeo.

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.

- Elementos de madera

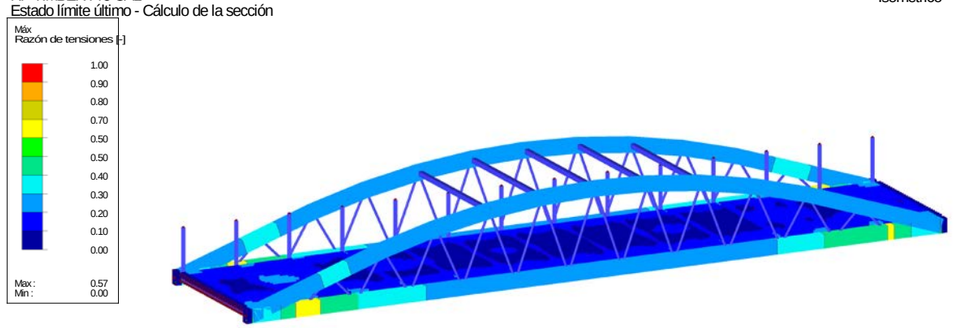
RF-TIMBER Pro CA1
Estado límite último - Cálculo de la sección

Isométrico




Máx. Razón de tensiones: 0.47

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

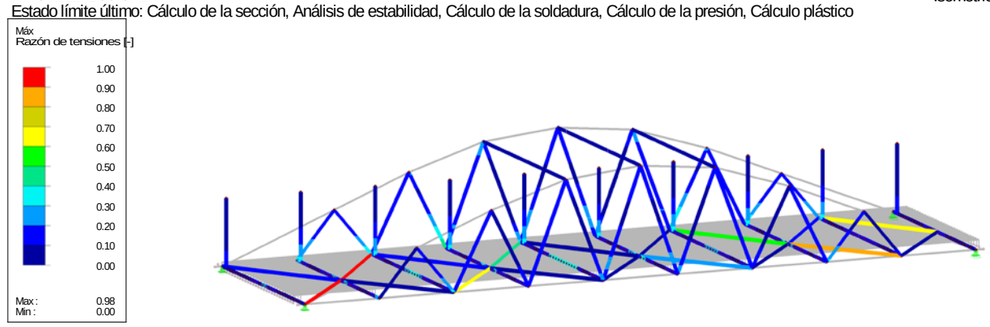



Isométrico

Máx. Razón de tensiones: 0.57

- Elementos de acero

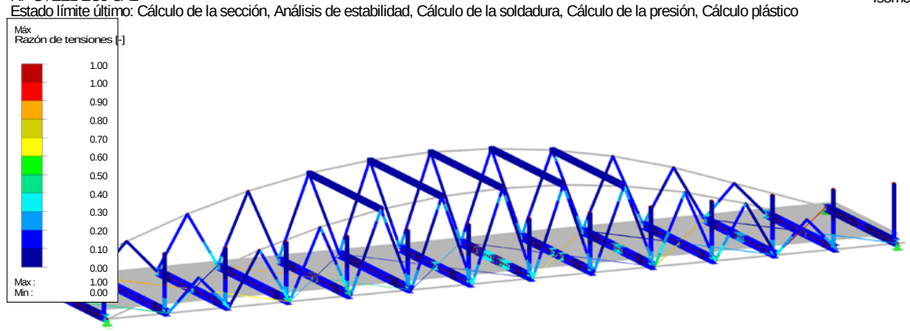
RF-STEEL EC3 CA1
Estado límite último: Cálculo de la sección, Análisis de estabilidad, Cálculo de la soldadura, Cálculo de la presión, Cálculo plástico




Isométrico

Máx. Razón de tensiones: 0.98

RF-STEEL EC3 CA1
Estado límite último: Cálculo de la sección, Análisis de estabilidad, Cálculo de la soldadura, Cálculo de la presión, Cálculo plástico




Isométrico

Máx. Razón de tensiones: 1.00

### 4.3.2. 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 $\ell/400$ |

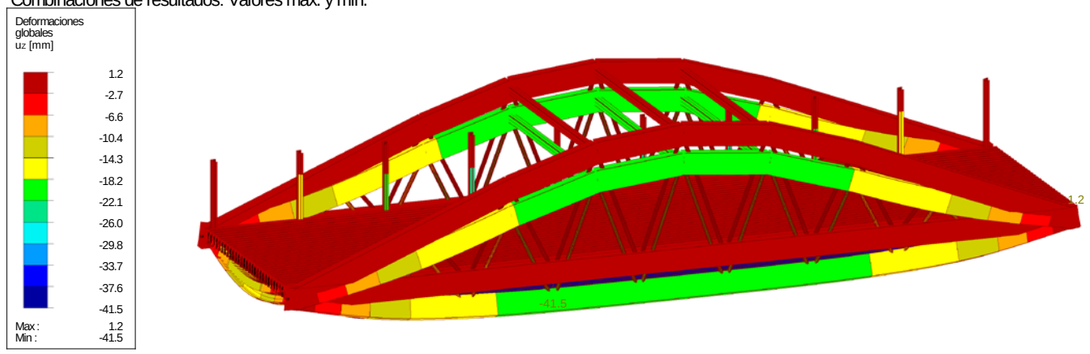
- Criterios para la limitación de la deformación:

*Criterio 1:*

El primer criterio limita las deformaciones que producen daños en elementos no estructurales, producidos por cargas variables:

- $f_{máx}$ = 41,5 mm < L/200 = 120 mm

CR2 : ELS - Característica
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

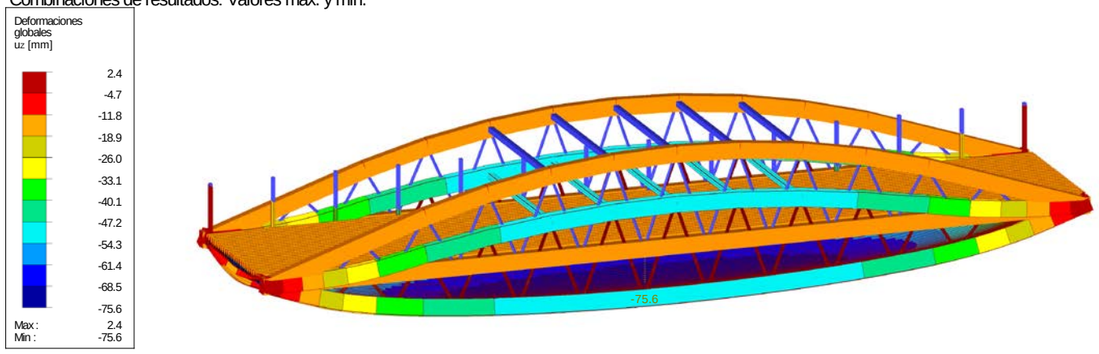



Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 46.00
Máx.u-Z: 1.2, Mín. u-Z: -41.5 mm

- $f_{máx}$ = 75,6 mm < L/200 = 170 mm

CR2 : ELS - Característica
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



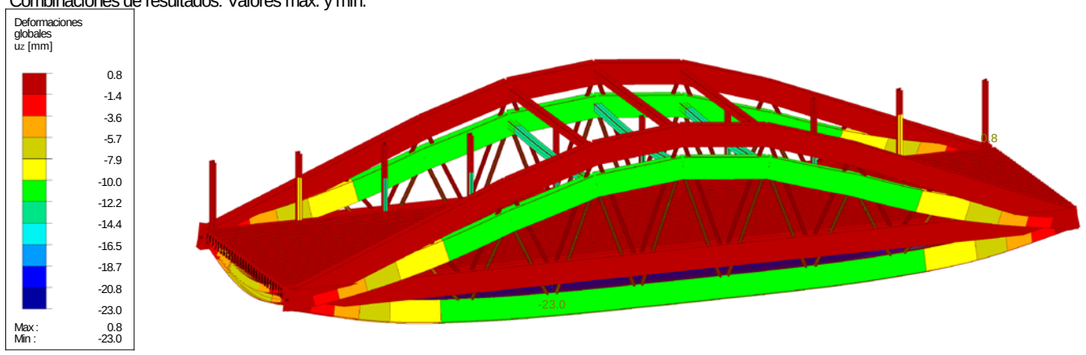

Coeficiente de deformaciones: 38.00
Máx.u-Z: 2.4, Mín. u-Z: -75.6 mm

*Criterio 2*

El segundo criterio limita la deformación debida a cualquier combinación de acciones de acciones casi permanente y se utiliza para cumplir requisitos de funcionalidad y aspecto visual. El factor de deformación incrementa la flecha instantánea considerando el fenómeno de fluencia, que depende de la clase de servicio y de la duración de la carga

- $f_{máx}$ = 23,0 mm < L/300 = 80 mm

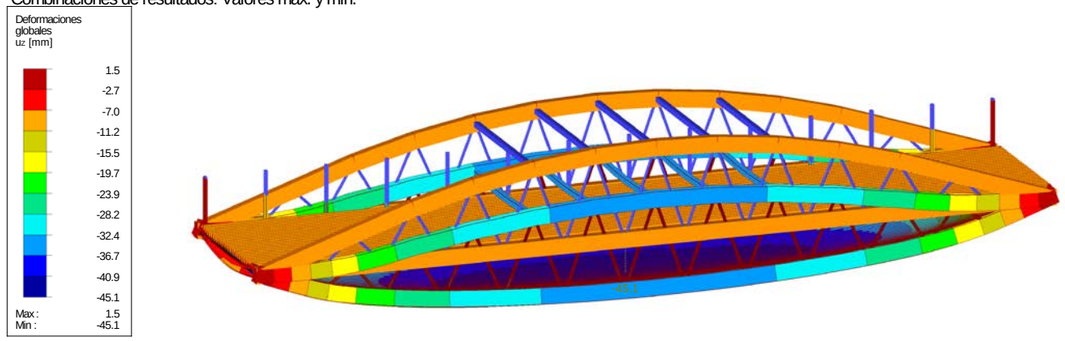
CR3 : ELS - Cuasipermanente
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.




Coeficiente de deformaciones: 83.00
Máx.u-Z: 0.8, Mín. u-Z: -23.0 mm

- $f_{máx}$ = 45,1 mm < L/300 = 113 mm

CR3 : ELS - Cuasipermanente
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



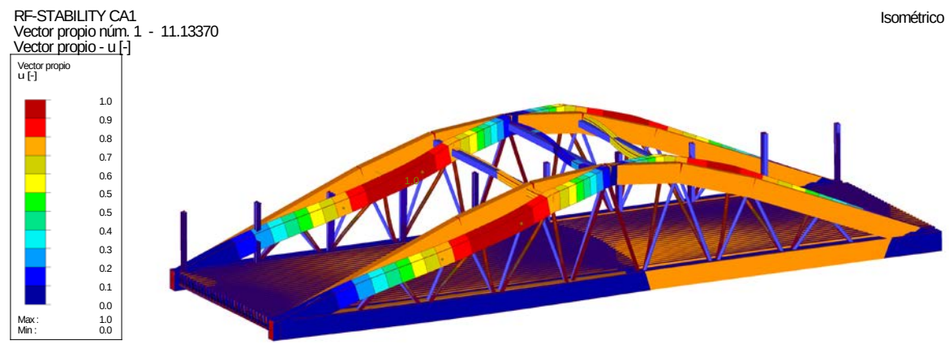

Coeficiente de deformaciones: 64.00
Máx.u-Z: 1.5, Mín. u-Z: -45.1 mm

## 4.4. 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 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.

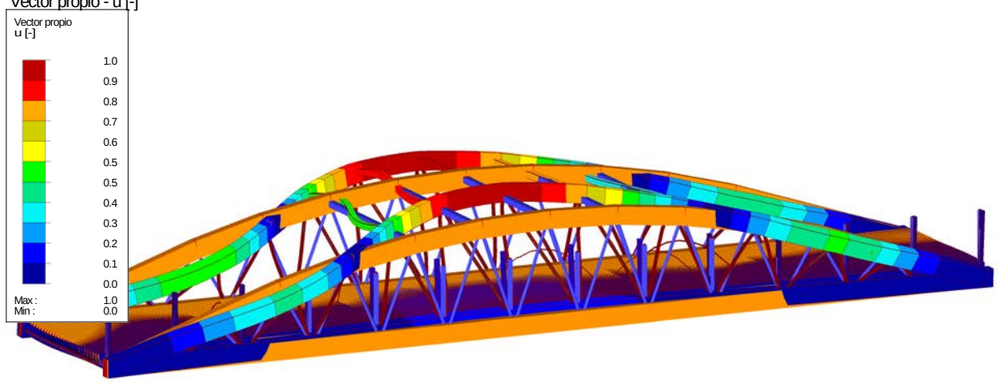
Para el cálculo de pandeo global se ha considerado la combinación de hipótesis más desfavorable.

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 11.13370
Vector propio - u [-]




Coeficiente de deformaciones: 1.30
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 6.48336
Vector propio - u [-]




Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 2.20
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -

## 4.5. Modelo vibratorio de la estructura

Se muestra a continuación los tres 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 nº5: 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 este 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.

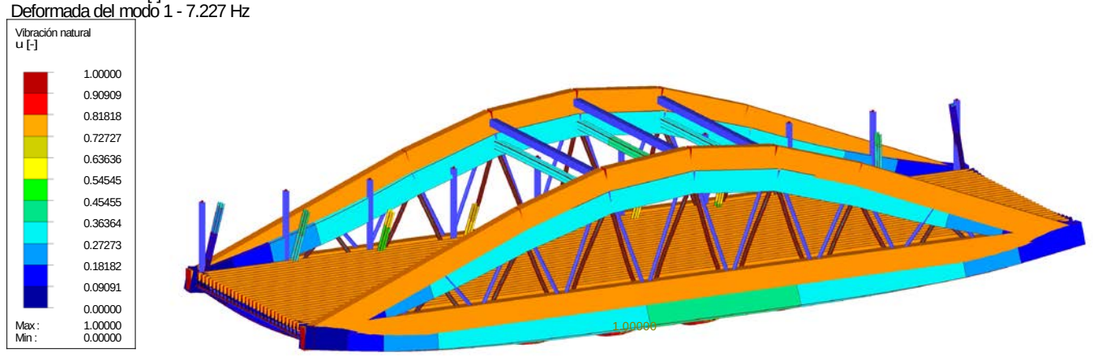
Una vez obtenidos los modos propios se medirán las aceleraciones en condiciones pésimas, es decir, en resonancia con cada uno de los módulos dentro del rango crítico.

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 sintonizada) sintonizado a la frecuencia del modo propio problemático.

sintonizada) sintonizado a la frecuencia del modo propio problemático.

- MODO 1:

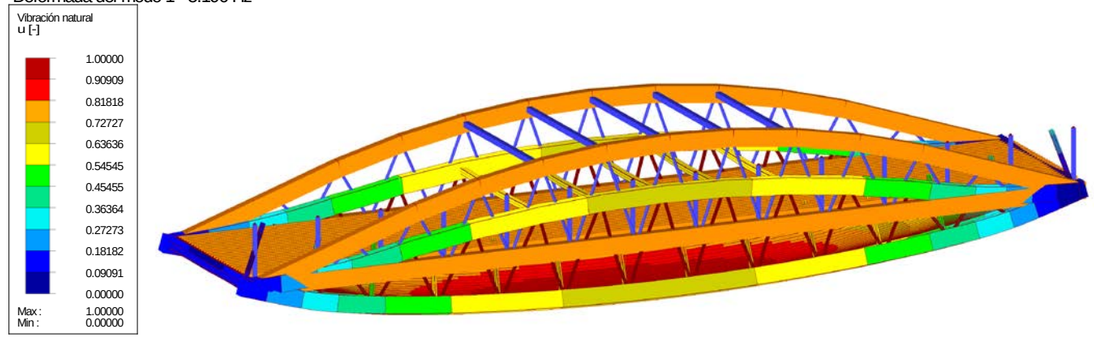
RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 1 - 7.227 Hz




Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 1.90
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 1 - 5.196 Hz



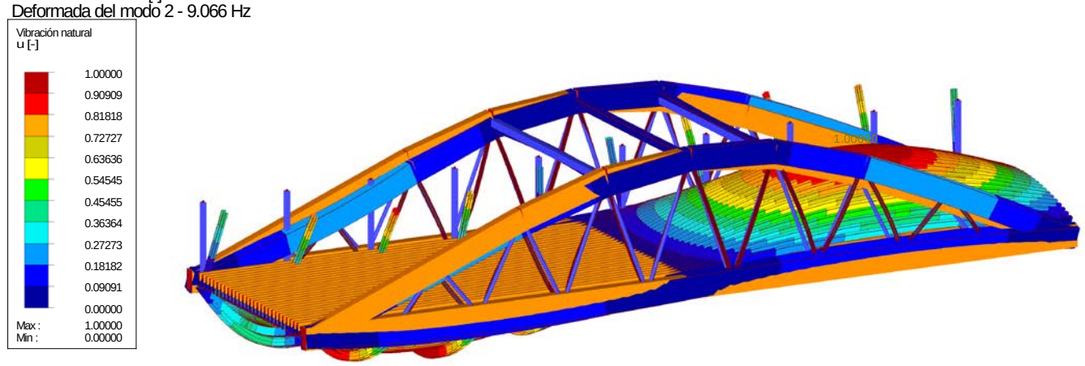

Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 3.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

- MODO 2:

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 2 - 9.066 Hz

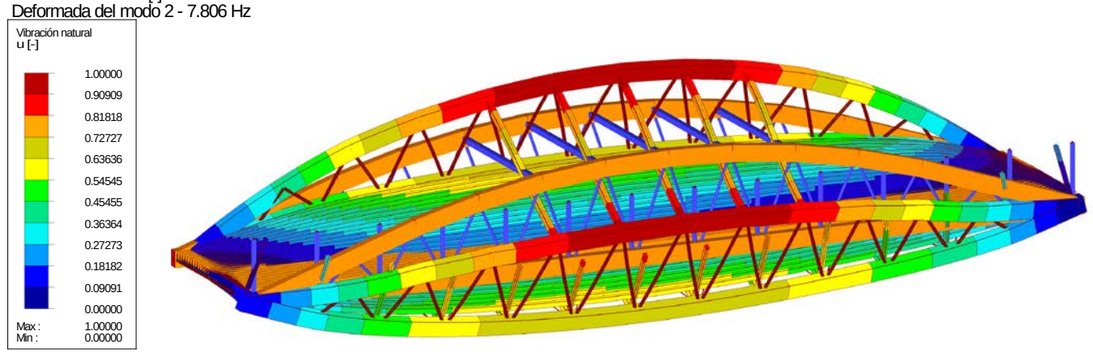
Isométrico




Coeficiente de deformaciones: 1.90
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 2 - 7.806 Hz

Isométrico

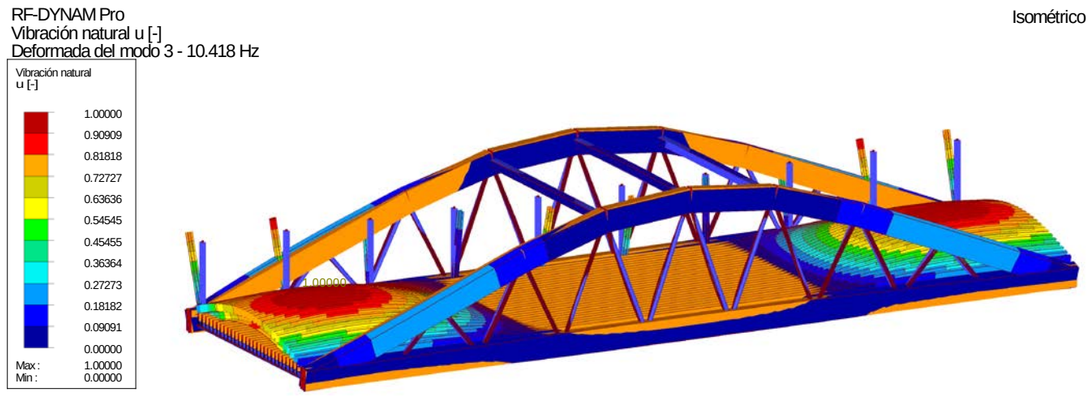



Coeficiente de deformaciones: 3.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

- MODO 3:

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 3 - 10.418 Hz

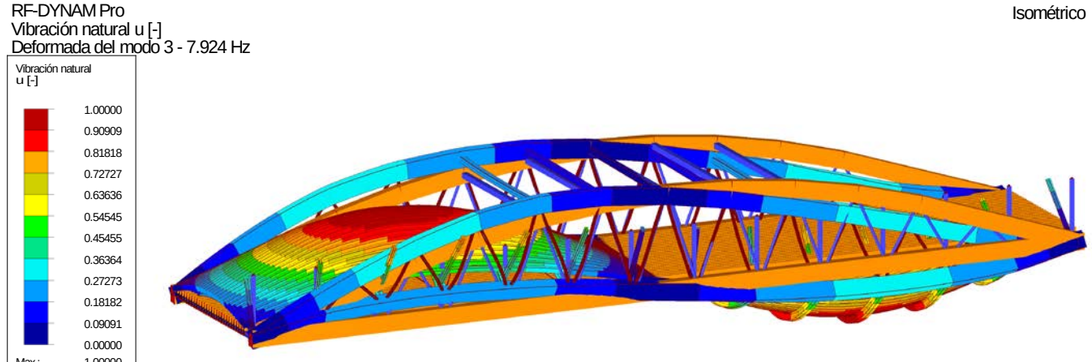
Isométrico




Coeficiente de deformaciones: 0.96
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 3 - 7.924 Hz

Isométrico




Coeficiente de deformaciones: 3.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

## 4.6. 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.

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.

## 4.7. 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.

# 5. Descripción de la unidad de obra

Suministro de Infraestructura formada por puentes de madera peatonales, con unas longitudes totales de 24,57 y 34,54 metros respectivamente con 6,7 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 curvas, riostras, viguetas, pies derechos 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, recogidos en el Código Técnico de la Edificación. CTE SE-M Documento Básico SE-M Seguridad estructural.

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.

Barandilla SECURAILING con pies derechos rectos.

Tratamiento clase de Uso IV antes de laminar en autoclave con sales hidrosolubles para Clase de Uso IV, según norma UNE 56-416/88 (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 ≤ 4-S3-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 (Lenght 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

Antideslizamiento MM-1-Non-Slip con clase de resbaladicidad 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 laminas 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 de 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:**

  - El cálculo de las estructuras ofertadas.
  - Características y procedencia de la madera.
    - Clase resistente.
    - Calidad del protector utilizado.
    - Método de aplicación empleado.
    - Certificado de secado de la madera y periodo de estabilización del mismo.
    - Tipo de acero de los herrajes y protección.
    - Certificado de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 por Organismo Técnico Independiente.
    - 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 ≤ 4-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 puentes de madera peatonales, con unas longitudes totales de 24,57 y 34,54 metros respectivamente con 6,7 metros de ancho de paso útil de **Pinus sylvestris**.

Formada por vigas principales curvas, riostras A, riostras B, viguetas, pies derechos, pasamanos, riostras, viguetas, pies derechos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos (barandilla SECURAILING con pies derechos rectos) 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 Lenght 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 JRy tornillería Hprotec. Tarima con sistema Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladicidad 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 ≤ 4-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 ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 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 ºC |
|---|---|---|---|---|---|
| | 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<br>S235J0<br>S235J2 | 235 | 225 | 215 | 360 | 20<br>0<br>-20 |
| S275JR<br>S275J0<br>S275J2 | 275 | 265 | 255 | 410 | 20<br>0<br>-20 |
| S355JR<br>S355J0<br>S355J2<br>S355K2 | 355 | 345 | 335 | 470 | 20<br>0<br>-20<br>-20 (1) |
| S450J0 | 450 | 430 | 410 | 550 | 0 |

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

Ilustración 9. 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 ºC | | | -10 ºC | | | -20 ºC | | |
| | 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 10. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición.

| Grado | Temperatura de ensayo (ºC) | 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 11. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero.

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.

# 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 350/2 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/m$^3$.

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/m$^3$.

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 deslaminados, 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)

## 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 338:2010:

C24

| Propiedades resistentes (N/mm²) | |
|---|---|
| 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/mm²) | |
| 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/m³) | |
| Densidad característica ($\rho_k$) | *350* |
| Densidad media ($\rho_{medio}$) | *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 Ø ≤ 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.<br>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/mm2) | |
|---|---|
| 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/mm²) | |
| 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/m³) | |
| Densidad característica ($\rho_k$) | *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*

| 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 |

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

C35

| Propiedades resistentes (N/mm²) | |
|---|---|
| Flexión ($f_{m,k}$) | *38* |
| 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/mm²) | |
| 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/m³) | |
| Densidad característica ($\rho_k$) | *380* |
| Densidad media ($\rho_{medio}$) | *460* |

*Tabla 6. Características de la madera aserrada C35*

## 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 %.

## 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 $cm^2$ en el caso de utilizar láminas de 33 mm de espesor.

- El área de la sección recta de las tablas no rebasará los 100 $cm^2$ 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 ºC

  Temperatura ambiente: 18 a 25 ºC

  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 º C : 2 horas

  a 25 º C : 1 hora

- Gramaje por una cara: 300 a 600 $g/m^2$

- Tiempo de ensamblaje :

  Abierto: 5 a 20 minutos.

  Cerrado: 50 a 80 minutos.

- Presión de ajuste tiempo mínimo:

  Madera / madera a 20º C : 16 horas.

  Madera / madera a 40º 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 (º C) | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Tiempo de utilización (h) | 3 | 2 | 1 | 0.5 |

*Tabla 9. 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

## 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
- 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/cm$^2$ y se realiza en prensas en continuo.

### 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 regruesarán 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 regruesadora 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 cortándose 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.

# 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 335-2.

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 335-1 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).
- 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.

## 6.2. 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 10. 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 funguicida 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 ≤ 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 AS-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 11. 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 contextura 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 lasúr 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 335-2.
- 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.
- Certificación por cálculo en TÚNEL DE VIENTO, CERTIFICADO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE, de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores (en valor absoluto) a los siguientes: Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706 y determinación de las frecuencias de vibración.
- Certificado de clasificación de resbaladicidad ($R_d$>45) de tablón de piso, por Organismo técnico Independiente.
- Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) para la MLE.

## 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**

  Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) Nº607/2012 y Reglamento (UE) Nº995/2010 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 ≤ 4-S3-C. Enyesado ≤ 3. Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.

## 11. Checklist de cumplimiento de Pliego Técnico

A modo de resumen se presenta el siguiente cuadro

| | |
|---|---|
| RELACIÓN TÉCNICA DE PRESTACIONES DEL PUENTE | |
| COMPROBACION-1:<br>CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS NUEVA PASARELA Y SOBRE LA UNIDAD DE OBRA | |
| PROYECTO TÉCNICO PROPIO (acorde o mejorando, el Pliego Técnico del Proyecto)<br><br>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)<br>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.<br><br>**Se requiere un capítulo específico relativo el recálculo y comprobación de los elementos y de sus uniones.** | |
| TÉCNICO COMPETENTE<br><br>Identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto liberando de toda Responsabilidad.<br><br>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<br><br>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.<br><br>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 Gl30h PARA TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES<br><br>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 Gl30h/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<br><br>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 Ic<15 se busca limitar el uso de piezas muy esbeltas y aumentar por diseño la durabilidad natural.<br><br>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 concentramos pues el cálculo de las secciones en la "sección pasiva" con respecto a la humedad. | |
| HERRAJES METÁLICOS<br><br>Comprobar calidad ST275JR – en Acero Galvanizado en Caliente | |
| INCORPORAR CÁLCULO DINÁMICO<br><br>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)<br><br>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 y si ello es necesario, podrá ser requerido LA INCORPORACIÓN DE UNO O VARIOS AMORTIGUADORES TMD (amortiguador de masa sintonizada) sintonizados con las frecuencias con niveles de aceleración por encima de un rango de confort aceptable. | |
| INCORPORAR CÁLCULO MOVIMIENTO SÍSMICO<br><br>Comprobar que dicho cálculo también es realizado | |
| PROTECCIÓN CON ZINC PREPATINADO<br><br>Las vigas estructurales principales (si procede) pueden estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor si así lo requiere el Proyecto | |
| MA (Madera Aserrada)- Calidad Estructural C24<br><br>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 | |
| DISPOSTIVOS PARA MONITORIZACIÓN DINÁMICA<br><br>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<br><br>Tablón de piso con clasificación de resbaladicidad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente. | |
| ANTIDESLIZAMIENTO<br><br>Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladicidad 3 con resistencia al deslizamiento Rd>45) según CTE DB SU, certificado por Organismo Técnico Independiente. | |
| CÁLCULO HUELLA CARBONO SIN REBASAR LÍMITE DEL PROYECTO<br><br>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 | |
| JUSTIFICACIÓN POR CÁLCULO EN TÚNEL DE VIENTO<br><br>Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) y determinación de las frecuencias de vibración | |
| PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA ESTÁTICAS A REALIZAR POR EL TÉCNICO COMPETENTE QUE FIRMA EL PROYECTO DEL PUENTE<br><br>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. | |
| MANTENIMIENTO<br><br>Libro de mantenimiento y criterios de diseño utilizados para aumentar la durabilidad de la obra | |
| | |

| | |
|---|---|
| | |
| COMPROBACION-2:<br>PLAN DE OBRA Y CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO | |
| PLAN DE OBRA / PLANNING<br><br>Entregar Planing de trabajos para el puente que debe ser acorde con el tiempo/plazo del Proyecto. | |
| Certificado de DISPONIBILIDAD de madera emitido por Organismo Técnico Independiente.<br><br>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 | |
| SOLVENCIA TÉCNIA PARA EJECUTAR LA PASARELA<br>(Recursos Humanos y Materiales)<br><br>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<br><br>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.<br><br>Se podrá requerir CERTIFICADO al respecto en cualquier fase del proceso de licitación y/o Ejecución, así como visita a las instalaciones. | |
| | |
| COMPROBACION-3:<br>CONTROL DE CALIDAD | |
| MARCADO CE/DoP (Declaración de Prestaciones).<br><br>Toda la madera llevará marcado CE, del que se exigirá la documentación correspondiente | |
| DECLARACION SDD<br><br>Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) Nº607/2012 y Reglamento (UE) Nº995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas. | |
| SELLO PEFC ó FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA<br><br>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.<br><br>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**. | |
| CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA<br>(Pinus Sylvestris) | |
| CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA<br><br>* Clase Gl30h para la MLE (toda la madera estructural será MLE)<br>* Clase C24 para la MA (sólo tablón de piso y barrotillos de la barandilla) | |
| CERTIFICADO D.A.P (Declaración Ambiental de Producto), DE LA MADERA LAMINADA<br><br>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 | |
| CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA Y ESTABILIZADA.<br><br>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 | |
| CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA<br><br>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. | |
| CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO<br><br>Tanto del tablón de piso como de las láminas antideslizantes adicionales que se deberán colocar en los accesos (Rd>45 según CTE DB SU) certificado también por Organismo Técnico Independiente. | |
| CERTIFICADO DE LA PINTURA<br><br>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 ≤ 4-S3-C. Enyesado ≤ 3. Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente. | |
| CERTIFICADO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA | |

| | |
|---|---|
| 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) | |
| CERTIFICADO DE TÚNEL DE VIENTO<br><br>Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) y determinación de las frecuencias de vibración. | |
| CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO<br><br>Certificación de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 emitido por THIRD PARTY INSPECTION | |

# IV. Normativa de referencia

| | |
|---|---|
| UNE EN 1990 2019 | 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 2009 | 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 |
| IAP11 | Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras |
| UNE EN 336 2014 | Madera estructural. – Medidas y tolerancias |
| UNE EN 338 2016 | Madera estructural. – Clases resistentes |
| UNE EN 384 2016+A2:2023 | Madera estructural. – Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. |
| UNE EN 408 2011+A1:2012 | Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Propiedades físicas y mecánicas. |
| Pr EN 1193 | Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de propiedades físicas y mecánicas adicionales |
| UNE-EN 14080:2022 | Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos. |
| UNE EN 1912 2012 | Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies |
| UNE 56544 2022 | Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas |
| UNE EN 335 2013 | 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 2016 | 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 14081-1:2016+A1:2020 | Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales |
| UNE EN 14081-2 2019+A1 2023 | 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 14081-3:2022 | 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. |

# 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±2ºC y una humedad relativa del aire que exceda 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 | |
| *Pinus sylvestris* | A | - | S | NA | S | S | NA | 1v |
| | D | M-pDv | S | NA | S | S | NA | 3-4v |

*Tabla 12. 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 13. 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 14. 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 a6 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<br>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 15. Agentes de deterioro atmosférico*

| 2. AGENTES XILÓFAGOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.1. HONGOS XILÓFAGOS<br>Su ciclo biológico se inicia cuando encuentran condiciones favorables: (humedad 8>22%, Tª aire, presencia $O_2$) | | | | | |
| | 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<br>No es peligroso por su mínima acción degradadota. | No produce pérdidas de resistencia<br>No es peligroso por su mínima acción degradadota. | Pérdida caract. Físico-mecánicas. La más grave. | Pérdida caract. Físico-mecánicas. | |
| APARIENCIA: | Esporas en superficie de madera (color oscuro)<br>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 (parecida a queso fresco) |
| NOTAS: | Crean **condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición**. Fáciles de eliminar con limpieza superficial | Crean **condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición**. | | Afecta a madera de frondosas. | |

| 2.2. INSECTOS XILÓFAGOS | | |
|---|---|---|
| | 2.2.1. INSECTOS XILÓFAGOS LARVARIOS | 2.2.2. INSECTOS XILÓF.SOCIALES - TERMITAS |
| ACCIÓN SOBRE: | Huevos: colocados en fendas, ranuras, orificios…<br>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<br>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<br>**LÍCTIDOS (Polilla):** Ataca albura frondosas<br>**ANÓBIDOS (Carcoma fina):** ppalm.albura coníferas y frondosas europeas<br>**ANÓBIDOS (Reloj de la muerte):** frondosas previamente atacada por hongos de pudrición<br>**CURCULIÓNIDOS (Gorgojos):** albura frondosas y coníferas y duramen previamente atacado por hongos pudrición | - *Reticulitermes lucifugus Rossi* (en Península y Baleares)<br>- *Criptotermes brevis Walker* (en Canarias)<br>- *Kalotermes flavicollis Fabr*. |
| NOTAS: | Su aparición depende de la especie, humedad madera, Tª y presencia de hongos de pudrición | La Tª óptima es aprox. 30ºC y humedad relativa del aire de 95-100%. A Tª<2ºC 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.<br>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 16. 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 17. 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 ejecutan 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.

| CLASE DE USO | MADERA FÁCILMENTE IMPREGNABLE | | MADERA NO FACILMENTE IMPREGNABLE | | EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE | CONTENIDO DE HUMEDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | P | R | P | R | | |
| 1 | P1 | R1 | P1 | R1 | Nula | Máxima 20% |
| 2 | P1 | R2 | P1 | R2 | Muy débil | En alguna ocasión >20% |
| 3 ( 3.1 y 3.2 ) | P4 **P8** | R3 **R3** | P1 P5 | R3 R3 | Débil **Fuerte** | **Frecuentemente >20%** |
| 4 | P8 | R4 | P5 | R4 | Fuerte | Permanentemente >20% |
| 5 | P9 | R5 | En ppio. no recomendable | | Fuerte | Permanentemente >20% |

*Tabla 18. Grado de impregnabilidad en función de la clase de uso*

R: Retención de la madera

P: Penetración 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 19. 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.

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-ciclohexildiazeniumdioxi)-cobre: 2,8%
    - Hidroxicarbonato 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 ejecutan 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

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
   - 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 Gl30h.

3) LIBRO DE MANTENIMIENTO
4) MEJORAS
5) OTROS

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 350/2 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 deslaminados, 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)

#### 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 338:2010)

**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: 2013)

#### 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 335-2. 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 ≤ 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<br>**UNE-EN- 927-6** (Valores a no superar)<br>Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior.<br>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<br>EN-ISO-4628-2 | Agrietamiento Grado<br>EN-ISO-4628-4 | Descamación<br>EN-ISO-4628-5 | Ensayo Grado<br>EN-ISO-4628-6 | Adherencia Categoría<br>EN-ISO-2409 |
| ΔE≤7 | NO | ≤4-S3-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 ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación). También serán de aplicación el Cálculo de estructuras C.T.E.-D.B.-S.E.-M (madera), resistencia a fuego D.B.-S.I.(seguridad en caso de incendio) y acciones en la edificación D.B.-S.E.-A.E.

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.

1.8TÉCNICO 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 TÚNEL DE VIENTO

Justificación por cálculo en TÚNEL DE VIENTO, CERTIFICADO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE, de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores (en valor absoluto) a los siguientes: : Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706 y determinación de las frecuencias de vibración.

2.5 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.

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 CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA (Pinus Sylvestris)

2.9 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) Nº607/2012 y Reglamento (UE) Nº995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas.

2.10 CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO

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

2.11 CERTIFICADOS DE TORNILLERÍA

Calidad mínima 8.8 zincado según ISO 8.9.8

2.12 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

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

2.13 CERTIFICADOS DE BASE DE HERRAJES DE ACERO

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

2.14 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

Galvanizado en caliente

2.15 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)

2.16 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.

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 |
|---|---|---|---|
| | **PUENTE DE MLE y METAL PREFABRICADO 24,57 x 7,36 m** | | |
| 1 | **<u>SUMINISTRO en módulos prefabricados en taller</u>** (incluye Proyecto Constructivo de Taller realizado por Técnico Competente) de <u>PUENTE DE MADERA -METAL, TIPOLOGÍA TIED-BOW (modelo "Bicipista Ibaizabal")</u> de 24,57 metros de tablero y 7,36 metros de ancho total, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto Técnico.<br><br><u>Descripción resumida:</u><br>*Puente con una tipología de arco de Madera Laminada Encolada (MLE) con tablero suspendido Diagonales de acero. El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero galvanizado y entre ellas se dispondrán cruces de San Andrés de acero galvanizao como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior mediante riostras de acero galvanizado*<br><br>*Arcos y vigas principales de tablero protegido con cubierta de zinc con cámara aire y/o lámina de recogida de condensados.*<br><br>*Toda la MLE será realizado de Pinus sylvestris procedente de bosques gestionados con criterios de sostenibilidad avalados por CERTIFICADO CdC sello PEFC y/o FS formada por Cerchas, riostras de tablero, viguetas, pies derechos de barandilla, pasamanos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados en MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup (TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO SOLO LAS VIGAS PRINCIPALES SERÁN DE MLE), otros elementos no estructurales serán de Madera Aserrada (MA) Madera Aserrad C24/sup. Toda la madera estará tratada. Tratamiento de Clase Uso IV antes de laminar. Herrajes de acero galvanizado S275JR*<br><br>*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 o FSC en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.* | 250.000,00 € | 250.000,00 € |
| | *Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) de acuerdo a proyecto.*<br><br>*Tablón de piso con clasificación de resbaladicidad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente.* | | |
| 1 | "**<u>Transporte Especial y descarga ""in situ"</u>** del puente prefabricado en taller. Partida alzada. Operación realizada por personal especializado (preferiblemente mismo personal que se encargó de la prefabricación con el objeto de asegurar la integridad del conjunto)" | 15.000,00 € | 15.000,00 € |
| 1 | "**<u>Izado con grúas, montaje y conexión de Infraestructura</u>** de paso Izado y montaje de cada módulo sobre estribos terminados y conexión de los módulos entre sí. Partida Alzada. Incluye apoyos y herrajes | 15.000,00 € | 15.000,00 € |
| 1 | **<u>Ensayos y Dossier de Calidad</u>**<br><br><u>ENSAYOS</u><br><u>PRUEBA DE CARGA DINÁMICA</u><br>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.<br><br><u>CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO</u><br>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.<br><br>Realización y entrega del Dossier de Calidad final de obra 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, Resbaladicidad, Pintura, Calidad Herrajes, Prueba Dinámica, etc. | 4.000,00 € | 4.000,00 € |
| | **PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 24,57 x 7,36 m P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material)** | | **284.000,00 €** |

| Nº Uds estimadas | DESCRIPCIÓN RESUMIDA | PRECIO UNITARIO | IMPORTE TOTAL |
|---|---|---|---|
| | **PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 34,54 x 7,48 m** | | |
| 1 | **SUMINISTRO en módulos prefabricados en taller** (incluye Proyecto Constructivo de Taller realizado por Técnico Competente) de PUENTE DE MADERA -METAL, TIPOLOGÍA TIED-BOW (modelo "Bicipista Ibaizabal") de 34,54 metros de tablero y 7,48 metros de ancho total, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto Técnico.<br><br>Descripción resumida:<br>*Puente con una tipología de arco de Madera Laminada Encolada (MLE) con tablero suspendido Diagonales de acero. El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero galvanizado y entre ellas se dispondrán cruces de San Andrés de acero galvanizao como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior mediante riostras de acero galvanizado.*<br><br>*Arcos y vigas principales de tablero protegido con cubierta de zinc con cámara aire y/o lámina de recogida de condensados.*<br><br>*Toda la MLE será realizado de Pinus sylvestris procedente de bosques gestionados con criterios de sostenibilidad avalados por CERTIFICADO CdC sello PEFC y/o FS formada por Cerchas, riostras de tablero, viguetas, pies derechos de barandilla, pasamanos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados en MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup (TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO SOLO LAS VIGAS PRINCIPALES SERÁN DE MLE), otros elementos no estructurales serán de Madera Aserrada (MA) Madera Aserrad C24/sup. Toda la madera estará tratada. Tratamiento de Clase Uso IV antes de laminar. Herrajes de acero galvanizado S275JR*<br><br>*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 o FSC en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.*<br><br>*Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) de acuerdo a proyecto.*<br><br>*Tablón de piso con clasificación de resbaladicidad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente.* | 360.000,00 € | 360.000,00 € |
| 1 | "**Transporte Especial y descarga ""in situ""** del puente prefabricado en taller. Partida Alzada. Operación realizada por personal especializado (preferiblemente mismo personal que se encargó de la prefabricación con el objeto de asegurar la integridad del conjunto)" | 20.000,00 € | 20.000,00 € |
| 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. Partiza Alzada. Incluye apoyos y herrajes | 20.000,00 € | 20.000.00 € |
| | **Ensayos y Dossier de Calidad**<br><br>ENSAYOS<br>PRUEBA DE CARGA DINÁMICA<br>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.<br><br>CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO<br>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.<br><br>Realización y entrega del Dossier de Calidad final de obra 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, Resbaladicidad, Pintura, Calidad Herrajes, Prueba Dinámica, etc. | 4.000,00 € | 4.000,00 € |
| | **PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 34,54 x 7,48 m**<br>**P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material)** | | **404.000,00 €** |

**RESUMEN:**

**LOTE**: **PUENTES DE MADERA Y METAL**

- PEM - PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 24,57 x 7,36 m..... 284.000,00 €
- PEM - PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 34,54 x 7,48 m..... 404.000,00 €

---

Total P.E.M 688.000,00 €

*Gastos Generales (G.G. 13%)....* *89.440,00 €*
*Beneficio Industrial (B.I. 6%).....* *41.280,00 €*

---**Total P.E.C.....** **818.720,00 €**

# Anexo:

## Planos del puente

## ÍNDICE

**1.- NORMAS CONSIDERADAS** 1

**2.- GEOMETRÍA Y MODELO DE CÁLCULO** 1

**3.- ACCIONES E HIPÓTESIS DE CARGA** 2

**4.- COMBINACIONES** 4

**5.- MATERIALES** 8

**6.- RESULTADOS DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL** 9

**7.- COMPROBACIÓN DE ESTABILIDAD DEL CARGADERO** 13

**8.- COMPROBACIONES MURO DE GRAVEDAD** 19



APÉNDICE 8.2 NOTA DE CÁLCULO PASARELA 2+800
ESTRIBOS: CARGADEROS SOBRE MUROS DE GRAVEDAD
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

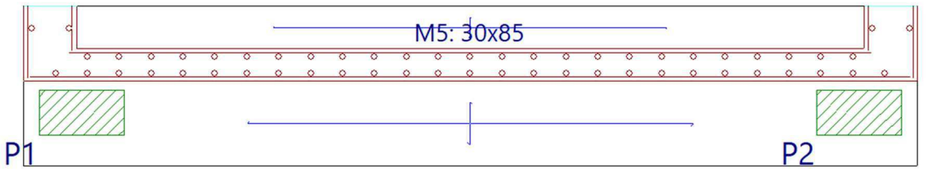
## 1.- NORMAS CONSIDERADAS

Código estructural (España)
Código Técnico de la Edificación (CTE)
Eurocódigo 1: "Bases de proyecto y acciones en estructuras"
Eurocódigo 2: "Proyecto de estructuras de hormigón"
Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera (Ministerio de Fomento)
Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera (IAP-11)
Norma de construcción sismorresistente (NCSP-07)

## 2.- GEOMETRÍA Y MODELO DE CÁLCULO

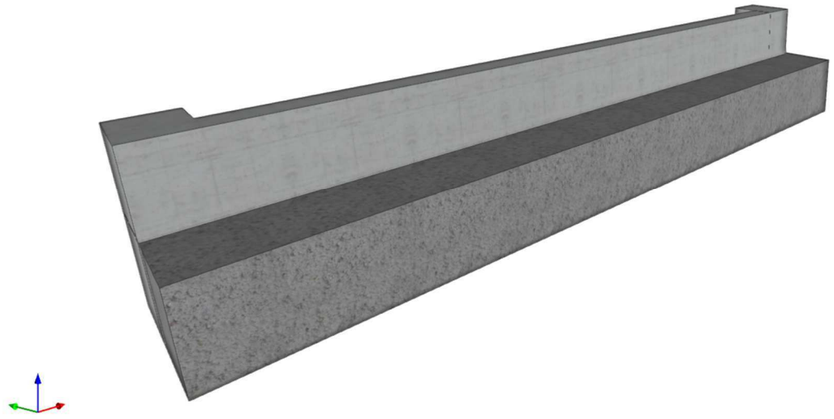
Para el apoyo del tablero de madera que conforma la pasarela 2+800, se han diseñado sendas vigas cargadero de hormigón armado, que se apoyan directamente sobre muros de gravedad apoyados en el estrato de roca alterada, que han sido resueltos mediante escollera hormigonada por dar continuidad a los muros 7 y 8 que contienen el terraplén de la bicipista en los trasdoses de estribos de la pasarela.

En el programa de cálculo CYPECAD 2024.a se ha realizado el siguiente modelo:




*Planta del modelo*

A continuación, se incluye una vista en 3D del modelo adoptado para el cálculo del cargadero en el programa:



*Vista 3D (CYPECAD)*

Datos geométricos de grupos y plantas

| Grupo | Nombre del grupo | Planta | Nombre planta | Canto (m) | Altura | Cota |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Murete guarda | 1 | Coronación murete guarda y aleta | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| 0 | Cargadero | | Cargadero apoyos pasarela | 0,85 | 0,85 | 0.00 |

Datos geométricos de los apoyos del tablero

| Referencia | Dimensiones (cm) | Coord(P.Fijo) | GI- GF | Vinculación exterior | Ang. | Punto fijo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 79,5x42 | ( 0.55, 0.00) | 0-0 | Sin vinculación exterior | 0.0 | Centro |
| P2 | | ( 7.86, 0.00) | 0-0 | Sin vinculación exterior | 0.0 | Centro |

Datos geométricos de muros

- Las coordenadas de los vértices inicial y final son absolutas.
- Las dimensiones están expresadas en metros.

| Referencia | Tipo muro | GI- GF | Vértices Inicial | Vértices Final | Planta | Dimensiones Izquierda+Derecha=Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M4 | Muro de hormigón armado | 0-1 | ( 0.00, 0.30) | ( 0.00, 1.00) | 1 | 0+0.6=0.6 |
| M5 | Muro de hormigón armado | 0-1 | ( 0.00, 0.30) | ( 8.41, 0.30) | 1 | 0.3+0=0.3 |
| M6 | Muro de hormigón armado | 0-1 | ( 8.41, 0.30) | ( 8.41, 1.00) | 1 | 0.6+0=0.6 |

Zapata del muro

| Referencia | Zapata del muro | |
|---|---|---|
| M4 | Viga de cimentación: 0.500 x 0.850<br>Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00<br>-Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm²<br>-Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm²<br>Módulo de balasto: 100000.00 t/m³ | Tensiones admisibles |
| M5 | Viga de cimentación: 0.300 x 0.850<br>Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00<br>-Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm²<br>-Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm²<br>Módulo de balasto: 100000.00 t/m³ | Tensiones admisibles |
| M6 | Viga de cimentación: 0.500 x 0.850<br>Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00<br>-Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm²<br>-Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm²<br>Módulo de balasto: 100000.00 t/m³ | Tensiones admisibles |

## 3.- ACCIONES E HIPÓTESIS DE CARGA

Para el cálculo de esta estructura se ha tenido en cuenta la actuación de las siguientes acciones:

| Acción | Referencia | Valor | Descripción |
|---|---|---|---|
| Peso propio | PP | $\gamma_h$=2.5 Tn/m$^3$ | Peso propio del hormigón (introducido automáticamente por el programa) |
| Cargas muertas | CM | (ver tabla) | Cargas permanentes que gravitan sobre el cargadero |





| | | | |
|---|---|---|---|
| Sobrecargas de uso del tablero | SC | (ver tabla) | Combinaciones de sobrecargas obtenidas de las reacciones del tablero |
| | Qa (1) | (ver tabla) | |
| Empuje de terreno | H1 | $K_0$=0,50 | Empuje del terreno sobre cargadero y aleta |
| SC trasdós | Q1 | 1 Tn/m$^2$ | Sobrecarga de tráfico en trasdós de cargadero y aleta |
| Viento | V1 | (ver tabla) | Combinaciones de viento obtenidas de las reacciones del tablero |

Las reacciones incluidas en el cálculo son las obtenidas en el cálculo del tablero.

- Cargas en apoyos:

| Referencia pilar | Hipótesis | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | Peso propio | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sobrecarga de uso | 20.00 | 0.00 | 0.00 | -4.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Qa (1) | 20.00 | 0.00 | 0.00 | 4.00 | 0.00 | 0.00 |
| | V 1 (1) | 2.40 | 0.00 | 0.00 | 5.90 | 0.00 | 0.00 |
| | V 1 (2) | -2.40 | 0.00 | 0.00 | -5.90 | 0.00 | 0.00 |
| P2 | Peso propio | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Sobrecarga de uso | 20.00 | 0.00 | 0.00 | -4.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Qa (1) | 20.00 | 0.00 | 0.00 | 4.00 | 0.00 | 0.00 |
| | V 1 (1) | -2.40 | 0.00 | 0.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
| | V 1 (2) | 2.40 | 0.00 | 0.00 | -9.00 | 0.00 | 0.00 |

- Listado de cargas superficiales:

| Grupo | Hipótesis | Tipo | Valor | Coordenadas |
|---|---|---|---|---|
| Cimentación | Cargas muertas | Superficial | 1.46 | (0.40,1.00) (0.40,0.60) (8.01,0.60) (8.01,1.00) |
| | Q 1 | Superficial | 1.00 | (0.40,1.00) (0.40,0.60) (8.01,0.60) (8.01,1.00) |

- Leyes de presiones sobre muros:

| Empujes del terreno | | | |
|---|---|---|---|
| Referencia | Hipótesis | Descripción | Muro |
| Empuje terreno (Primera situación de relleno) | H 1 | Con relleno: Cota 0.73 m<br>Ángulo de talud 0.00 Grados<br>Densidad aparente 2.00 t/m³<br>Densidad sumergida 1.10 t/m³<br>Ángulo rozamiento interno 30.00 Grados<br>Evacuación por drenaje 100.00 % | M4, M5, M6 |
| Empuje terreno (Segunda situación de relleno) | Q 1 | Con relleno: Cota 0.73 m<br>Ángulo de talud 0.00 Grados<br>Densidad aparente 2.00 t/m³<br>Densidad sumergida 1.10 t/m³<br>Ángulo rozamiento interno 30.00 Grados<br>Evacuación por drenaje 100.00 %<br>Carga 1:<br>Tipo: Uniforme<br>Valor: 1.00 t/m² | M4, M5, M6 |

## 4.- COMBINACIONES

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

**- Situaciones persistentes o transitorias**

**- Con coeficientes de combinación**

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

**- Sin coeficientes de combinación**

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

- Donde:

| | |
|---|---|
| $G_k$ | Acción permanente |
| $P_k$ | Acción de pretensado |
| $Q_k$ | Acción variable |
| $A_d$ | Acción accidental |
| $\gamma_G$ | Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes |
| $\gamma_P$ | Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado |
| $\gamma_{Q,1}$ | Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal |
| $\gamma_{Q,i}$ | Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento |
| $\gamma_{Ad}$ | Coeficiente parcial de seguridad de la acción accidental |
| $\psi_{p,1}$ | Coeficiente de combinación de la acción variable principal |
| $\psi_{a,i}$ | Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento |

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

**E.L.U. de rotura. Hormigón: Código Estructural / CTE DB-SE C**

| Persistente o transitoria | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.350 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.700 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.600 |
| Empujes del terreno (H) | 1.000 | 1.350 | - | - |

**Tensiones sobre el terreno**

| Característica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Empujes del terreno (H) | 1.000 | 1.000 | - | - |



APÉNDICE 8.2 NOTA DE CÁLCULO PASARELA 2+800
ESTRIBOS: CARGADEROS SOBRE MUROS DE GRAVEDAD
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

**Desplazamientos**

| Característica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Empujes del terreno (H) | 1.000 | 1.000 | - | - |

**Combinaciones**

**▪ Nombres de las hipótesis**

| | |
|---|---|
| PP | Peso propio |
| CM | Cargas muertas |
| H 1 | Empuje terreno |
| Qa | Sobrecarga de uso |
| Qa (1) | Qa (1) |
| Q 1 | SC trasdós |
| V 1 (1) | V 1 (1) |
| V 1 (2) | V 1 (2) |

**▪ E.L.U. de rotura. Hormigón**

| Comb. | PP | CM | H 1 | Qa | Qa (1) | Q 1 | V 1 (1) | V 1 (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | | |
| 4 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | | |
| 6 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.500 | | |
| 8 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | 1.500 | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | 1.500 | | |
| 10 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | 1.500 | | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | 1.500 | | |
| 12 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | 1.500 | | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.500 | |
| 14 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | | 1.500 | |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | | | 1.500 | |
| 16 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.050 | | | 1.500 | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.050 | | 1.500 | |
| 18 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.050 | | 1.500 | |
| 19 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.050 | 1.500 | |
| 20 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | 1.050 | 1.500 | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | | 1.050 | 1.500 | |
| 22 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.050 | | 1.050 | 1.500 | |

| Comb. | PP | CM | H 1 | Qa | Qa (1) | Q 1 | V 1 (1) | V 1 (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.050 | 1.050 | 1.500 | |
| 24 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.050 | 1.050 | 1.500 | |
| 25 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | 0.900 | |
| 26 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | | 0.900 | |
| 27 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | 0.900 | |
| 28 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | | 0.900 | |
| 29 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.500 | 0.900 | |
| 30 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | 1.500 | 0.900 | |
| 31 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | 1.500 | 0.900 | |
| 32 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | 1.500 | 0.900 | |
| 33 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | 1.500 | 0.900 | |
| 34 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | 1.500 | 0.900 | |
| 35 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.500 |
| 36 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | | | 1.500 |
| 37 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | | | | 1.500 |
| 38 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.050 | | | | 1.500 |
| 39 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.050 | | | 1.500 |
| 40 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.050 | | | 1.500 |
| 41 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.050 | | 1.500 |
| 42 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | 1.050 | | 1.500 |
| 43 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | | 1.050 | | 1.500 |
| 44 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.050 | | 1.050 | | 1.500 |
| 45 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.050 | 1.050 | | 1.500 |
| 46 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.050 | 1.050 | | 1.500 |
| 47 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | | 0.900 |
| 48 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | | | 0.900 |
| 49 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | | 0.900 |
| 50 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | | | 0.900 |
| 51 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.500 | | 0.900 |
| 52 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | | 1.500 | | 0.900 |
| 53 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | 1.500 | | 0.900 |
| 54 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | 1.500 | | 1.500 | | 0.900 |
| 55 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | 1.500 | | 0.900 |
| 56 | 1.350 | 1.350 | 1.000 | | 1.500 | 1.500 | | 0.900 |
| 57 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | | | |
| 58 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | | | |
| 59 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | | | |
| 60 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | | |
| 61 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | | | |
| 62 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | | |
| 63 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | 1.500 | | |
| 64 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | 1.500 | | |
| 65 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | 1.500 | | |
| 66 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | 1.500 | | |
| 67 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | 1.500 | | |
| 68 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | 1.500 | | |



**APÉNDICE 8.2 NOTA DE CÁLCULO PASARELA 2+800**
**ESTRIBOS: CARGADEROS SOBRE MUROS DE GRAVEDAD**
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

| Comb. | PP | CM | H 1 | Qa | Qa (1) | Q 1 | V 1 (1) | V 1 (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 69 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | | 1.500 | |
| 70 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | | 1.500 | |
| 71 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.050 | | | 1.500 | |
| 72 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | | | 1.500 | |
| 73 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.050 | | 1.500 | |
| 74 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.050 | | 1.500 | |
| 75 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | 1.050 | 1.500 | |
| 76 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | 1.050 | 1.500 | |
| 77 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.050 | | 1.050 | 1.500 | |
| 78 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | | 1.050 | 1.500 | |
| 79 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.050 | 1.050 | 1.500 | |
| 80 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.050 | 1.050 | 1.500 | |
| 81 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | | 0.900 | |
| 82 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | 0.900 | |
| 83 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | | 0.900 | |
| 84 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | 0.900 | |
| 85 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | 1.500 | 0.900 | |
| 86 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | 1.500 | 0.900 | |
| 87 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | 1.500 | 0.900 | |
| 88 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | 1.500 | 0.900 | |
| 89 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | 1.500 | 0.900 | |
| 90 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | 1.500 | 0.900 | |
| 91 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | | | 1.500 |
| 92 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | | | 1.500 |
| 93 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.050 | | | | 1.500 |
| 94 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | | | | 1.500 |
| 95 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.050 | | | 1.500 |
| 96 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.050 | | | 1.500 |
| 97 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | 1.050 | | 1.500 |
| 98 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | 1.050 | | 1.500 |
| 99 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.050 | | 1.050 | | 1.500 |
| 100 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | | 1.050 | | 1.500 |
| 101 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.050 | 1.050 | | 1.500 |
| 102 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.050 | 1.050 | | 1.500 |
| 103 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | | | 0.900 |
| 104 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | | 0.900 |
| 105 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | | | 0.900 |
| 106 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | | 0.900 |
| 107 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | | 1.500 | | 0.900 |
| 108 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | | 1.500 | | 0.900 |
| 109 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | 1.500 | | 1.500 | | 0.900 |
| 110 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | 1.500 | | 0.900 |
| 111 | 1.000 | 1.000 | 1.350 | | 1.500 | 1.500 | | 0.900 |
| 112 | 1.350 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | 1.500 | | 0.900 |

■ **Tensiones sobre el terreno y Desplazamientos**

| Comb. | PP | CM | H 1 | Qa | Qa (1) | Q 1 | V 1 (1) | V 1 (2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | 1.000 | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | |
| 12 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | | 1.000 |
| 14 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | | 1.000 |
| 16 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | | 1.000 |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 |
| 18 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | | 1.000 |

## 5.- MATERIALES

**- Hormigón**

| Elementos | Hormigón | fck (kp/cm²) | $\gamma_c$ | $r_{nom}$ (cm) | $E_c$ (kp/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Todos | HA-30/B/20/XC2 | 306 | 1.50 | 4.0 | 334730 |

**- Acero en barras**

| Elemento | Acero | fyk (kp/cm²) | $\gamma_s$ |
|---|---|---|---|
| Todos | B 500 S | 5097 | 1.15 |



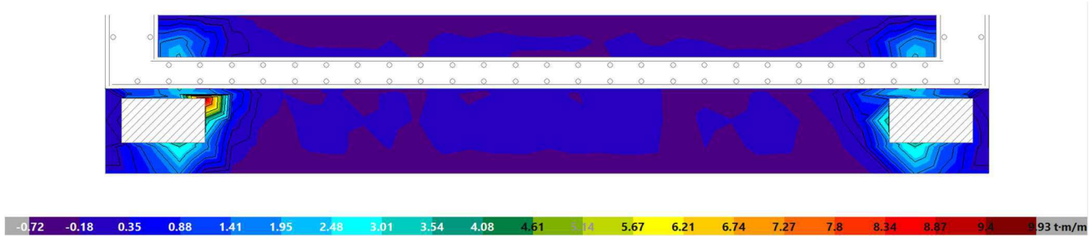


## 6.- RESULTADOS DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL

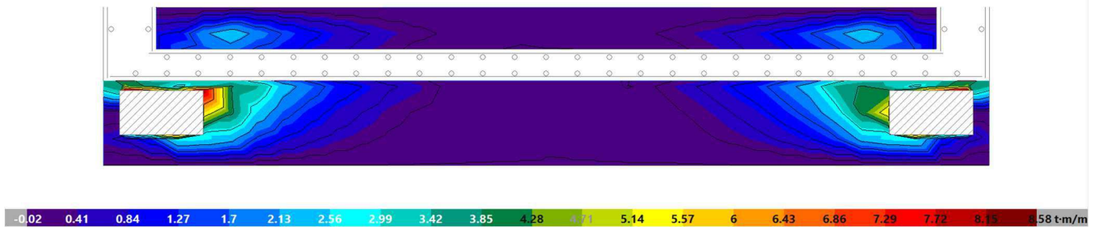
### 6.1. Cargadero

**Esfuerzos de dimensionamiento (ELU)**

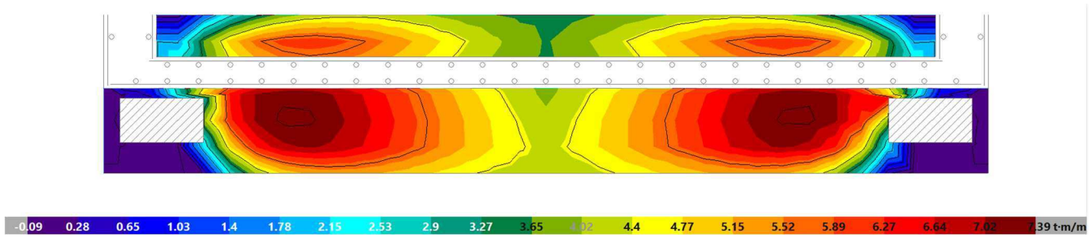
**Momento X, cuantía inferior**



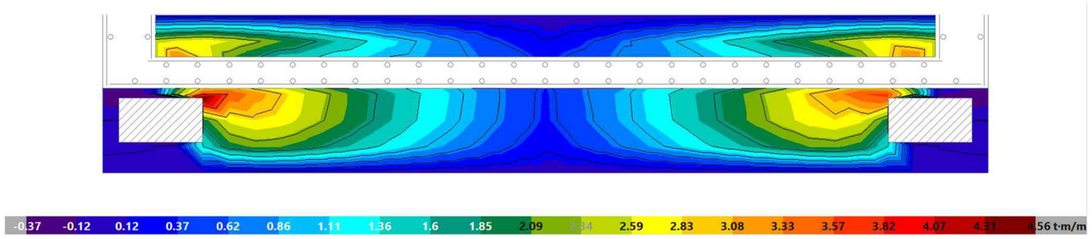

**Momento Y, cuantía inferior**



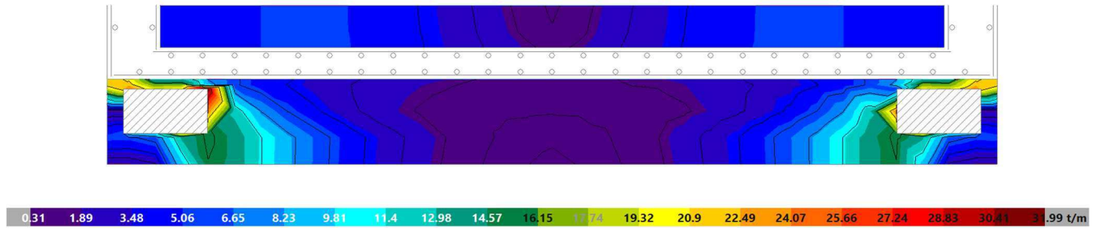

**Momento X, cuantía superior**




**Momento Y, cuantía superior**

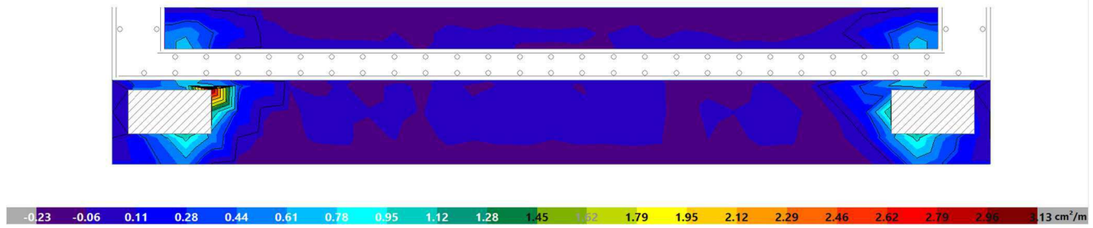


**Cortante Total**

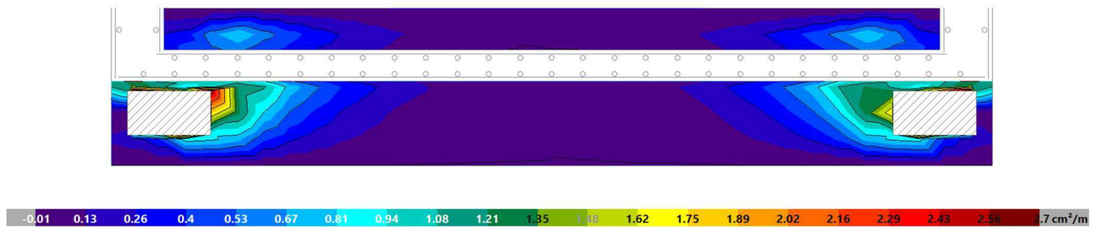



## Cuantías de armadura de cálculo

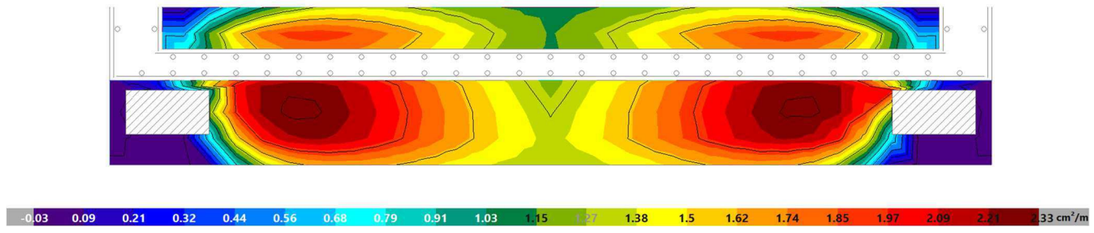
**Inferior, dirección X**




**Inferior, dirección Y**



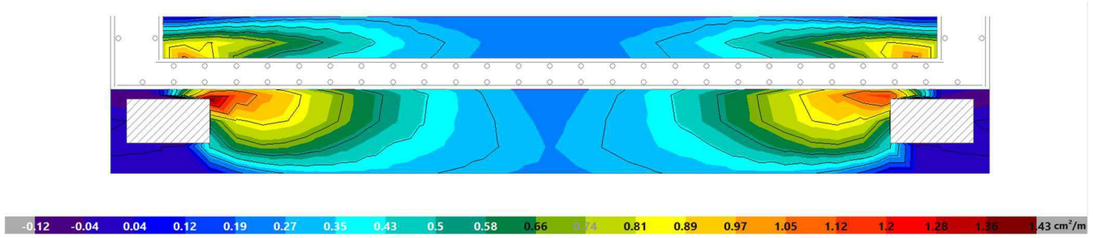

**Superior, dirección X**



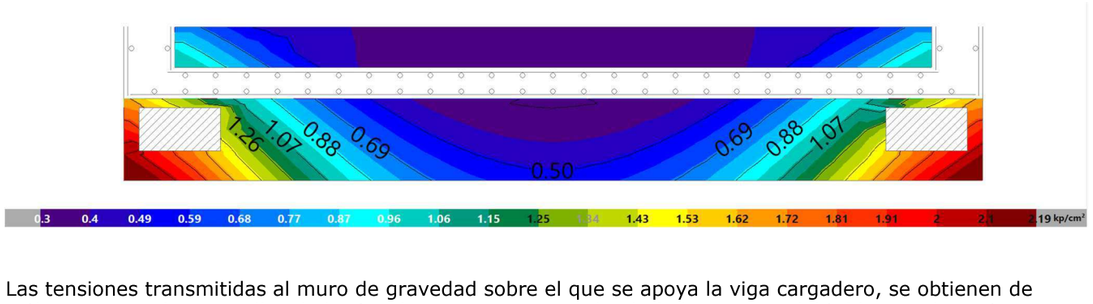





**Superior, dirección Y**




## Tensiones transmitidas al terreno de apoyo




Las tensiones transmitidas al muro de gravedad sobre el que se apoya la viga cargadero, se obtienen de estimar unos valores medios de las tensiones que se acumulan bajo los apoyos del tablero en los extremos del cargadero, donde se concentran los valores máximos.

### 6.2. Comprobación murete de guarda y aleta

**Esfuerzos pésimos**

Referencias:

Aprovechamiento: Nivel de tensiones (relación entre la tensión máxima y la admisible). Equivale al inverso del coeficiente de seguridad.

Nx : Axil vertical.

Ny : Axil horizontal.

Nxy: Axil tangencial.

Mx : Momento vertical (alrededor del eje horizontal).

My : Momento horizontal (alrededor del eje vertical).

Mxy: Momento torsor.

Qx : Cortante transversal vertical.

Qy : Cortante transversal horizontal.

| Muro M4: Longitud: 69.8 cm [Nudo inicial: 0.00;0.30 -> Nudo final: 0.00;1.00] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planta | Comprobación | Aprovechamiento (%) | Pésimos | | | | | | | |
| | | | Nx (t/m) | Ny (t/m) | Nxy (t/m) | Mx (t·m/m) | My (t·m/m) | Mxy (t·m/m) | Qx (t/m) | Qy (t/m) |
| Cimentación - Mureta guarda (e=50.0 cm) | Arm. vert. der. | 0.05 | -1.26 | -0.11 | 0.45 | -0.03 | -0.00 | -0.11 | --- | --- |
| | Arm. horz. der. | 0.00 | -1.26 | -0.11 | 0.45 | 0.14 | -0.00 | -0.11 | --- | --- |
| | Arm. vert. izq. | 0.08 | -1.26 | -0.11 | 0.45 | 0.14 | -0.00 | -0.11 | --- | --- |
| | Arm. horz. izq. | 0.04 | -0.74 | 0.04 | -1.00 | -0.02 | 0.14 | 0.12 | --- | --- |
| | Hormigón | 0.39 | -0.74 | 0.04 | -1.00 | 0.14 | 0.14 | 0.12 | --- | --- |
| | Arm. transve. | 0.76 | -0.54 | -0.10 | 0.65 | --- | --- | --- | -1.59 | -0.07 |

| Muro M5: Longitud: 840.999 cm [Nudo inicial: 0.00;0.30 -> Nudo final: 8.41;0.30] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planta | Comprobación | Aprovechamiento (%) | Pésimos | | | | | | | |
| | | | Nx (t/m) | Ny (t/m) | Nxy (t/m) | Mx (t·m/m) | My (t·m/m) | Mxy (t·m/m) | Qx (t/m) | Qy (t/m) |
| Cimentación - Mureta guarda (e=30.0 cm) | Arm. vert. der. | 8.89 | -0.11 | 22.73 | -1.70 | 0.05 | 0.07 | -0.11 | --- | --- |
| | Arm. horz. der. | 68.52 | 0.19 | 32.07 | 0.37 | 0.02 | -0.03 | -0.07 | --- | --- |
| | Arm. vert. izq. | 14.81 | 0.12 | 26.86 | -0.02 | 0.01 | -0.02 | 0.01 | --- | --- |
| | Arm. horz. izq. | 70.39 | 0.19 | 32.07 | 0.37 | 0.00 | -0.03 | -0.07 | --- | --- |
| | Hormigón | 3.59 | 0.12 | 26.86 | -0.02 | 0.01 | -0.02 | 0.01 | --- | --- |
| | Arm. transve. | 4.92 | 0.19 | 31.25 | -0.17 | --- | --- | --- | 0.03 | 0.61 |

| Muro M6: Longitud: 69.8 cm [Nudo inicial: 8.41;0.30 -> Nudo final: 8.41;1.00] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planta | Comprobación | Aprovechamiento (%) | Pésimos | | | | | | | |
| | | | Nx (t/m) | Ny (t/m) | Nxy (t/m) | Mx (t·m/m) | My (t·m/m) | Mxy (t·m/m) | Qx (t/m) | Qy (t/m) |
| Cimentación - Mureta guarda (e=50.0 cm) | Arm. vert. der. | 0.08 | -1.26 | -0.11 | 0.45 | -0.14 | 0.00 | 0.11 | --- | --- |
| | Arm. horz. der. | 0.04 | -0.74 | 0.04 | -1.00 | 0.02 | -0.14 | -0.12 | --- | --- |
| | Arm. vert. izq. | 0.05 | -1.26 | -0.11 | 0.45 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | --- | --- |
| | Arm. horz. izq. | 0.00 | -1.26 | -0.11 | 0.45 | -0.14 | 0.00 | 0.11 | --- | --- |
| | Hormigón | 0.39 | -0.74 | 0.04 | -1.00 | -0.14 | -0.14 | -0.12 | --- | --- |
| | Arm. transve. | 0.75 | -0.54 | -0.10 | 0.65 | --- | --- | --- | 1.59 | 0.07 |

### Armadura dispuesta

| Muro M4: Longitud: 69.8 cm [Nudo inicial: 0.00;0.30 -> Nudo final: 0.00;1.00] | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planta | Espesor (cm) | Armadura vertical | | Armadura horizontal | | Armadura transversal | | | | F.C. (%) | Estado |
| | | Izquierda | Derecha | Izquierda | Derecha | Ramas | Diám. | Sep.ver (cm) | Sep.hor (cm) | | |
| Cimentación - Mureta guarda | 50.0 | Ø10c/13 cm | Ø10c/13 cm | Ø12c/10 cm | Ø12c/10 cm | --- | --- | --- | --- | 100.0 | --- |

| Muro M5: Longitud: 840.999 cm [Nudo inicial: 0.00;0.30 -> Nudo final: 8.41;0.30] | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planta | Espesor (cm) | Armadura vertical | | Armadura horizontal | | Armadura transversal | | | | F.C. (%) | Estado |
| | | Izquierda | Derecha | Izquierda | Derecha | Ramas | Diám. | Sep.ver (cm) | Sep.hor (cm) | | |
| Cimentación - Mureta guarda | 30.0 | Ø12c/15 cm | Ø12c/15 cm | Ø10c/15 cm | Ø10c/15 cm | 1 | Ø6 | 15 | 15 | 100.0 | --- |

| Muro M6: Longitud: 69.8 cm [Nudo inicial: 8.41;0.30 -> Nudo final: 8.41;1.00] | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planta | Espesor (cm) | Armadura vertical | | Armadura horizontal | | Armadura transversal | | | | F.C. (%) | Estado |
| | | Izquierda | Derecha | Izquierda | Derecha | Ramas | Diám. | Sep.ver (cm) | Sep.hor (cm) | | |
| Cimentación - Mureta guarda | 50.0 | Ø10c/12 cm | Ø10c/12 cm | Ø12c/10 cm | Ø12c/10 cm | --- | --- | --- | --- | 100.0 | --- |

F.C. = El factor de cumplimiento indica el porcentaje de área en el cual el armado y espesor de hormigón son suficientes.





## 7.- COMPROBACIÓN DE ESTABILIDAD DEL CARGADERO

```
  *** CivilCAD 2000 *** Autores: L.M.Callís,J.M.Roig,I.Callís
*************************************************************

CARGADERO PASARELA 2+800
************************

DEFINICION GEOMETRICA DEL ESTRIBO
=================================

Dimensiones de la zapata:

  Longitud total de la zapata (m): 8,410
  Anchura total de la zapata (m) : 1,500
  Canto de la zapata (m)         : 0,850

Cotas de definición del estribo:

  Cota de la cara inferior de la zapata(m)               : 0,000
  Cota de coronación del estribo en lado izquierdo(m)  : 1,690
  Cota de coronación del estribo en lado derecho(m)    : 1,480
  Cota de zona de apoyos del tablero en lado izquierdo(m): 0,960
  Cota de zona de apoyos del tablero en lado derecho(m)  : 0,750

Dimensiones de la zona de apoyos:

  Anchura (m): 0,800
  Canto del murete de guarda (m): 0,300

Dimensiones de la aleta 1:

  Longitud (m): 1,500
  Canto (m)   : 0,500
  Angulo del eje de la aleta con el eje de apoyos (g): 100,000

Dimensiones de la aleta 2:

  Longitud (m): 1,500
  Canto (m)   : 0,500
  Angulo del eje de la aleta con el eje de apoyos (g): 100,000


ACCIONES SOBRE EL ESTRIBO
=========================

Peso propio del estribo:

  Densidad del hormigón (T/m3): 2,500

Acciones del terreno:

  Densidad de las tierras en trasdós (T/m3): 2,000
  Angulo de rozamiento interno de las tierras en trasdós ($): 30,000
  Constante de balasto de las tierras bajo la zapata (T/m3): 100000,000
  En el trasdós del estribo se aplica el empuje activo del terreno.

Sobrecarga en trasdós:

  Sobrecarga permanente (T/m2): 0,120
  Sobrecarga variable (T/m2): 1,000
```

Características de los apoyos:

Número de apoyos: 2,000
Distancia del eje de apoyos al paramento frontal (m): 0,500
Distancia entre 2 apoyos consecutivos (m): 7,310

Hipótesis 1: Cargadero sin tablero + Empuje del terreno

Acciones permanentes del tablero:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 0,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 0,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Acciones variables del tablero :

Hipótesis 1:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 0,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 0,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Hipótesis 2: Cargas tablero sin SC: Vmín+Hconc

Acciones permanentes del tablero:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 8,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 8,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Acciones variables del tablero:

Hipótesis 1:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 0,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 0,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Hipótesis 3: Cargas tablero + SC Vmax+Hconc

Acciones permanentes del tablero:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 8,000
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 8,000
Fuerza horizontal (t): 0,000





Acciones variables del tablero:

Hip 1:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 22,400
Fuerza horizontal (t): 4,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 17,600
Fuerza horizontal (t): 4,000

Hip 2:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 17,600
Fuerza horizontal (t): 4,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 22,400
Fuerza horizontal (t): 4,000

Hip 3:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 2,400
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : -2,400
Fuerza horizontal (t): 0,000

Hip 4:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : -2,400
Fuerza horizontal (t): 0,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 2,400
Fuerza horizontal (t): 0,000

Hip 5:

Apoyo 1:
Fuerza vertical (t) : 20,000
Fuerza horizontal (t): 4,000

Apoyo 2:
Fuerza vertical (t) : 20,000
Fuerza horizontal (t): 4,000

MATERIALES
==========

Resistencia característica fck del hormigón (Kg/cm2) : 300,000
Límite elástico fyk del acero de la armadura pasiva (Kg/cm2): 5100,000
Recubrimiento mecánico de la armadura pasiva (m): 0,050

LISTADO DE CALCULO DE ESTABILIDAD DEL ESTRIBO
**********

El coeficiente de seguridad es el cociente entre efectos
resistentes y efectos inductores al vuelco/deslizamiento.
Ambos efectos están afectados por los coeficientes de seguridad
y de combinación definidos por el usuario.

Hipótesis 1: Cargadero sin tablero + Empuje del terreno

Estabilidad al deslizamiento
---

Ángulo de rozamiento hormigón-terreno bajo la zapata (°) : 35,0
Coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación casi permanente : 2,716
Coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación característica : 2,716

Valores admisibles de los coeficientes de seguridad según la Guía de Cimentaciones:

Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación casi permanente: 1,3
Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación característica: 1,5

El tipo de empuje elegido para aplicar en el trasdós del estribo es el empuje activo.

Fvert (T) : Fuerza vertical.
Fhest (T) : Fuerza horizontal estabilizadora.
Fhdes (T) : Fuerza horizontal desestabilizadora.

| Acción | | Fhest | Fhdes | Fvert |
|---|---|---|---|---|
| Peso Propio del Estribo | : | 0.00 | 0.00 | 3.76 |
| Peso de las Tierras | : | 0.00 | 0.00 | 0.59 |
| Empuje de las Tierras | : | 0.00 | 0.84 | 0.00 |
| Sobrecarga Per. en Trasdós | : | 0.00 | 0.06 | 0.05 |
| Sobrecarga Var. en Trasdós | : | 0.00 | 0.53 | 0.40 |
| Acc. Permanentes del Tablero | : | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Acc. Variables del Tablero | : | -0.00 | 0.00 | 0.00 |

Estabilidad al vuelco
---

Coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación casi permanente : 8,290
Coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación característica : 8,290

Valores admisibles de los coeficientes de seguridad según la Guía de Cimentaciones:

Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación casi permanente: 1,8
Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación característica: 2,0

El tipo de empuje elegido para aplicar en el trasdós del estribo es el empuje activo.

Mest (mT) : Momento estabilizador
Mdes (mT) : Momento desestabilizador

| Acción | | Mest | Mdes |
|---|---|---|---|
| Peso Propio del Estribo | : | 2.92 | 0.00 |
| Peso de las Tierras | : | 0.77 | 0.00 |
| Empuje de las Tierras | : | 0.00 | 0.45 |
| Sobrecarga Per. en Trasdós | : | 0.01 | 0.00 |
| Sobrecarga Var. en Trasdós | : | 0.10 | 0.00 |
| Acc. Permanentes del Tablero | : | 0.00 | -0.00 |
| Acc. Variables del Tablero | : | 0.00 | -0.00 |





Hipótesis 2: Cargas tablero sin SC: Vmín+Hconc

Estabilidad al deslizamiento
---

Ángulo de rozamiento hormig¾n-terreno bajo la zapata (°) : 35,0
Coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación casi permanente : 3,906
Coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación características : 3,906

Valores admisibles de los coeficientes de seguridad según la Guía de Cimentaciones:

Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación casi permanente: 1,3
Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación característica: 1,5

El tipo de empuje elegido para aplicar en el trasd¾s del estribo es el empuje activo.

Fvert (T) : Fuerza vertical.
Fhest (T) : Fuerza horizontal estabilizadora.
Fhdes (T) : Fuerza horizontal desestabilizadora.

| Acción | | Fhest | Fhdes | Fvert |
|---|---|---|---|---|
| Peso Propio del Estribo | : | 0.00 | 0.00 | 3.76 |
| Peso de las Tierras | : | 0.00 | 0.00 | 0.59 |
| Empuje de las Tierras | : | 0.00 | 0.84 | 0.00 |
| Sobrecarga Per. en Trasd¾s | : | 0.00 | 0.06 | 0.05 |
| Sobrecarga Var. en Trasd¾s | : | 0.00 | 0.53 | 0.40 |
| Acc. Permanentes del Tablero | : | -0.00 | 0.00 | 1.90 |
| Acc. Variables del Tablero | : | -0.00 | 0.00 | 0.00 |

Estabilidad al vuelco
---

Coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación casi permanente : 10,421
Coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación característica : 10,421

Valores admisibles de los coeficientes de seguridad según la Guía de Cimentaciones:

Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación casi permanente: 1,8
Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación característica: 2,0

El tipo de empuje elegido para aplicar en el trasd¾s del estribo es el empuje activo.

Mest (mT) : Momento estabilizador
Mdes (mT) : Momento desestabilizador

| Acción | | Mest | Mdes |
|---|---|---|---|
| Peso Propio del Estribo | : | 2.92 | 0.00 |
| Peso de las Tierras | : | 0.77 | 0.00 |
| Empuje de las Tierras | : | 0.00 | 0.45 |
| Sobrecarga Per. en Trasd¾s | : | 0.01 | 0.00 |
| Sobrecarga Var. en Trasd¾s | : | 0.10 | 0.00 |
| Acc. Permanentes del Tablero | : | 0.95 | 0.00 |
| Acc. Variables del Tablero | : | 0.00 | -0.00 |

Hipótesis 3: Cargas tablero + SC Vmax+Hconc

Estabilidad al deslizamiento
---

Ángulo de rozamiento hormig¾n-terreno bajo la zapata (°) : 35,0
Coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación casi permanente : 3,906
Coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación características : 3,906

```
  Valores admisibles de los coeficientes de seguridad según la Guía de Cimentaciones:

Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación casi permanente: 1,3
Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al deslizamiento. Combinación característica: 1,5

  El tipo de empuje elegido para aplicar en el trasdós del estribo es el empuje activo.

  Fvert (T) : Fuerza vertical.
  Fhest (T) : Fuerza horizontal estabilizadora.
  Fhdes (T) : Fuerza horizontal desestabilizadora.

  Acción                                Fhest    Fhdes     Fvert
-------------------------------------------------------------------
Peso Propio del Estribo          :       0.00     0.00      3.76
Peso de las Tierras              :       0.00     0.00      0.59
Empuje de las Tierras            :       0.00     0.84      0.00
Sobrecarga Per. en Trasd¾s       :       0.00     0.06      0.05
Sobrecarga Var. en Trasd¾s       :       0.00     0.53      0.40
Acc. Permanentes del Tablero     :      -0.00     0.00      1.90
Acc. Variables del Tablero       :       0.00     0.95      4.76

Estabilidad al vuelco
---------------------

  Coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación casi permanente : 10,421
  Coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación características : 10,421

  Valores admisibles de los coeficientes de seguridad según la Guía de Cimentaciones:

Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación casi permanente: 1,8
Valor mínimo admisible del coeficiente de seguridad al vuelco. Combinación característica: 2,0

  El tipo de empuje elegido para aplicar en el trasd¾s del estribo es el empuje activo.

  Mest (mT) : Momento estabilizador
  Mdes (mT) : Momento desestabilizador

  Acción                                Mest      Mdes
-----------------------------------------------------
Peso Propio del Estribo          :       2.92     0.00
Peso de las Tierras              :       0.77     0.00
Empuje de las Tierras            :       0.00     0.45
Sobrecarga Per. en Trasd¾s       :       0.01     0.00
Sobrecarga Var. en Trasd¾s       :       0.10     0.00
Acc. Permanentes del Tablero     :       0.95     0.00
Acc. Variables del Tablero       :       0.00    -0.00
```





## 8.- COMPROBACIONES MURO DE GRAVEDAD

El muro de gravedad sobre el que se dispone el cargadero del estribo, está resuelto mediante escollera hormigonada para dar continuidad a los muros 7 y 8 que contienen el terraplén de la bicipista en los trasdoses de estribos de la pasarela

### Entrada de datos

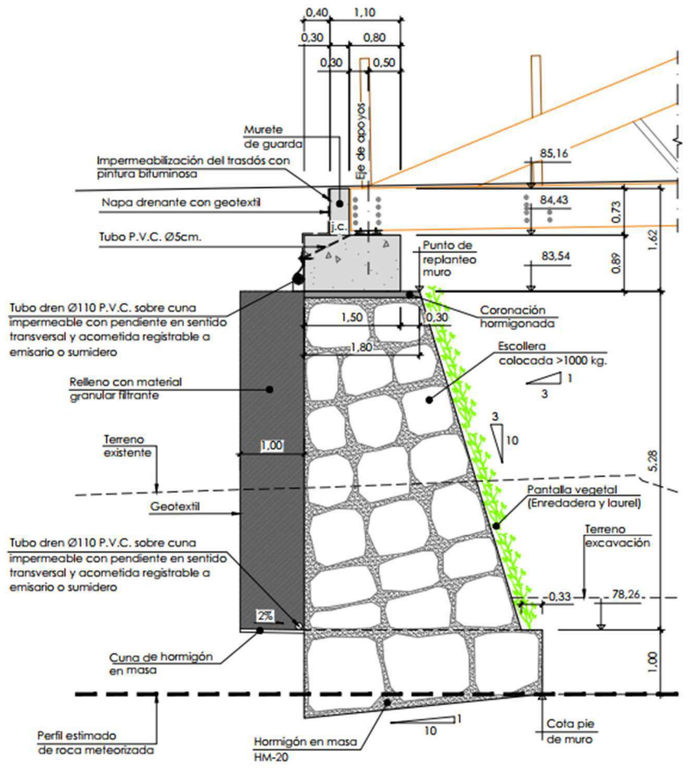
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,6 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:1V) | 0,0 | (0,00°) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:1V) | 3,0 | (16,70°) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 10,0 | (5,71°) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,30 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (°) | 30 | ° |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (°) | 20 | ° |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (°) | 0 | ° |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (°) | 35 | ° |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,70 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 3,3 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 5,0 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 10,0 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 0,00 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 0,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,00 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 0,00 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,00 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 3,80 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 40,45 | 4,04 | 94,33 | - | 40,45 | 17,38 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 6,32 | -13,12 | - | 7,89 | 6,32 | -19,90 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 6,32 | -13,12 | - | 7,89 | 6,32 | -19,90 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 3,02 | -6,26 | - | 11,38 | 3,02 | -17,12 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,90 | -1,87 | - | 3,41 | 0,90 | -5,12 |
| 5. Carga permanente coronación | 8,96 | 0,90 | 25,97 | - | 8,96 | 8,94 |
| 6. Sobrecarga coronación | 17,91 | 1,79 | 51,95 | - | 17,91 | 17,87 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 3,61 | 2,06 | 3,74 |
| $F_{vuelco}$ | | 11,96 | 4,16 | 7,60 |
| N | (t/m) | 46,76 | 50,68 | 77,55 |
| M | (t*m/m) | -2,53 | -24,77 | 2,04 |
| e | (m) | -0,05 | -0,49 | 0,03 |
| $\sigma_{puntera}$ | ($Kp/cm^2$) | 1,33 | 2,36 | 1,95 |
| $\sigma_{talón}$ | ($Kp/cm^2$) | 1,12 | 0,31 | 2,12 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación



**ÍNDICE**

1. NORMA Y MATERIALES
2. ACCIONES
3. DATOS GENERALES
4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO
5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO
6. GEOMETRÍA
7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA
8. ESQUEMA DE LAS FASES
9. CARGAS
10. ELEMENTOS DE APOYO
11. RESULTADOS DE LAS FASES
12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO
13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)
14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES



APÉNDICE 8.2. NOTA DE CÁLCULO PASARELA 2+800
MURO DE CONTENCIÓN PROVISIONAL ESTRIBOS PASARELA
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: Código estructural

Hormigón: HA-30, Yc=1.5

# 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 85.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

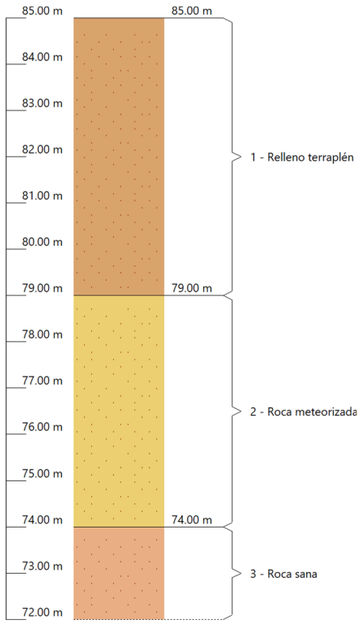
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Relleno terraplén | 85.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 33 grados<br>Cohesión: 0.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 45000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 45000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.29<br>Reposo trasdós: 0.46<br>Pasivo trasdós: 3.39<br>Activo intradós: 0.29<br>Reposo intradós: 0.46<br>Pasivo intradós: 3.39 |
| 2 - Roca meteorizada | 79.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 23 grados<br>Cohesión: 15.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 215000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 215000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.44<br>Reposo trasdós: 0.61<br>Pasivo trasdós: 2.28<br>Activo intradós: 0.44<br>Reposo intradós: 0.61<br>Pasivo intradós: 2.28 |
| 3 - Roca sana | 74.00 m | Densidad aparente: 2.4 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 30 grados<br>Cohesión: 100.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 1000000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 1000000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.33<br>Reposo trasdós: 0.50<br>Pasivo trasdós: 3.00<br>Activo intradós: 0.33<br>Reposo intradós: 0.50<br>Pasivo intradós: 3.00 |

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

| |
|---|
| Altura total: 8.50 m |
| Diámetro: 20.00 cm |
| Separación: 50.00 cm |
| Serie de micropilotes: Tuberia micropilotes |
| Perfil: Tubo 114,3x7 |

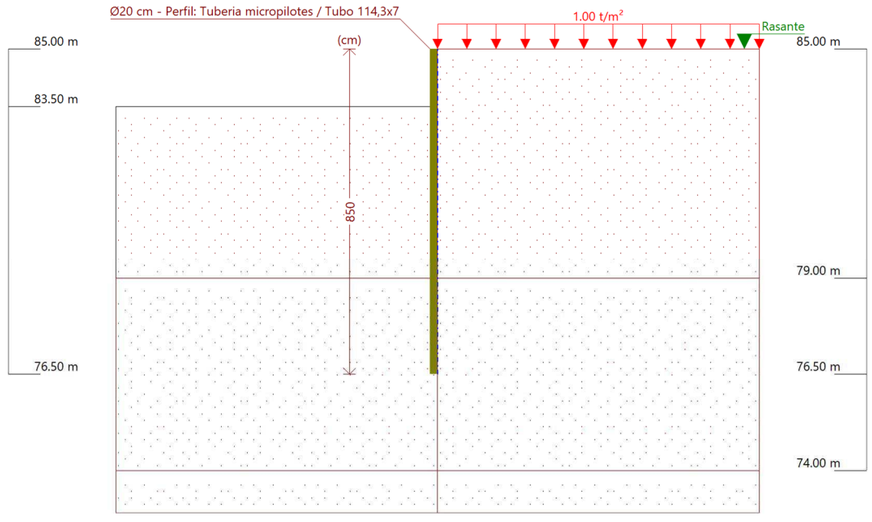
## 7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

| Referencia: pas2800 (Pasarela 2+800. Pantalla provisional) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Esbeltez máxima: | Máximo: 200<br>Calculado: 60 | Cumple |
| Tensión máxima: | | |
| - Acero: | Máximo: 5.6 t/cm²<br>Calculado: 3.175 t/cm² | Cumple |
| - Hormigón: | Máximo: 0.122 t/cm²<br>Calculado: 0.119 t/cm² | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 5.97 t; Momento: 2.12 t·m; Cortante: 3.19 t | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 5.97 t; Momento: 2.12 t·m; Cortante: 3.19 t | | |
| - Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 20.00 cm) | | |

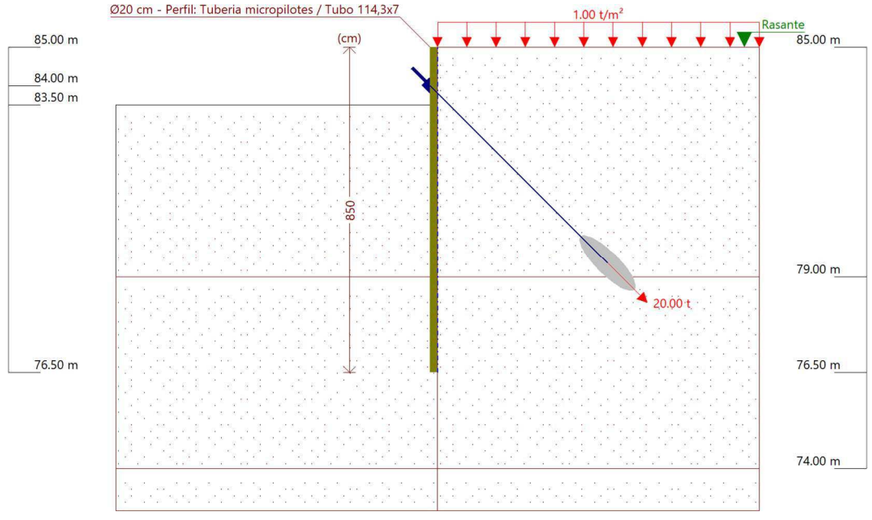
## 8. ESQUEMA DE LAS FASES



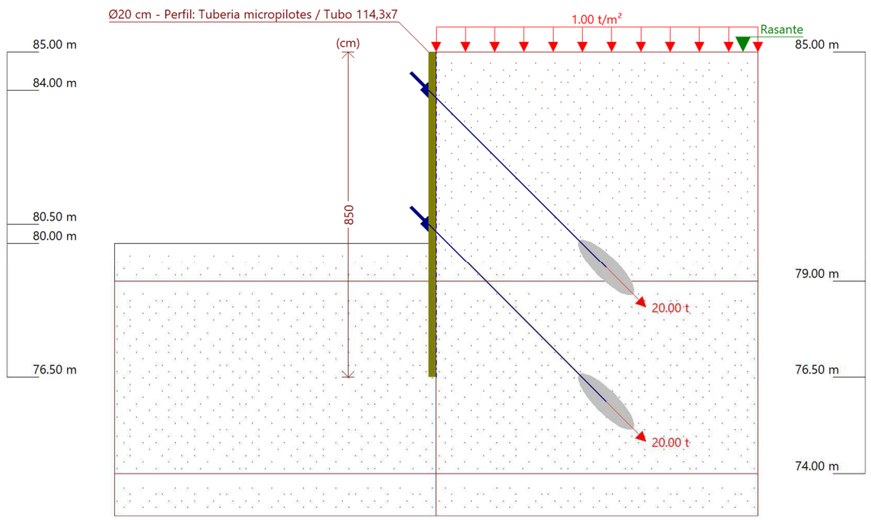




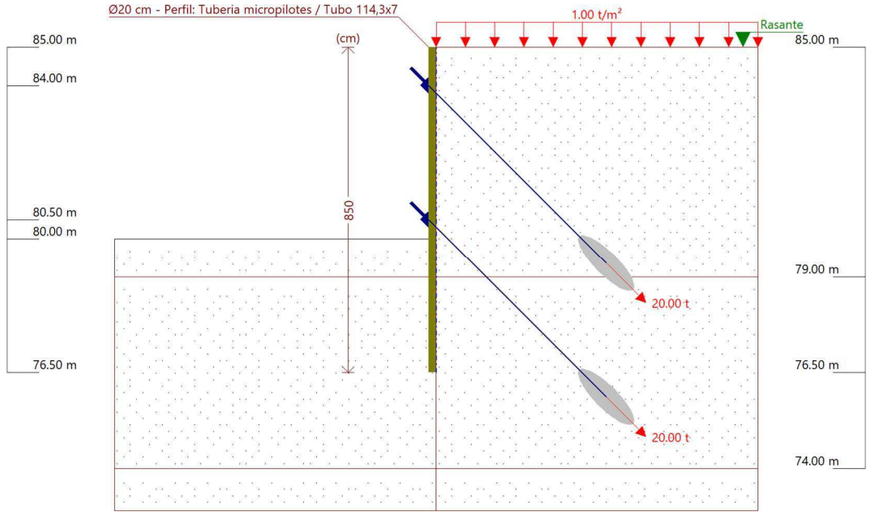

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 1 | Excavación inicial | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 83.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 2 | Anclajes 1 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 83.50 m |



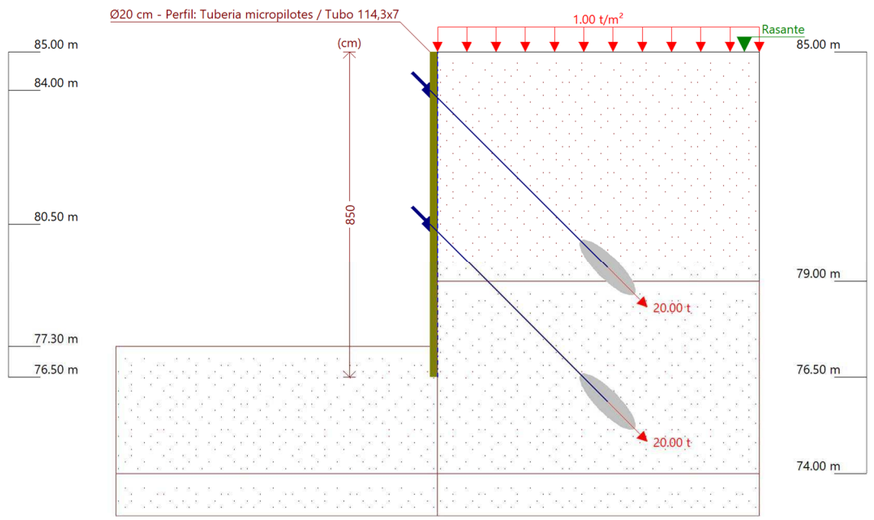

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 3 | Excavación 2 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 80.00 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 4 | Anclajes 2 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 80.00 m |








| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 5 | Excavación final | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 77.30 m |

# 9. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 1 t/m² | Excavación inicial | Excavación final |

# 10. ELEMENTOS DE APOYO

*ANCLAJES ACTIVOS*

| Descripción | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|
| Cota: 84.00 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 2.00 m | Anclajes 1 | Excavación final |
| Cota: 80.50 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 1.00 m | Excavación 2 | Excavación final |

# 11. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

## *FASE 1: EXCAVACIÓN INICIAL*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -8.08 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.29 | 0.00 |
| 84.25 | -5.25 | 0.14 | 0.30 | 0.12 | 0.76 | 0.00 |
| 83.50 | -2.56 | 0.27 | 0.99 | 0.67 | 1.22 | 0.00 |
| 82.75 | -0.58 | 0.41 | 0.68 | 1.46 | -3.65 | 0.00 |
| 82.00 | 0.01 | 0.55 | -1.95 | 0.53 | 2.40 | 0.00 |
| 81.25 | -0.01 | 0.68 | -0.21 | -0.03 | 0.79 | 0.00 |
| 80.50 | -0.02 | 0.82 | 0.04 | -0.01 | -0.09 | 0.00 |
| 79.75 | -0.02 | 0.96 | -0.02 | -0.01 | -0.00 | 0.00 |
| 79.00 | -0.01 | 1.09 | 0.16 | 0.03 | -0.84 | 0.00 |
| 78.25 | -0.01 | 1.23 | -0.02 | 0.00 | 0.05 | 0.00 |
| 77.50 | -0.01 | 1.37 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 |
| 76.75 | -0.01 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.01<br>Cota: 81.75 m | 1.55<br>Cota: 76.50 m | 1.29<br>Cota: 83.25 m | 1.46<br>Cota: 82.75 m | 2.79<br>Cota: 81.75 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -8.08<br>Cota: 85.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m | -1.95<br>Cota: 82.00 m | -0.03<br>Cota: 81.00 m | -5.28<br>Cota: 82.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 2: ANCLAJES 1*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -8.14 | -0.00 | 0.04 | -0.00 | 0.29 | 0.00 |
| 84.25 | -5.11 | 0.14 | 1.06 | 0.31 | 6.94 | 0.00 |
| 83.50 | -2.49 | 7.34 | -0.02 | 0.56 | 4.25 | 0.00 |
| 82.75 | -0.59 | 7.48 | 0.86 | 1.37 | -3.65 | 0.00 |
| 82.00 | 0.00 | 7.62 | -1.88 | 0.54 | 2.08 | 0.00 |
| 81.25 | -0.01 | 7.75 | -0.23 | -0.02 | 0.83 | 0.00 |
| 80.50 | -0.02 | 7.89 | 0.04 | -0.01 | -0.08 | 0.00 |
| 79.75 | -0.02 | 8.03 | -0.02 | -0.01 | -0.00 | 0.00 |
| 79.00 | -0.01 | 8.17 | 0.16 | 0.03 | -0.84 | 0.00 |
| 78.25 | -0.01 | 8.30 | -0.02 | 0.00 | 0.05 | 0.00 |
| 77.50 | -0.01 | 8.44 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 |
| 76.75 | -0.01 | 8.58 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.01<br>Cota: 81.75 m | 8.62<br>Cota: 76.50 m | 2.79<br>Cota: 84.00 m | 1.37<br>Cota: 82.75 m | 9.90<br>Cota: 84.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -8.14<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -1.88<br>Cota: 82.00 m | -0.03<br>Cota: 81.00 m | -5.28<br>Cota: 82.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 3: EXCAVACIÓN 2*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -8.00 | -0.00 | 0.42 | 0.00 | 3.39 | 0.00 |





| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 84.25 | -5.16 | 0.14 | 3.01 | 1.26 | 4.70 | 0.00 |
| 83.50 | -3.62 | 7.41 | -2.46 | 1.01 | 1.22 | 0.00 |
| 82.75 | -3.20 | 7.55 | -1.42 | -0.34 | 1.69 | 0.00 |
| 82.00 | -2.47 | 7.68 | -0.04 | -0.74 | 2.15 | 0.00 |
| 81.25 | -1.05 | 7.82 | 1.69 | 0.08 | 2.62 | 0.00 |
| 80.50 | 0.24 | 7.96 | 3.77 | 2.36 | 15.42 | 0.00 |
| 79.75 | -0.01 | 22.23 | -1.03 | -0.32 | 4.69 | 0.00 |
| 79.00 | -0.02 | 22.37 | 0.83 | 0.05 | -3.38 | 0.00 |
| 78.25 | -0.02 | 22.51 | -0.05 | 0.00 | 0.15 | 0.00 |
| 77.50 | -0.02 | 22.64 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 |
| 76.75 | -0.02 | 22.78 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.24<br>Cota: 80.50 m | 22.83<br>Cota: 76.50 m | 4.18<br>Cota: 84.00 m | 2.36<br>Cota: 80.50 m | 15.42<br>Cota: 80.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -8.00<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -6.52<br>Cota: 80.25 m | -0.74<br>Cota: 82.00 m | -3.38<br>Cota: 79.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 4: ANCLAJES 2*

### *BÁSICA*

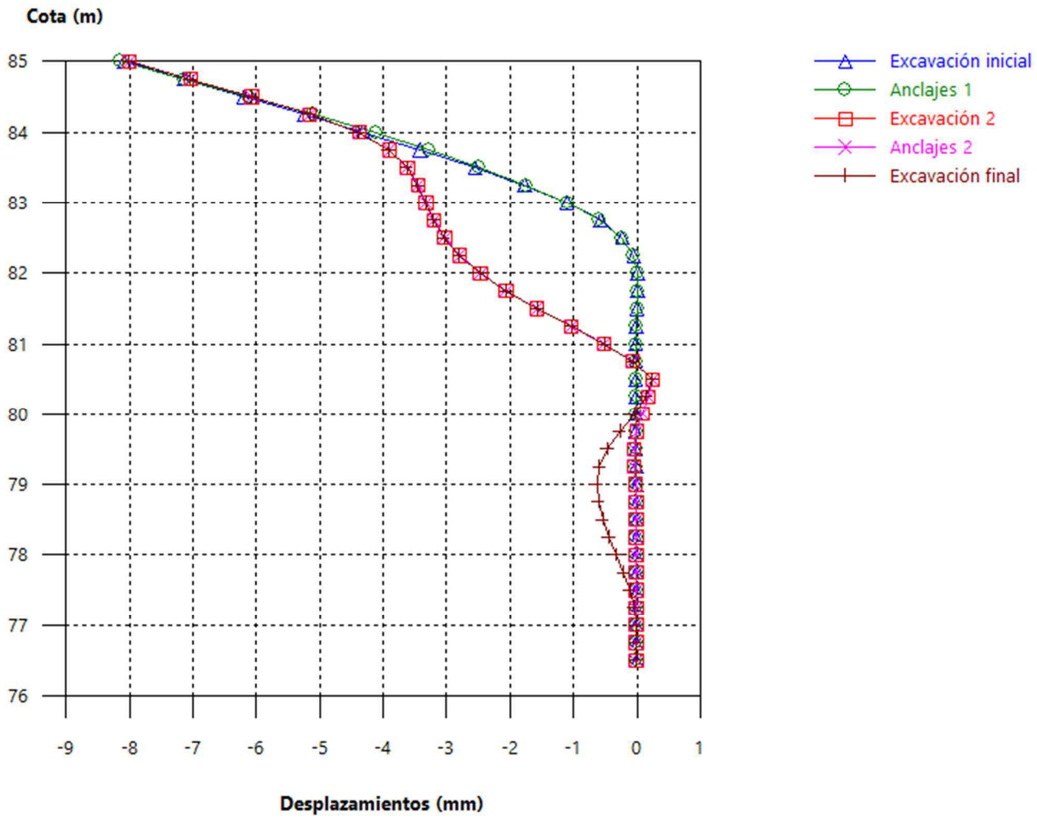
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -8.00 | -0.00 | 0.42 | -0.00 | 3.39 | 0.00 |
| 84.25 | -5.16 | 0.14 | 3.01 | 1.26 | 4.70 | 0.00 |
| 83.50 | -3.62 | 7.41 | -2.46 | 1.01 | 1.22 | 0.00 |
| 82.75 | -3.20 | 7.55 | -1.42 | -0.34 | 1.69 | 0.00 |
| 82.00 | -2.47 | 7.68 | -0.04 | -0.74 | 2.15 | 0.00 |
| 81.25 | -1.05 | 7.82 | 1.69 | 0.08 | 2.62 | 0.00 |
| 80.50 | 0.24 | 7.96 | 3.77 | 2.36 | 15.42 | 0.00 |
| 79.75 | -0.01 | 22.23 | -1.03 | -0.32 | 4.69 | 0.00 |
| 79.00 | -0.02 | 22.37 | 0.83 | 0.05 | -3.38 | 0.00 |
| 78.25 | -0.02 | 22.51 | -0.05 | 0.00 | 0.15 | 0.00 |
| 77.50 | -0.02 | 22.64 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 |
| 76.75 | -0.02 | 22.78 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.24<br>Cota: 80.50 m | 22.83<br>Cota: 76.50 m | 4.18<br>Cota: 84.00 m | 2.36<br>Cota: 80.50 m | 15.42<br>Cota: 80.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -8.00<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -6.52<br>Cota: 80.25 m | -0.74<br>Cota: 82.00 m | -3.38<br>Cota: 79.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 5: EXCAVACIÓN FINAL*

### *BÁSICA*

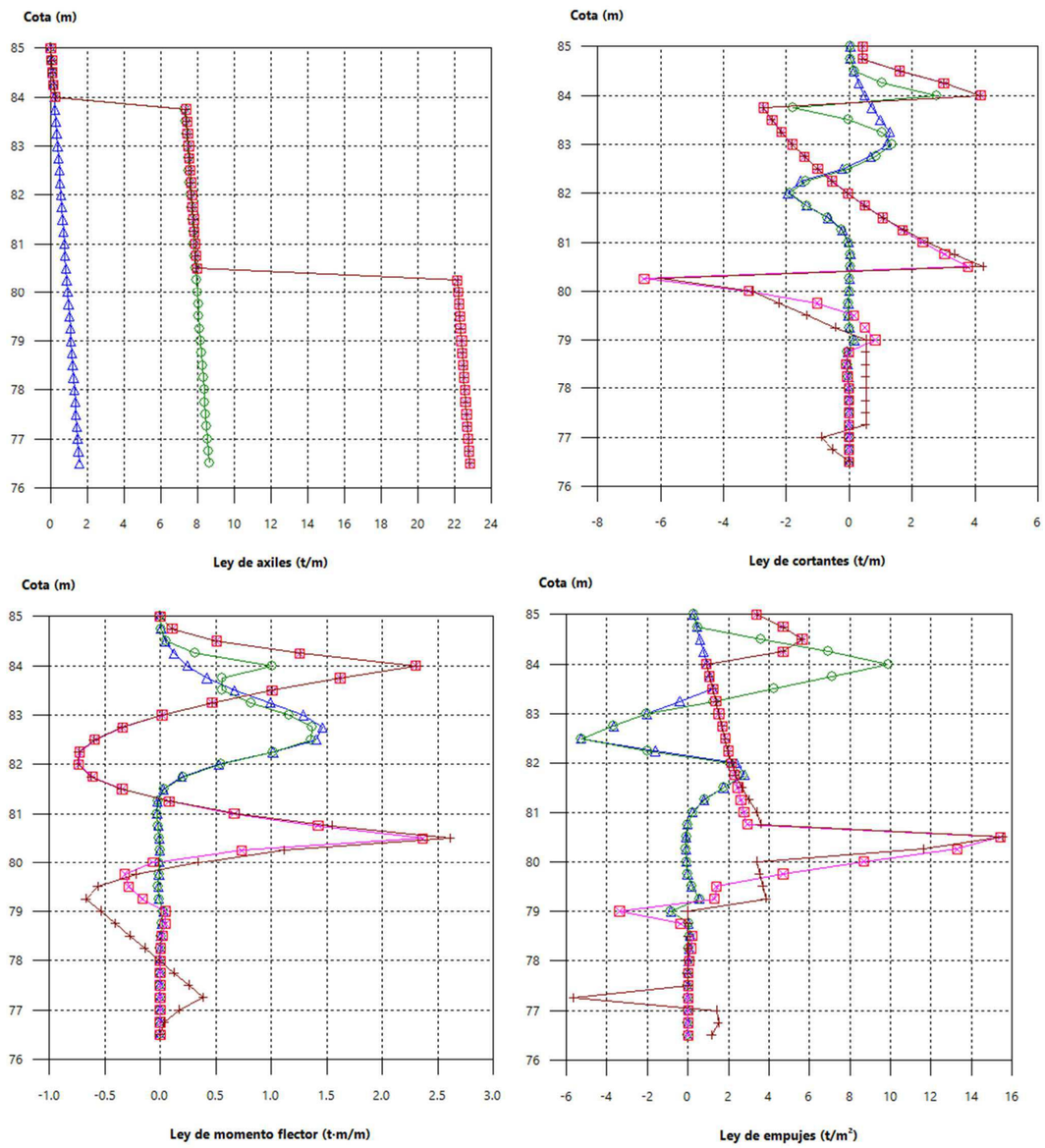
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -8.00 | -0.00 | 0.42 | 0.00 | 3.39 | 0.00 |
| 84.25 | -5.16 | 0.14 | 3.01 | 1.26 | 4.68 | 0.00 |
| 83.50 | -3.63 | 7.41 | -2.46 | 1.01 | 1.22 | 0.00 |
| 82.75 | -3.20 | 7.55 | -1.43 | -0.34 | 1.69 | 0.00 |
| 82.00 | -2.47 | 7.68 | -0.05 | -0.74 | 2.15 | 0.00 |
| 81.25 | -1.04 | 7.82 | 1.74 | 0.09 | 3.03 | 0.00 |
| 80.50 | 0.24 | 7.95 | 4.25 | 2.61 | 15.55 | 0.00 |
| 79.75 | -0.27 | 22.23 | -2.25 | -0.22 | 3.54 | 0.00 |

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 79.00 | -0.63 | 22.37 | 0.53 | -0.54 | 0.00 | 0.00 |
| 78.25 | -0.44 | 22.51 | 0.53 | -0.14 | 0.00 | 0.00 |
| 77.50 | -0.11 | 22.64 | 0.53 | 0.26 | 0.00 | 0.00 |
| 76.75 | -0.02 | 22.78 | -0.53 | 0.04 | 1.52 | 0.00 |
| Máximos | 0.24<br>Cota: 80.50 m | 22.83<br>Cota: 76.50 m | 4.25<br>Cota: 80.50 m | 2.61<br>Cota: 80.50 m | 15.55<br>Cota: 80.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -8.00<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -6.00<br>Cota: 80.25 m | -0.74<br>Cota: 82.00 m | -5.64<br>Cota: 77.25 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |







# 12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

## Anclajes activos

| Cota: 84.00 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Anclajes 1 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.07 t/m |
| Excavación 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.18 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.09 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.27 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.14 t/m |
| Anclajes 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.18 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.09 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.27 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.14 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.18 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.09 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.27 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.14 t/m |
| Cota: 80.50 m | |
| Fase | Resultado |
| Excavación 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 20.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 14.14 t/m |
| Anclajes 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 20.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 14.14 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 20.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 14.14 t/m |





**P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA**
**PASARELA 2+800 PANTALLA PROVISIONAL**
**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Provisional |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,10 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,25 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm²) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm²) | 3,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,45 |

**Comprobación de Anclajes**

$$P_{adm} \leq \begin{cases} \frac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \frac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$$

$$P_{Nd} = P_N \times F_1$$

$$P_{Nd} \leq P_{adm}$$

**Longitud del Bulbo**

$$a_{adm} = \frac{a_{\lim}}{F_3}$$

$$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$$

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ ($cm^2$) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (°) | $\phi_{N\ bulbo}$ (mm) | Longitud mín (m) | | | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{N\,d}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | $L_{libre}$ | $L_{bulbo}$ mín | $L_{total\,mín}$ | | | | | |
| 1 | -1,00 | 25 | 4,91 | 41,2 | 2,0 | 45 | 85 | 8 | 5,5 | 13,5 | 1289 | 20,0 | 20,2 | 30,3 | Correcto |
| 2 | -4,50 | 25 | 4,91 | 41,2 | 2,0 | 45 | 85 | 2 | 5,4 | 7,4 | 5154 | 20,0 | 20,0 | 30,0 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{N\,d}$: Carga nominal mayorada.

# 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): pas2800 (Pasarela 2+800. Pantalla provisional) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:<br>- Hipótesis básica:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67 | |
| - Excavación inicial: | Calculado: 8.898 | Cumple |
| - Anclajes 1: | Calculado: 41.124 | Cumple |
| - Excavación 2: | | No procede(1) |
| - Anclajes 2: | | No procede(1) |
| - Excavación final:<br>(1) *Existe más de un apoyo.* | | No procede(1) |
| Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:<br>*Valor introducido por el usuario.*<br>Hipótesis básica: | Mínimo: 1.67 | |
| - Excavación inicial: | Calculado: 6.937 | Cumple |

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): pas2800 (Pasarela 2+800. Pantalla provisional) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Anclajes 1: | Calculado: 6.96 | Cumple |
| - Excavación 2: | Calculado: 8.126 | Cumple |
| - Anclajes 2: | Calculado: 8.126 | Cumple |
| - Excavación final: | Calculado: 7.84 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

**Empotramiento de micropilotes en roca**

**Cálculo de empotramiento de micropilotes**

$$N_d \leq \frac{1}{F} \cdot \left[ \sum_i (2 \cdot \pi \cdot R_m) \cdot L_i \cdot \tau_i + \sigma_R \cdot \pi \cdot R_t^{\,2} \right]$$

| Características de los micropilotes | |
|---|---|
| Diámetro exterior $\phi_{ext}$ (cm) | |
| Micropilote | 20,00 |
| Armadura de tubo | 11,43 |
| Perímetro micro ($2\pi R_m$) | 62,8 |
| Área total tubo ($\pi R_t^2$) | 102,6 |
| Carga en micro $N_s$ (Mp/m) - CYPE | 22,8 |
| N° de micros pml | 2,0 |
| Carga en micro $N_d$ (Mp) | 18,3 |
| Parámetros resistentes estimados del terreno (Kp/cm²) | |
| Punta en roca $\sigma_R$ | 14,0 |
| Deslizamiento en roca $\tau_R$ | 3,0 |
| Deslizamiento en suelos $\tau_s$ | 0,0 |
| Empotramiento en el terreno L (m) | |
| En suelos | 0,0 |
| En roca | 3,0 |
| Contribución a la resistencia (Mp) | |
| Por punta en roca | 0,5 |
| Por fuste en roca | 18,8 |
| TOTAL | 19,33 Cumple |

Leyenda:
F: Coeficiente de seguridad (F=3)





# 14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

Carga repartida **q=** 10 t/m
Separación entre anclajes **L=** 2 m

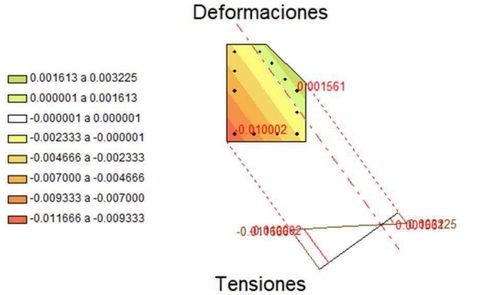
Esfuerzos **M = qL²/10 =** 4 mt **Md =** 6 mt
**V = 1,15qL/2 =** 11,5 t **Vd =** 17,25 t

Inclinación del anclaje:

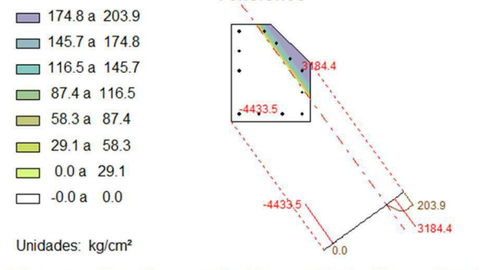
**α (°)=** 45
Esfuerzos verticales **Md =** **4,24 mt** **Vd =** **12,20 t**
Esfuerzos horizontales **Md =** **4,24 mt** **Vd =** **12,20 t**

| | Esfuerzos totales de cálculo | | | Esfuerzos de rotura | | | F.S. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_d$ (t) | $M_{xd}$ (mt) | $M_{yd}$ (mt) | $N_u$ (t) | $M_{xu}$ (mt) | $M_{yu}$ (mt) | |
| Hipótesis 1 | 0.0 | 4.2 | 4.2 | 0.0 | 10.3 | 10.3 | 1000.00 |
| Hipótesis 2 | 0.0 | -4.2 | -4.2 | 0.0 | -12.9 | -12.9 | 1000.00 |

Hipótesis 1 (día 28)
Deformaciones




Tensiones

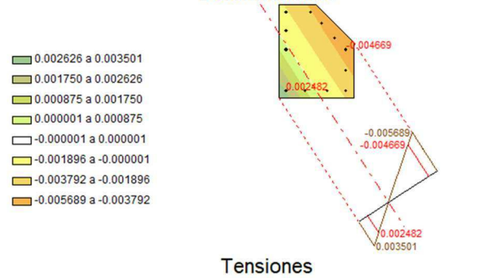



Unidades: kg/cm²

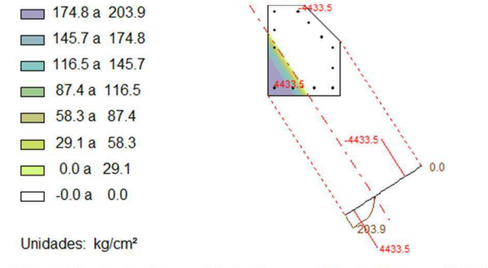
Esfuerzos de rotura : Nu = 0.0 t, Mxu = 10.3 mt, Myu = 10.3 mt

Factor de seguridad : FS = 1000.000

Hipótesis 2 (día 28)
Deformaciones




Tensiones




Unidades: kg/cm²

Esfuerzos de rotura : Nu = 0.0 t, Mxu = -12.9 mt, Myu = -12.9 mt

Factor de seguridad : FS = 1000.000

# Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
# Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 12**

**Datos**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 N/mm² | $\gamma_c$ = 1,5 | $f_{cd}$ = | 20 N/mm² | |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 N/mm² | |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 m | Recubrimiento | 0,040 m | | |
| | Canto | 0,450 m | Canto útil d | 0,410 m | | |

| | | |
|---|---|---|
| *Armadura de tracción* $A_{sl}$ | 8,04 | cm² |
| *Axil de compresión* $N_{Ed}$ | 0,00 | t |

**Resistencia a cortante sin armadura de cortante**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$k$ = 1,70 $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l$ = 0,0065 $\quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp}$ = 0 N/mm² $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c}$ = 0,12 $\quad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min}$ = 0,424 N/mm² $\quad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c}$ = 67.597 N $\quad$ **6,76 t**





**Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)**

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$z$= 0,37 m $\quad \vartheta$= 45 ° $\quad \alpha_{cw}$ = 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $\quad \nu_1$ = 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,15 m | 15,07 cm²/m | 24,18 | **24,18** |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |

**Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE**

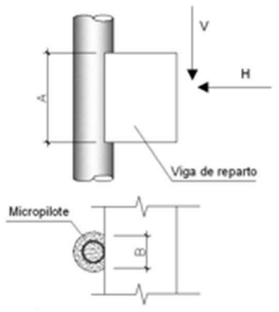
$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = cf_{ctd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha) \leq 0{,}5\nu f_{cd}$$

$$\rho = A_s/A_i \qquad \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

| Materiales | | |
|---|---|---|
| **Hormigón** | | **HA-30** |
| $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk;0,05}$ = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ct,d}$ = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | ***** |
| $f_{yk}$ = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | |
| $\alpha$ = | 90 | ° |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 26,6 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 45 | ° |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 18,81 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 18,81 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | |
|---|---|---|
| $v_{Edi}$ = | 0,56 | N/mm² |
| $\nu$ = | 0,528 | |
| $0{,}5\ \nu f_{cd}$ = | 5,28 | N/mm² |
| $cf_{ctd}$ = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ = | 0,38 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ = | **0,23** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | |
| Horquilla $\phi$ | 12 | |
| en | 2 | micros |
| $A_s$ = | 4,52 | cm² |
| $\rho$ = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha)$ = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ = | **0,73** | N/mm² |
| **Cumple** | | |

APÉNDICE N°8.3

# Nota de Cálculo Pasarela 3+450

# PROYECTO:

# PASARELAS CICLOPEATONALES 24/34 x 6,5 m en Bicipista del Ibaizabal, Tramo AMOREBIETA-IURRETA





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 con ligera contraflecha, 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.



# 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 UNIDADES DE PUENTES PREFABRICADOS DE MADERA**, que, en este caso particular, serán de 24,57 y 34,57 m de largo respectivamente con un ancho útil de 6,7 metros a situar en la bicipista de Ibaizabal (Tramo Erletxe – Boroa), 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 extraído 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 re direccionar 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 de 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 consumo 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 reciclable, 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.

## 3. Descripción de las estructuras propuestas

Los puentes se realizan 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 unas longitudes de 24,57 y 34,57 m respectivamente con un ancho útil de 6,7 metros**

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 deslaminados, 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).



*Ilustración 1 . Vista completa*

Todas las vigas, tanto las principales como las secundarias serán 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).

Los puentes presentan una tipología de tipo tied-bow. El tablero se forma mediante dos vigas de madera laminada suspendidas de los arcos mediante diagonales de acero.

El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero y entre ellas se dispondrán cruces de San Andrés de acero como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior mediante riostras de acero.

El tercer orden estructural del tablero lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras, y se dispone sobre éstas el tablón de piso en madera.

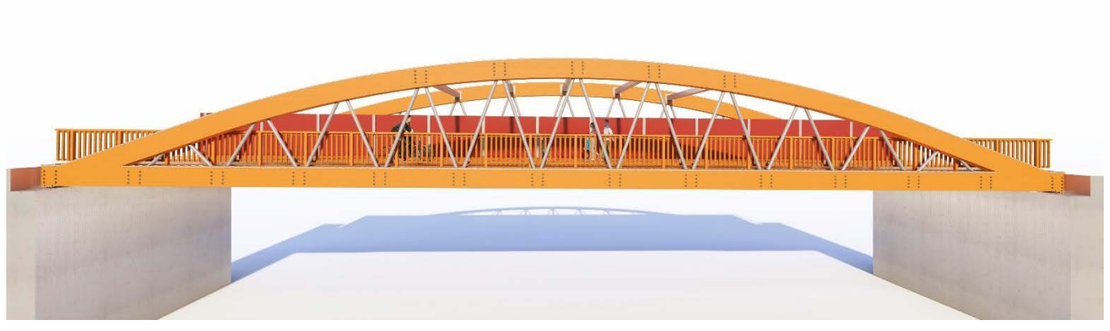


*Ilustración 2. Vista Lateral*

La barandilla, también de madera está formada por montantes rectos, entre los que se disponen barrotillos.



*Ilustración 3. Sección transversal*

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”.



*Ilustración 4. Vista inferior*

Los elementos de primer orden como el arco y el tirante deberán estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor.

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.

## 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 DB-SE-AE

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 ENV-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 ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera Documento Básico

- UNE ENV-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 Ultimo* 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 inadmisible 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. Estos valores se definen en el Documento Básico DB-SE-AE Acciones en la Edificación

#### 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 pocas cargas pero de mucha duración de lugar a situaciones más desfavorables que la actuación de más acciones con una duración menor.

#### 3.3.3. Valores de túnel de viento

Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores a los siguientes: Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706 y determinación de las frecuencias de vibración.

#### 3.3.4. 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.

##### 3.3.4.1. 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 $\pm$ 2º 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 + 2º C y una humedad relativa del aire que solo exceda 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 + 2º C y una humedad relativa del aire que sólo exceda 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

##### 3.3.4.2. 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 |
| Corta duración | Menos de una semana | Nieve, viento |
| Instantánea | | Sismo |

*Tabla 1. Duración de las cargas*

3.3.4.3. 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 solicitaciones 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.

3.3.4.4. 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 arriostrarlas 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 1194

| | |
|---|---|
| Módulo elástico medio (E 0 m): | *13,6 kN/mm2* |
| Resistencia característica a flexión (fmk): | *30 N/mm2* |
| Resistencia característica a tracción \|\| (ft 0 k): | *24,0 N/mm2* |
| Resistencia característica a tracción ⊥ (ft 90 k): | *0,5 N/mm2* |
| Resistencia característica a compresión\|\| (fc 0 k): | *30 N/mm2* |
| Resistencia característica a compresión ⊥ (fc 90 k): | *2,5 N/mm2* |
| Resistencia característica a cortadura (fvk): | *3,5 N/mm2* |

*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 ($E_{0m}$): | *11 kN/mm²* |
| Resistencia característica a flexión ($f_{mk}$): | *24 N/mm²* |
| Resistencia característica a tracción \|\| ($f_{t0k}$): | *14 N/mm²* |
| Resistencia característica a tracción ⊥ ($f_{t90k}$): | *0,5 N/mm²* |
| Resistencia característica a compresión\|\| ($f_{c0k}$): | *21 N/mm²* |
| Resistencia característica a compresión ⊥ ($f_{c90k}$): | *2,5 N/mm²* |
| Resistencia característica a cortadura ($f_{vk}$): | *2,5 N/mm²* |

*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 ºC |
|---|---|---|---|---|---|
| | Tensión de límite elástico $f_y$ (N/mm$^2$) | | | Tensión de Rotura $F_u$ (N/mm$^2$) | |
| | t ≤ 16 | 16 < t ≤ 40 | 40 < t ≤ 63 | 3 ≤ t ≤ 100 | |
| S235JR<br>S235J0<br>S235J2 | 235 | 225 | 215 | 360 | 20<br>0<br>-20 |
| S275JR<br>S275J0<br>S275J2 | 275 | 265 | 255 | 410 | 20<br>0<br>-20 |
| S355JR<br>S355J0<br>S355J2<br>S355K2 | 355 | 345 | 335 | 470 | 20<br>0<br>-20<br>-20 (1) |
| S450J0 | 450 | 430 | 410 | 550 | 0 |

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

*Ilustración 5. 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 ºC | | | -10 ºC | | | -20 ºC | | |
| | 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 6. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición*

| Grado | Temperatura de ensayo (ºC) | 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 7. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero.*

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.

## 4. Modelización de la estructura

Los puentes puente responden a un modelo estructural de tied-bow. El análisis de la estructura se realiza a través del siguiente modelo utilizando el software de cálculo RFEM de la compañía Dlubal Software Gmbh.

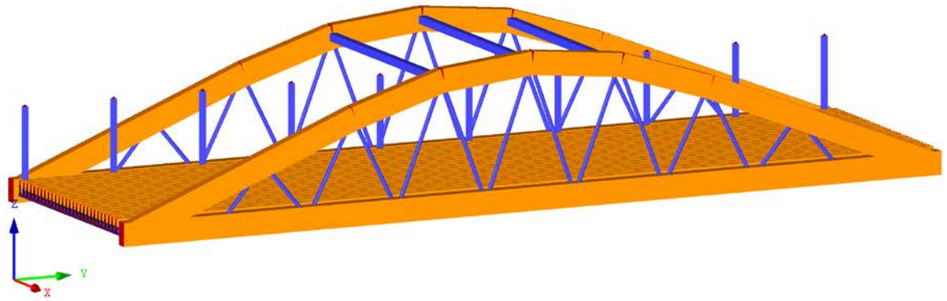



*Ilustración 8.1. Modelización puente 24,57 x 6,7 m*

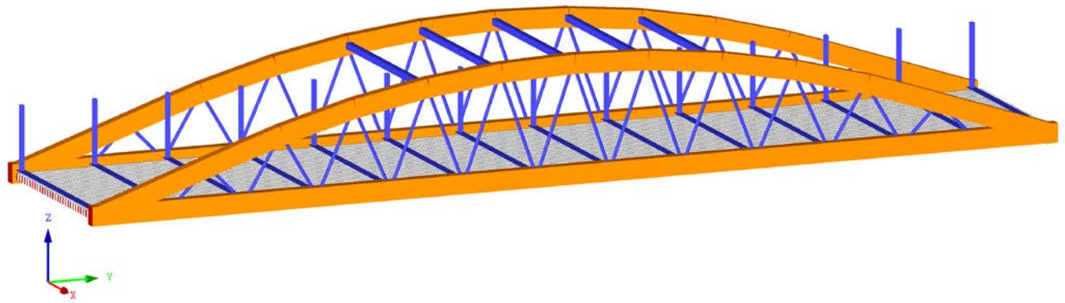


*Ilustración 8.2. Modelización puente 34,54 x 6,7 m*

## 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 kp/m$^3$.

CARGAS PERMANENTES

| | |
|---|---|
| Peso de piso | Tablero: 90 Kg/m$^2$ |
| Pesos propios | Se determinan en función de la densidad de la madera y el acero |

SOBRECARGAS

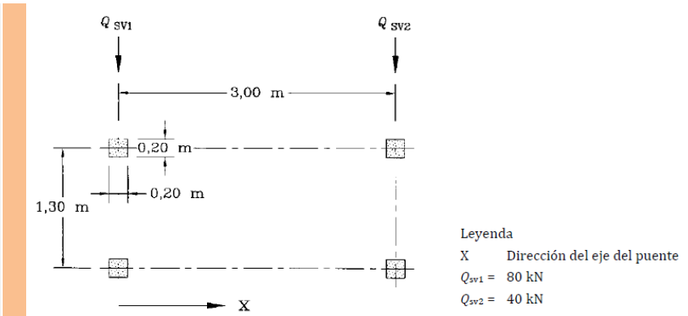
| | |
|---|---|
| Uso | Carga uniformemente distribuida de 500 kp/m$^2$. Puentes y pasarelas peatonales (Según IAP-11) |
| (SUv) Uso Vehículo | Paso ocasional de un vehículo de mantenimiento no concominante con la Sobrecarga de Uso Peatonal.<br><br>El esquema de cargas consiste en un grupo de cargas constituido por dos ejes de 80 kN y 40 kN. Separados 3 m, con un ancho de banda (de centro de rueda a centro de rueda) de 1,3 m y áreas de contacto de las ruedas cuadradas de 0,2 m de lado, al nivel del pavimento. La fuerza de frenado asociado con este modelo de carga será del 60% de la carga vertical. |
| |  |
| (N) Nieve | 200 msnm |
| (V) Viento | - Tipo II: Zona rural con vegetación baja<br>[Según IAP-11].<br>Coeficiente de exposición: 1,9<br>Zona C: Vref: 29 m/s<br>Se considera la especial influencia de la pantalla acústica que se ubicará a lo largo de uno de los laterales de los puentes. |

Tabla 4. Cargas consideras

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 |
| Combinación 4 (ELU) | 1,35 x CP + 1,35 x USO + 0,3 x 1,5 x V |
| Combinación 5 ($ELS_{CARACTERÍSTICA}$) | CP (1 + $\psi_2$ x $k_{def}$) + USO |
| Combinación 6 ($ELS_{CUASIPERMANENTE}$) | CP (1 + $\psi_2$ x $k_{def}$)<br>$k_{def}$ =2, $\psi_2$=1 |

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).

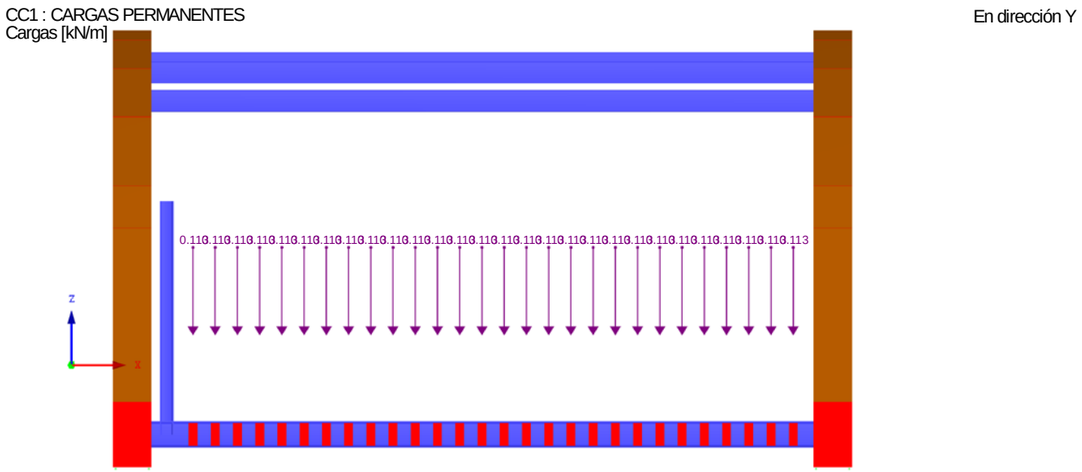
Tanto el Eurocódigo 1 como la norma IAP-11 estiman un método de cálculo básico con parámetros que a menudo requieren de simulaciones en túnel de viento y reconocen la necesidad de realizar pruebas para tener una evaluación más precisa sobre áreas no estandarizadas. En este caso, debido a la especial ubicación de las

pasarelas, el licitador deberá presentar certificados de ensayos empíricos, como la justificación por cálculo en Túnel de Viento, en el que se verifiquen valores de Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento sobre las tipologías estructurales con valores: Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706.

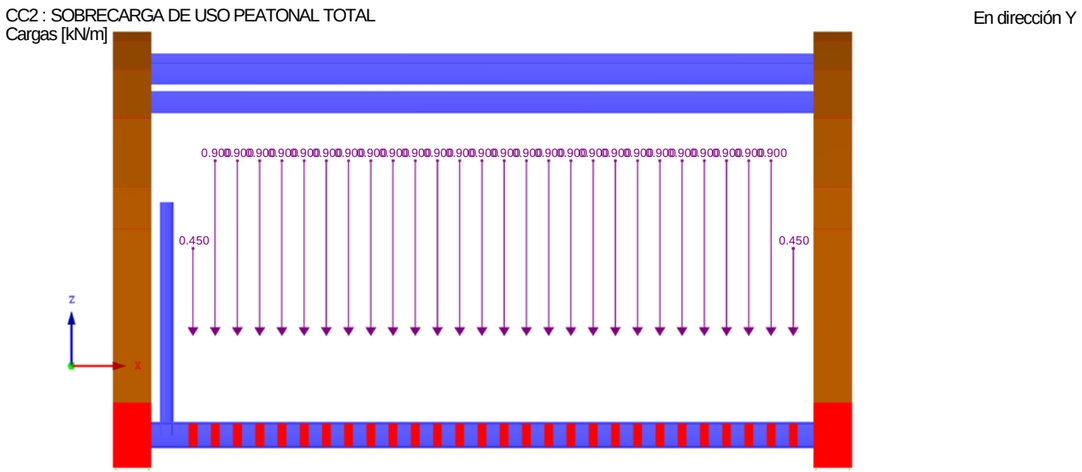
### 4.1.1. Hipótesis simples

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

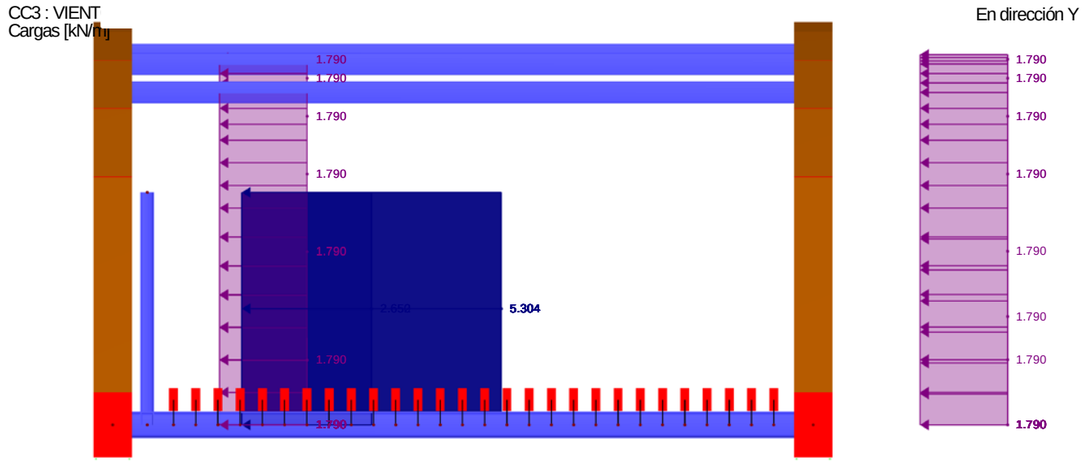
CARGAS PERMAMENTES (CM):




SOBRECARGA DE USO PEATONAL (SUp):




VIENTO TRANSVERSAL + VERTICAL (Vx + Vz):

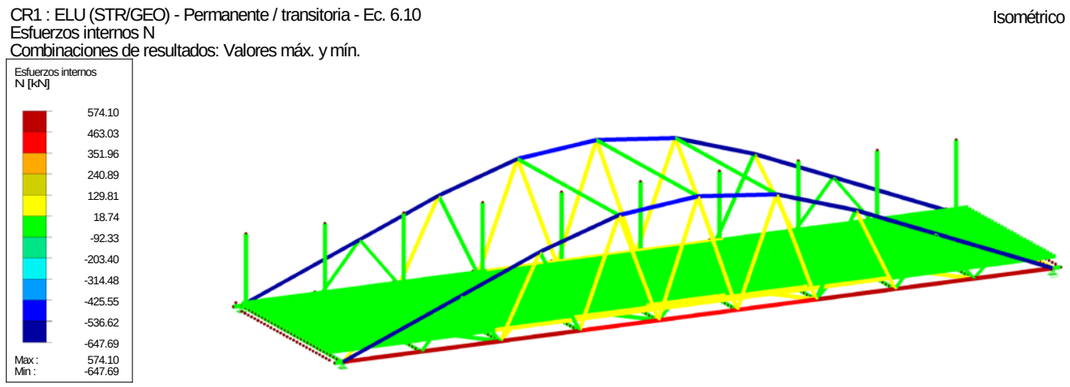



## 4.2. Esfuerzos y deformaciones

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.

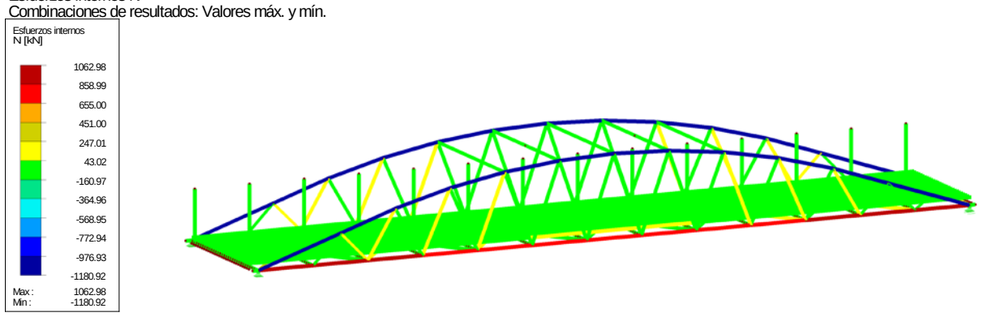
ELU: Esfuerzos axiles [kN]




Máx. N: 574.10, Mín. N: -647.69 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos N
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

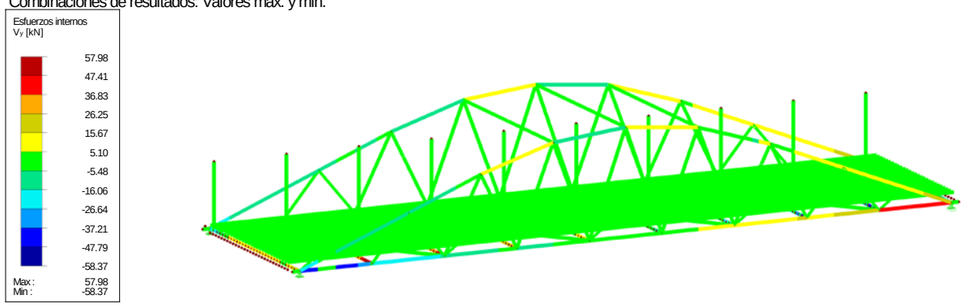



Máx. N: 1062.98, Mín. N: -1180.92 [kN]

## ELU: Esfuerzos cortantes Vy [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

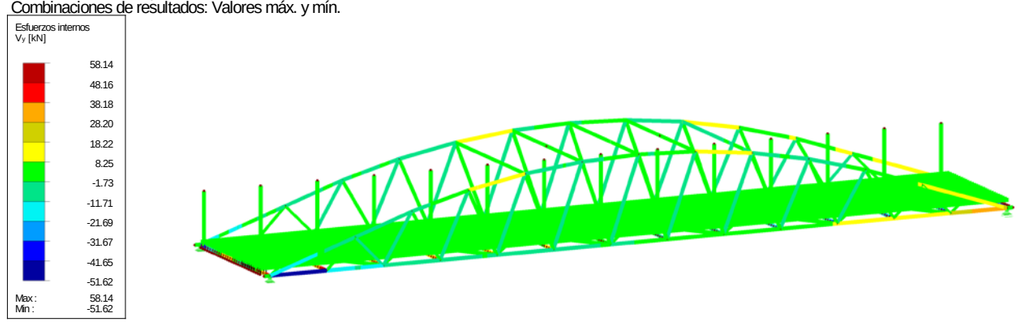
Isométrico




Máx. V-y: 57.98, Mín. V-y: -58.37 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

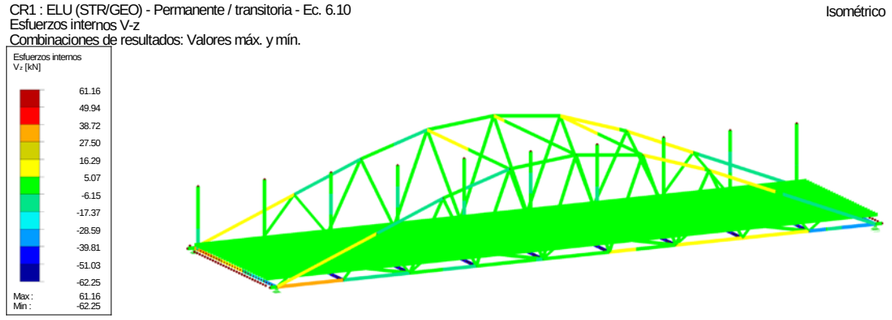



Máx. V-y: 58.14, Mín. V-y: -51.62 [kN]

## ELU: Esfuerzos cortantes Vz [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

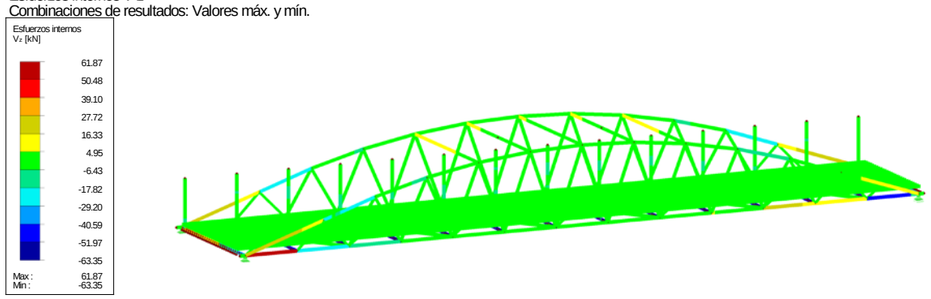
Isométrico




Máx. V-z: 61.16, Mín. V-z: -62.25 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

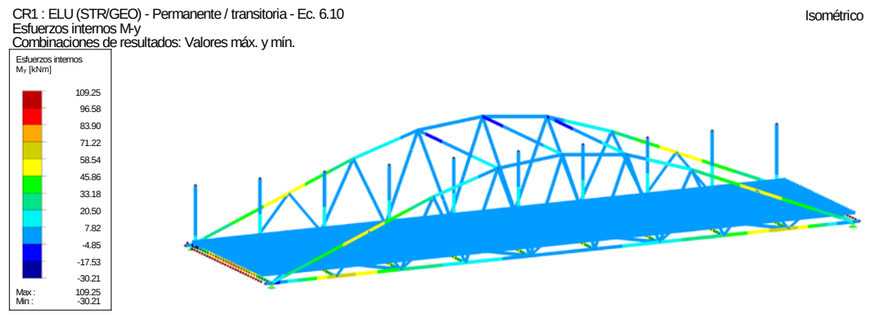



Máx. V-z: 61.87, Mín. V-z: -63.35 [kN]

## ELU: Esfuerzos flectores My [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

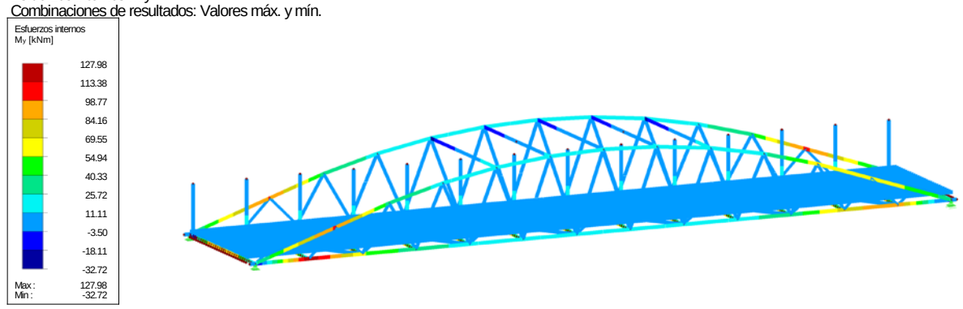
Isométrico




Máx. M-y: 109.25, Mín. M-y: -30.21 [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico

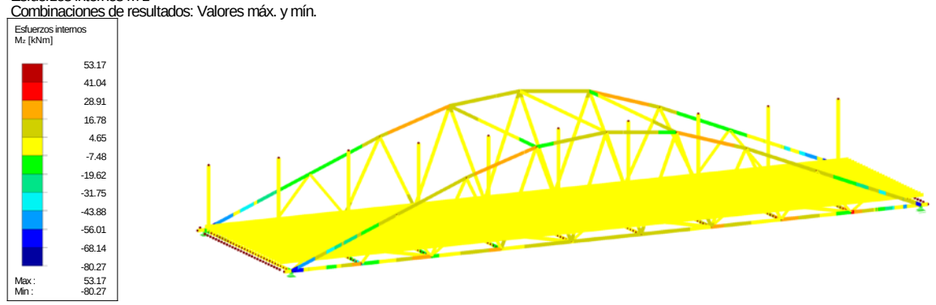



Máx. M-y: 127.98, Mín. M-y: -32.72 [kNm]

ELU: Esfuerzos flectores Mz [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

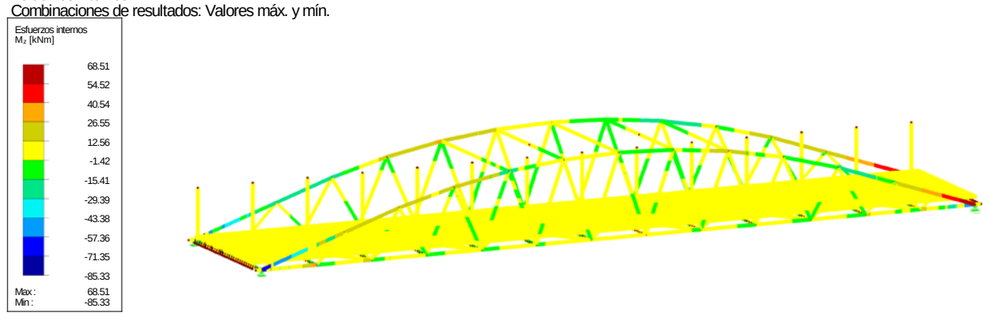
Isométrico




Máx. M-z: 53.17, Mín. M-z: -80.27 [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Isométrico




Máx. M-z: 68.51, Mín. M-z: -85.33 [kNm]

## 4.3. Dimensionamiento y comprobación de elementos

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

### 4.3.1. 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 solicitaciones 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 solicitaciones de cálculo) con las resistencias de cálculo (obtenidas por la aplicación sobre las resistencias características de los factores de modificación).

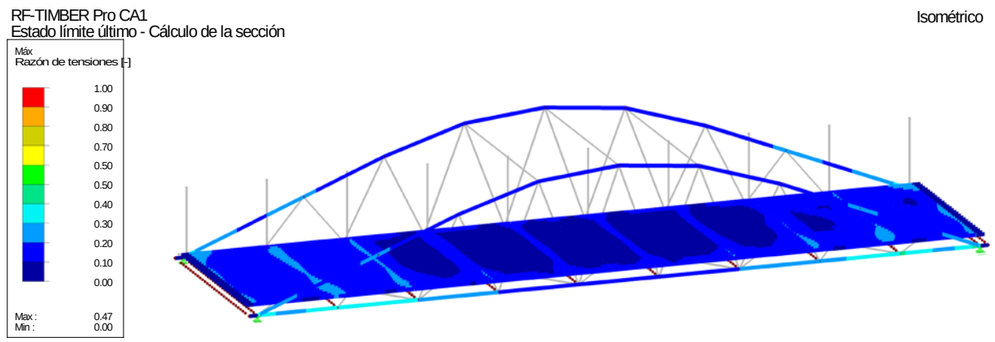
En la comprobación de las secciones comprimidas se aplican parámetros de minoración por pandeo basados en la determinación de la longitud eficaz de pandeo.

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.

- Elementos de madera

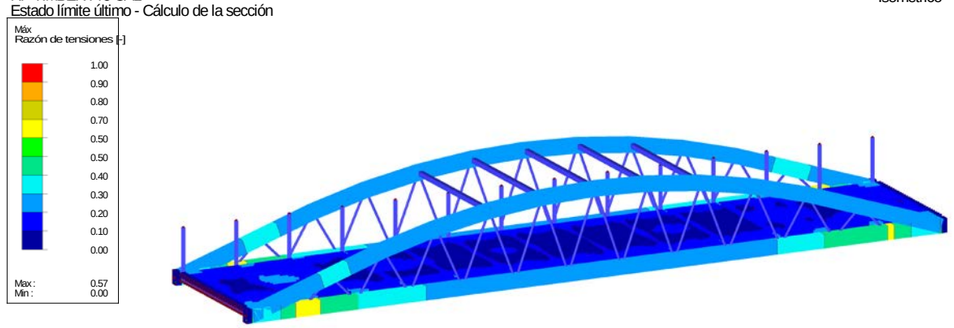
RF-TIMBER Pro CA1
Estado límite último - Cálculo de la sección

Isométrico




Máx. Razón de tensiones: 0.47

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

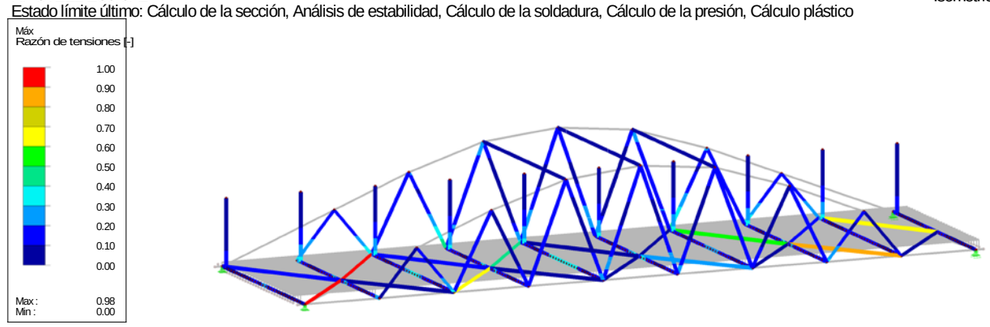



Isométrico

Máx. Razón de tensiones: 0.57

- Elementos de acero

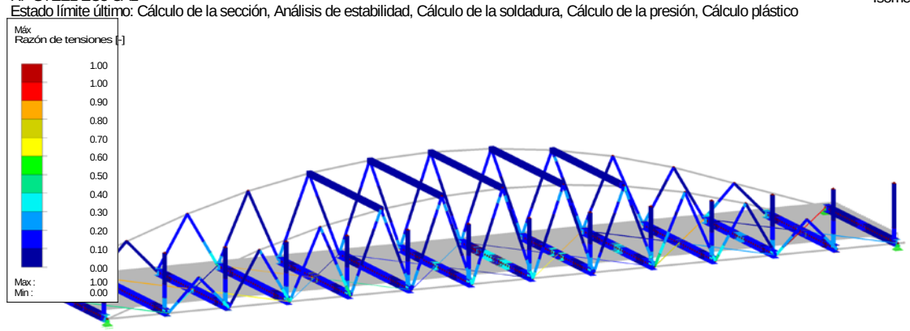
RF-STEEL EC3 CA1
Estado límite último: Cálculo de la sección, Análisis de estabilidad, Cálculo de la soldadura, Cálculo de la presión, Cálculo plástico




Isométrico

Máx. Razón de tensiones: 0.98

RF-STEEL EC3 CA1
Estado límite último: Cálculo de la sección, Análisis de estabilidad, Cálculo de la soldadura, Cálculo de la presión, Cálculo plástico




Isométrico

Máx. Razón de tensiones: 1.00

### 4.3.2. 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 $\ell/400$ |

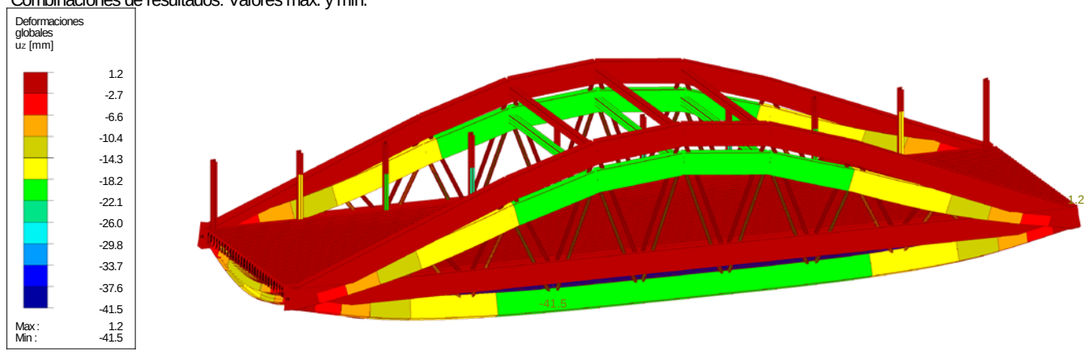
- Criterios para la limitación de la deformación:

*Criterio 1:*

El primer criterio limita las deformaciones que producen daños en elementos no estructurales, producidos por cargas variables:

- $f_{máx}$ = 41,5 mm < L/200 = 120 mm

CR2 : ELS - Característica
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

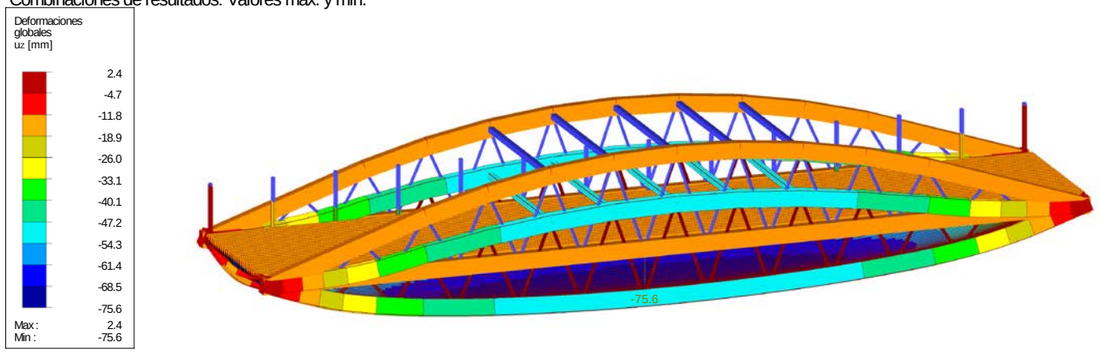



Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 46.00
Máx.u-Z: 1.2, Mín. u-Z: -41.5 mm

- $f_{máx}$ = 75,6 mm < L/200 = 170 mm

CR2 : ELS - Característica
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



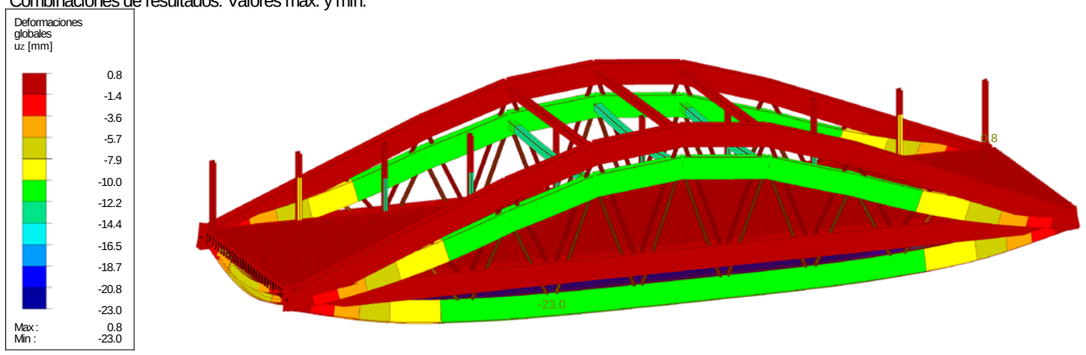

Coeficiente de deformaciones: 38.00
Máx.u-Z: 2.4, Mín. u-Z: -75.6 mm

*Criterio 2*

El segundo criterio limita la deformación debida a cualquier combinación de acciones de acciones casi permanente y se utiliza para cumplir requisitos de funcionalidad y aspecto visual. El factor de deformación incrementa la flecha instantánea considerando el fenómeno de fluencia, que depende de la clase de servicio y de la duración de la carga

- $f_{máx}$ = 23,0 mm < L/300 = 80 mm

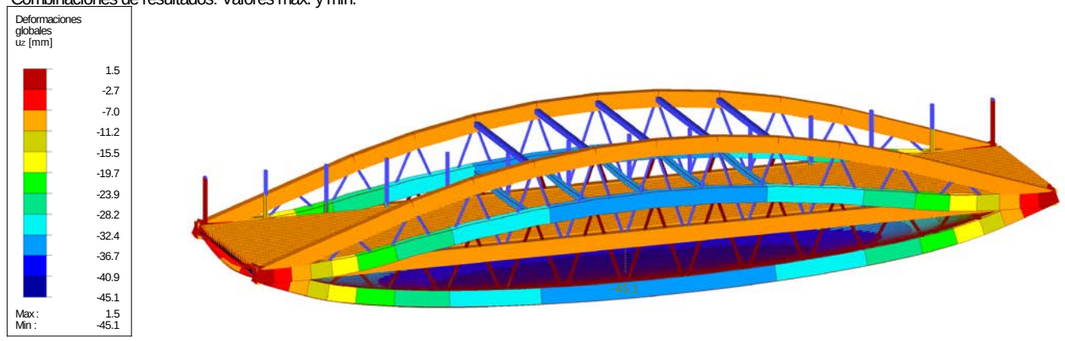
CR3 : ELS - Cuasipermanente
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.




Coeficiente de deformaciones: 83.00
Máx.u-Z: 0.8, Mín. u-Z: -23.0 mm

- $f_{máx}$ = 45,1 mm < L/300 = 113 mm

CR3 : ELS - Cuasipermanente
Deformaciones globales u-Z [mm]
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



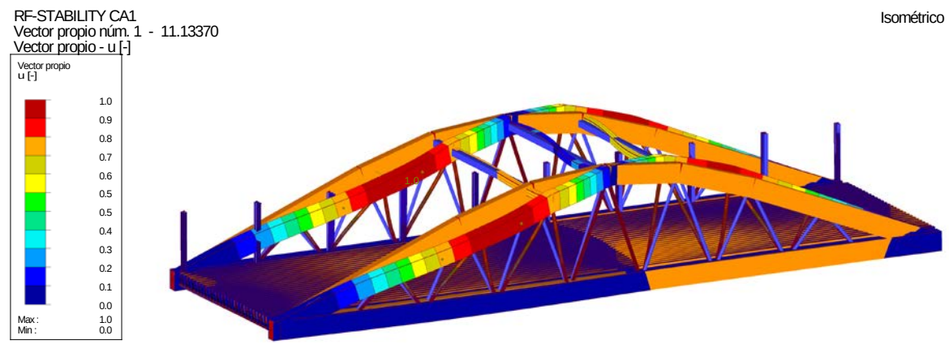

Coeficiente de deformaciones: 64.00
Máx.u-Z: 1.5, Mín. u-Z: -45.1 mm

## 4.4. 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 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.

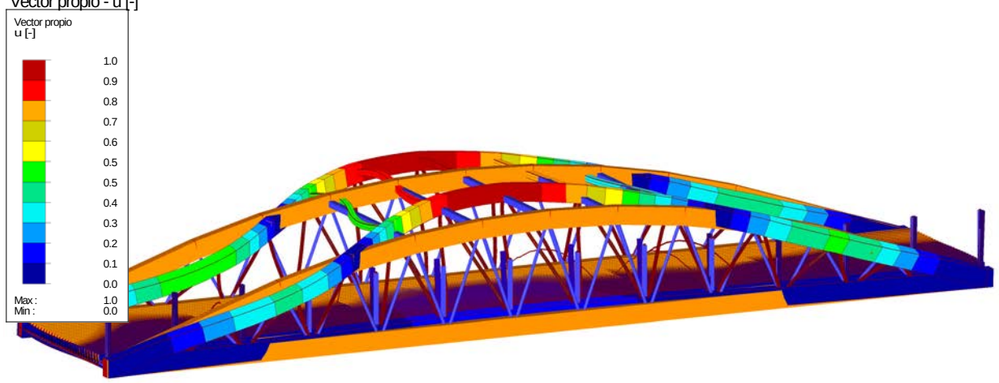
Para el cálculo de pandeo global se ha considerado la combinación de hipótesis más desfavorable.

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 11.13370
Vector propio - u [-]




Coeficiente de deformaciones: 1.30
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 6.48336
Vector propio - u [-]




Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 2.20
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -

## 4.5. Modelo vibratorio de la estructura

Se muestra a continuación los tres 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 nº5: 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 este 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.

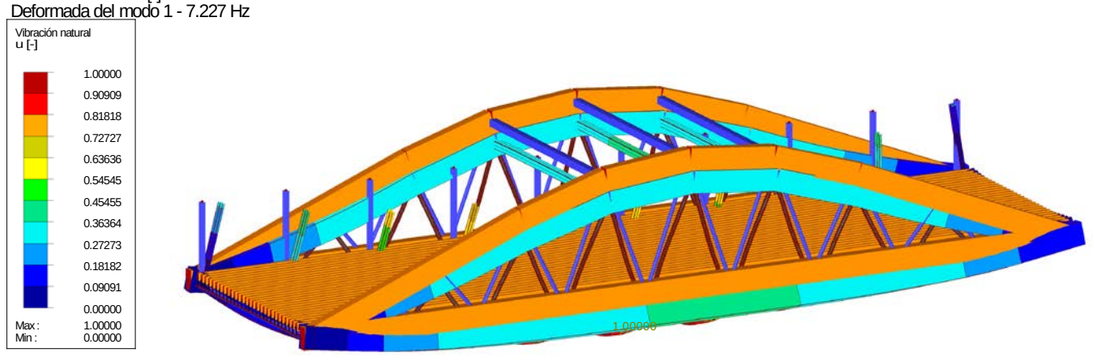
Una vez obtenidos los modos propios se medirán las aceleraciones en condiciones pésimas, es decir, en resonancia con cada uno de los módulos dentro del rango crítico.

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 sintonizada) sintonizado a la frecuencia del modo propio problemático.

sintonizada) sintonizado a la frecuencia del modo propio problemático.

- MODO 1:

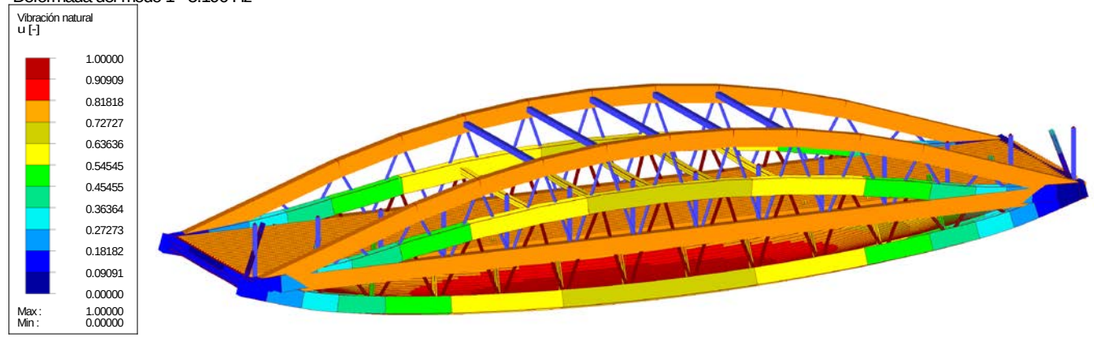
RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 1 - 7.227 Hz




Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 1.90
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 1 - 5.196 Hz



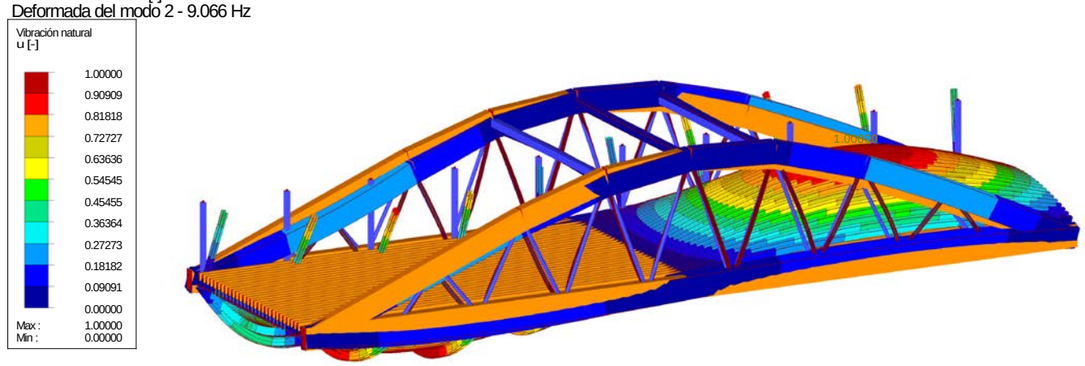

Isométrico

Coeficiente de deformaciones: 3.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

- MODO 2:

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 2 - 9.066 Hz

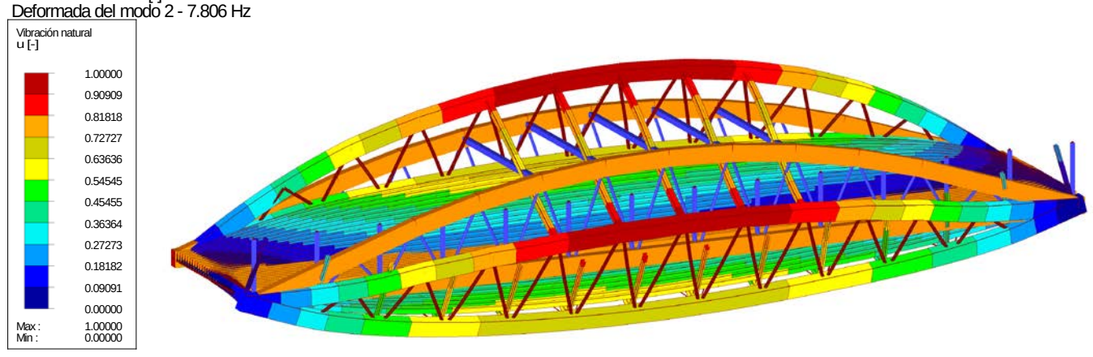
Isométrico




Coeficiente de deformaciones: 1.90
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 2 - 7.806 Hz

Isométrico

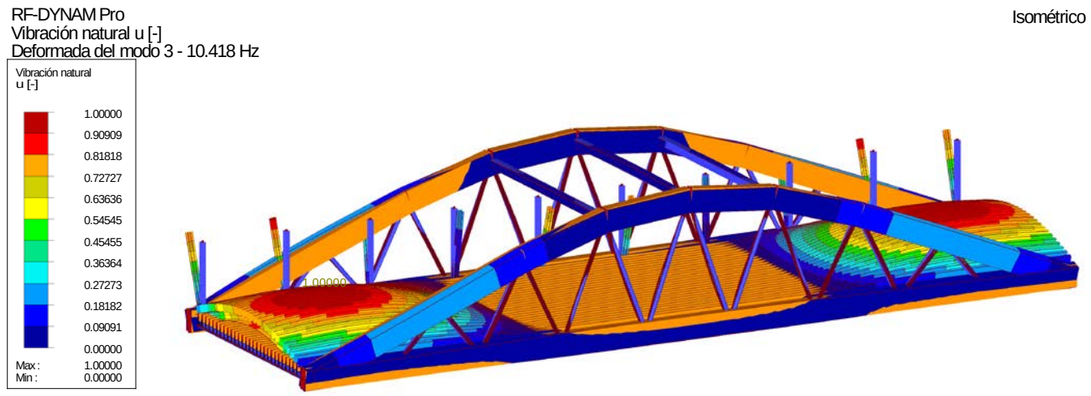



Coeficiente de deformaciones: 3.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

- MODO 3:

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 3 - 10.418 Hz

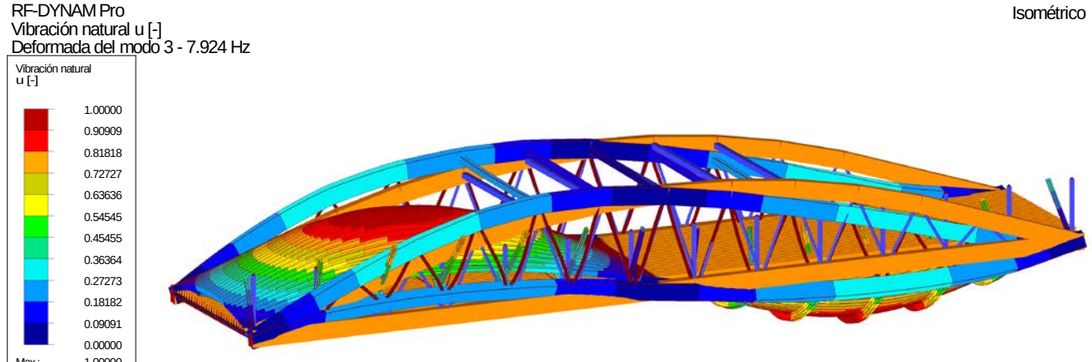
Isométrico




Coeficiente de deformaciones: 0.96
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 3 - 7.924 Hz

Isométrico




Coeficiente de deformaciones: 3.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

## 4.6. 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.

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.

## 4.7. 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.

# 5. Descripción de la unidad de obra

Suministro de Infraestructura formada por puentes de madera peatonales, con unas longitudes totales de 24,57 y 34,54 metros respectivamente con 6,7 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 curvas, riostras, viguetas, pies derechos 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, recogidos en el Código Técnico de la Edificación. CTE SE-M Documento Básico SE-M Seguridad estructural.

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.

Barandilla SECURAILING con pies derechos rectos.

Tratamiento clase de Uso IV antes de laminar en autoclave con sales hidrosolubles para Clase de Uso IV, según norma UNE 56-416/88 (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 ≤ 4-S3-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 (Lenght 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

Antideslizamiento MM-1-Non-Slip con clase de resbaladicidad 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 laminas 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 de 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:**

  - El cálculo de las estructuras ofertadas.
  - Características y procedencia de la madera.
    - Clase resistente.
    - Calidad del protector utilizado.
    - Método de aplicación empleado.
    - Certificado de secado de la madera y periodo de estabilización del mismo.
    - Tipo de acero de los herrajes y protección.
    - Certificado de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 por Organismo Técnico Independiente.
    - 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 ≤ 4-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 puentes de madera peatonales, con unas longitudes totales de 24,57 y 34,54 metros respectivamente con 6,7 metros de ancho de paso útil de **Pinus sylvestris**.

Formada por vigas principales curvas, riostras A, riostras B, viguetas, pies derechos, pasamanos, riostras, viguetas, pies derechos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos (barandilla SECURAILING con pies derechos rectos) 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 Lenght 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 JRy tornillería Hprotec. Tarima con sistema Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladicidad 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 ≤ 4-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 ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 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 ºC |
|---|---|---|---|---|---|
| | 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<br>S235J0<br>S235J2 | 235 | 225 | 215 | 360 | 20<br>0<br>-20 |
| S275JR<br>S275J0<br>S275J2 | 275 | 265 | 255 | 410 | 20<br>0<br>-20 |
| S355JR<br>S355J0<br>S355J2<br>S355K2 | 355 | 345 | 335 | 470 | 20<br>0<br>-20<br>-20 (1) |
| S450J0 | 450 | 430 | 410 | 550 | 0 |

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

Ilustración 9. 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 ºC | | | -10 ºC | | | -20 ºC | | |
| | 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 10. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición.

| Grado | Temperatura de ensayo (ºC) | 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 11. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero.

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.

# 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 350/2 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/m$^3$.

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/m$^3$.

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 deslaminados, 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)

## 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 338:2010:

C24

| Propiedades resistentes (N/mm²) | |
|---|---|
| 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/mm²) | |
| 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/m³) | |
| Densidad característica ($\rho_k$) | *350* |
| Densidad media ($\rho_{medio}$) | *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 Ø ≤ 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.<br>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/mm2) | |
|---|---|
| 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/mm²) | |
| 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/m³) | |
| Densidad característica ($\rho_k$) | *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*

| 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 |

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

C35

| Propiedades resistentes (N/mm²) | |
|---|---|
| Flexión ($f_{m,k}$) | *38* |
| 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/mm²) | |
| 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/m³) | |
| Densidad característica ($\rho_k$) | *380* |
| Densidad media ($\rho_{medio}$) | *460* |

*Tabla 6. Características de la madera aserrada C35*

## 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 %.

## 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 $cm^2$ en el caso de utilizar láminas de 33 mm de espesor.

- El área de la sección recta de las tablas no rebasará los 100 $cm^2$ 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 ºC

  Temperatura ambiente: 18 a 25 ºC

  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 º C : 2 horas

  a 25 º C : 1 hora

- Gramaje por una cara: 300 a 600 $g/m^2$

- Tiempo de ensamblaje :

  Abierto: 5 a 20 minutos.

  Cerrado: 50 a 80 minutos.

- Presión de ajuste tiempo mínimo:

  Madera / madera a 20º C : 16 horas.

  Madera / madera a 40º 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 (º C) | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Tiempo de utilización (h) | 3 | 2 | 1 | 0.5 |

*Tabla 9. 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

## 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
- 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/cm$^2$ y se realiza en prensas en continuo.

### 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 regruesarán 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 regruesadora 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 cortándose 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.

# 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 335-2.

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 335-1 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).
- 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.

## 6.2. 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 10. 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 funguicida 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 ≤ 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 AS-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 11. 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 contextura 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 lasúr 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 335-2.
- 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.
- Certificación por cálculo en TÚNEL DE VIENTO, CERTIFICADO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE, de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores (en valor absoluto) a los siguientes: Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706 y determinación de las frecuencias de vibración.
- Certificado de clasificación de resbaladicidad ($R_d$>45) de tablón de piso, por Organismo técnico Independiente.
- Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) para la MLE.

## 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**

  Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) Nº607/2012 y Reglamento (UE) Nº995/2010 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 ≤ 4-S3-C. Enyesado ≤ 3. Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.

## 11. Checklist de cumplimiento de Pliego Técnico

A modo de resumen se presenta el siguiente cuadro

| | |
|---|---|
| RELACIÓN TÉCNICA DE PRESTACIONES DEL PUENTE | |
| COMPROBACION-1:<br>CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS NUEVA PASARELA Y SOBRE LA UNIDAD DE OBRA | |
| PROYECTO TÉCNICO PROPIO (acorde o mejorando, el Pliego Técnico del Proyecto)<br><br>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)<br>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.<br><br>**Se requiere un capítulo específico relativo el recálculo y comprobación de los elementos y de sus uniones.** | |
| TÉCNICO COMPETENTE<br><br>Identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto liberando de toda Responsabilidad.<br><br>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<br><br>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.<br><br>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 Gl30h PARA TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES<br><br>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 Gl30h/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<br><br>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 Ic<15 se busca limitar el uso de piezas muy esbeltas y aumentar por diseño la durabilidad natural.<br><br>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 concentramos pues el cálculo de las secciones en la "sección pasiva" con respecto a la humedad. | |
| HERRAJES METÁLICOS<br><br>Comprobar calidad ST275JR – en Acero Galvanizado en Caliente | |
| INCORPORAR CÁLCULO DINÁMICO<br><br>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)<br><br>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 y si ello es necesario, podrá ser requerido LA INCORPORACIÓN DE UNO O VARIOS AMORTIGUADORES TMD (amortiguador de masa sintonizada) sintonizados con las frecuencias con niveles de aceleración por encima de un rango de confort aceptable. | |
| INCORPORAR CÁLCULO MOVIMIENTO SÍSMICO<br><br>Comprobar que dicho cálculo también es realizado | |
| PROTECCIÓN CON ZINC PREPATINADO<br><br>Las vigas estructurales principales (si procede) pueden estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor si así lo requiere el Proyecto | |
| MA (Madera Aserrada)- Calidad Estructural C24<br><br>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 | |
| DISPOSTIVOS PARA MONITORIZACIÓN DINÁMICA<br><br>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<br><br>Tablón de piso con clasificación de resbaladicidad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente. | |
| ANTIDESLIZAMIENTO<br><br>Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladicidad 3 con resistencia al deslizamiento Rd>45) según CTE DB SU, certificado por Organismo Técnico Independiente. | |
| CÁLCULO HUELLA CARBONO SIN REBASAR LÍMITE DEL PROYECTO<br><br>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 | |
| JUSTIFICACIÓN POR CÁLCULO EN TÚNEL DE VIENTO<br><br>Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) y determinación de las frecuencias de vibración | |
| PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA ESTÁTICAS A REALIZAR POR EL TÉCNICO COMPETENTE QUE FIRMA EL PROYECTO DEL PUENTE<br><br>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. | |
| MANTENIMIENTO<br><br>Libro de mantenimiento y criterios de diseño utilizados para aumentar la durabilidad de la obra | |
| | |

| | |
|---|---|
| | |
| COMPROBACION-2:<br>PLAN DE OBRA Y CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO | |
| PLAN DE OBRA / PLANNING<br><br>Entregar Planing de trabajos para el puente que debe ser acorde con el tiempo/plazo del Proyecto. | |
| Certificado de DISPONIBILIDAD de madera emitido por Organismo Técnico Independiente.<br><br>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 | |
| SOLVENCIA TÉCNIA PARA EJECUTAR LA PASARELA<br>(Recursos Humanos y Materiales)<br><br>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<br><br>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.<br><br>Se podrá requerir CERTIFICADO al respecto en cualquier fase del proceso de licitación y/o Ejecución, así como visita a las instalaciones. | |
| | |
| COMPROBACION-3:<br>CONTROL DE CALIDAD | |
| MARCADO CE/DoP (Declaración de Prestaciones).<br><br>Toda la madera llevará marcado CE, del que se exigirá la documentación correspondiente | |
| DECLARACION SDD<br><br>Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) Nº607/2012 y Reglamento (UE) Nº995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas. | |
| SELLO PEFC ó FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA<br><br>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.<br><br>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**. | |
| CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA<br>(Pinus Sylvestris) | |
| CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA<br><br>* Clase Gl30h para la MLE (toda la madera estructural será MLE)<br>* Clase C24 para la MA (sólo tablón de piso y barrotillos de la barandilla) | |
| CERTIFICADO D.A.P (Declaración Ambiental de Producto), DE LA MADERA LAMINADA<br><br>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 | |
| CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA Y ESTABILIZADA.<br><br>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 | |
| CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA<br><br>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. | |
| CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO<br><br>Tanto del tablón de piso como de las láminas antideslizantes adicionales que se deberán colocar en los accesos (Rd>45 según CTE DB SU) certificado también por Organismo Técnico Independiente. | |
| CERTIFICADO DE LA PINTURA<br><br>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 ≤ 4-S3-C. Enyesado ≤ 3. Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente. | |
| CERTIFICADO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA | |

| | |
|---|---|
| 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) | |
| CERTIFICADO DE TÚNEL DE VIENTO<br><br>Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) y determinación de las frecuencias de vibración. | |
| CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO<br><br>Certificación de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 emitido por THIRD PARTY INSPECTION | |

# IV. Normativa de referencia

| | |
|---|---|
| UNE EN 1990 2019 | 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 2009 | 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 |
| IAP11 | Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras |
| UNE EN 336 2014 | Madera estructural. – Medidas y tolerancias |
| UNE EN 338 2016 | Madera estructural. – Clases resistentes |
| UNE EN 384 2016+A2:2023 | Madera estructural. – Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. |
| UNE EN 408 2011+A1:2012 | Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Propiedades físicas y mecánicas. |
| Pr EN 1193 | Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de propiedades físicas y mecánicas adicionales |
| UNE-EN 14080:2022 | Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos. |
| UNE EN 1912 2012 | Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies |
| UNE 56544 2022 | Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas |
| UNE EN 335 2013 | 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 2016 | 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 14081-1:2016+A1:2020 | Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales |
| UNE EN 14081-2 2019+A1 2023 | 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 14081-3:2022 | 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. |

# 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±2ºC y una humedad relativa del aire que exceda 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 | |
| *Pinus sylvestris* | A | - | S | NA | S | S | NA | 1v |
| | D | M-pDv | S | NA | S | S | NA | 3-4v |

*Tabla 12. 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 13. 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 14. 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 a6 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<br>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 15. Agentes de deterioro atmosférico*

| 2. AGENTES XILÓFAGOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.1. HONGOS XILÓFAGOS<br>Su ciclo biológico se inicia cuando encuentran condiciones favorables: (humedad 8>22%, Tª aire, presencia $O_2$) | | | | | |
| | 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<br>No es peligroso por su mínima acción degradadota. | No produce pérdidas de resistencia<br>No es peligroso por su mínima acción degradadota. | Pérdida caract. Físico-mecánicas. La más grave. | Pérdida caract. Físico-mecánicas. | |
| APARIENCIA: | Esporas en superficie de madera (color oscuro)<br>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 (parecida a queso fresco) |
| NOTAS: | Crean **condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición**. Fáciles de eliminar con limpieza superficial | Crean **condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición**. | | Afecta a madera de frondosas. | |

| 2.2. INSECTOS XILÓFAGOS | | |
|---|---|---|
| | 2.2.1. INSECTOS XILÓFAGOS LARVARIOS | 2.2.2. INSECTOS XILÓF.SOCIALES - TERMITAS |
| ACCIÓN SOBRE: | Huevos: colocados en fendas, ranuras, orificios…<br>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<br>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<br>**LÍCTIDOS (Polilla):** Ataca albura frondosas<br>**ANÓBIDOS (Carcoma fina):** ppalm.albura coníferas y frondosas europeas<br>**ANÓBIDOS (Reloj de la muerte):** frondosas previamente atacada por hongos de pudrición<br>**CURCULIÓNIDOS (Gorgojos):** albura frondosas y coníferas y duramen previamente atacado por hongos pudrición | - *Reticulitermes lucifugus Rossi* (en Península y Baleares)<br>- *Criptotermes brevis Walker* (en Canarias)<br>- *Kalotermes flavicollis Fabr*. |
| NOTAS: | Su aparición depende de la especie, humedad madera, Tª y presencia de hongos de pudrición | La Tª óptima es aprox. 30ºC y humedad relativa del aire de 95-100%. A Tª<2ºC 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.<br>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 16. 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 17. 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 ejecutan 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.

| CLASE DE USO | MADERA FÁCILMENTE IMPREGNABLE | | MADERA NO FACILMENTE IMPREGNABLE | | EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE | CONTENIDO DE HUMEDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | P | R | P | R | | |
| 1 | P1 | R1 | P1 | R1 | Nula | Máxima 20% |
| 2 | P1 | R2 | P1 | R2 | Muy débil | En alguna ocasión >20% |
| 3 ( 3.1 y 3.2 ) | P4 **P8** | R3 **R3** | P1 P5 | R3 R3 | Débil **Fuerte** | **Frecuentemente >20%** |
| 4 | P8 | R4 | P5 | R4 | Fuerte | Permanentemente >20% |
| 5 | P9 | R5 | En ppio. no recomendable | | Fuerte | Permanentemente >20% |

*Tabla 18. Grado de impregnabilidad en función de la clase de uso*

R: Retención de la madera

P: Penetración 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 19. 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.

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-ciclohexildiazeniumdioxi)-cobre: 2,8%
    - Hidroxicarbonato 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 ejecutan 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

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
   - 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 Gl30h.

3) LIBRO DE MANTENIMIENTO
4) MEJORAS
5) OTROS

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 350/2 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 deslaminados, 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)

#### 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 338:2010)

**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: 2013)

#### 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 335-2. 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 ≤ 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<br>**UNE-EN- 927-6** (Valores a no superar)<br>Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior.<br>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<br>EN-ISO-4628-2 | Agrietamiento Grado<br>EN-ISO-4628-4 | Descamación<br>EN-ISO-4628-5 | Ensayo Grado<br>EN-ISO-4628-6 | Adherencia Categoría<br>EN-ISO-2409 |
| ΔE≤7 | NO | ≤4-S3-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 ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación). También serán de aplicación el Cálculo de estructuras C.T.E.-D.B.-S.E.-M (madera), resistencia a fuego D.B.-S.I.(seguridad en caso de incendio) y acciones en la edificación D.B.-S.E.-A.E.

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.

1.8TÉCNICO 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 TÚNEL DE VIENTO

Justificación por cálculo en TÚNEL DE VIENTO, CERTIFICADO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE, de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores (en valor absoluto) a los siguientes: : Cd<1,509; Cl<0,005 y Cm<1,706 y determinación de las frecuencias de vibración.

2.5 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.

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 CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA (Pinus Sylvestris)

2.9 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) Nº607/2012 y Reglamento (UE) Nº995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas.

2.10 CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO

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

2.11 CERTIFICADOS DE TORNILLERÍA

Calidad mínima 8.8 zincado según ISO 8.9.8

2.12 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

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

2.13 CERTIFICADOS DE BASE DE HERRAJES DE ACERO

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

2.14 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

Galvanizado en caliente

2.15 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)

2.16 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.

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 |
|---|---|---|---|
| | **PUENTE DE MLE y METAL PREFABRICADO 24,57 x 7,36 m** | | |
| 1 | **<u>SUMINISTRO en módulos prefabricados en taller</u>** (incluye Proyecto Constructivo de Taller realizado por Técnico Competente) de <u>PUENTE DE MADERA -METAL, TIPOLOGÍA TIED-BOW (modelo "Bicipista Ibaizabal")</u> de 24,57 metros de tablero y 7,36 metros de ancho total, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto Técnico.<br><br><u>Descripción resumida:</u><br>*Puente con una tipología de arco de Madera Laminada Encolada (MLE) con tablero suspendido Diagonales de acero. El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero galvanizado y entre ellas se dispondrán cruces de San Andrés de acero galvanizao como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior mediante riostras de acero galvanizado*<br><br>*Arcos y vigas principales de tablero protegido con cubierta de zinc con cámara aire y/o lámina de recogida de condensados.*<br><br>*Toda la MLE será realizado de Pinus sylvestris procedente de bosques gestionados con criterios de sostenibilidad avalados por CERTIFICADO CdC sello PEFC y/o FS formada por Cerchas, riostras de tablero, viguetas, pies derechos de barandilla, pasamanos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados en MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup (TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO SOLO LAS VIGAS PRINCIPALES SERÁN DE MLE), otros elementos no estructurales serán de Madera Aserrada (MA) Madera Aserrad C24/sup. Toda la madera estará tratada. Tratamiento de Clase Uso IV antes de laminar. Herrajes de acero galvanizado S275JR*<br><br>*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 o FSC en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.* | 250.000,00 € | 250.000,00 € |
| | *Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) de acuerdo a proyecto.*<br><br>*Tablón de piso con clasificación de resbaladicidad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente.* | | |
| 1 | "**<u>Transporte Especial y descarga ""in situ"</u>** del puente prefabricado en taller. Partida alzada. Operación realizada por personal especializado (preferiblemente mismo personal que se encargó de la prefabricación con el objeto de asegurar la integridad del conjunto)" | 15.000,00 € | 15.000,00 € |
| 1 | "**<u>Izado con grúas, montaje y conexión de Infraestructura</u>** de paso Izado y montaje de cada módulo sobre estribos terminados y conexión de los módulos entre sí. Partida Alzada. Incluye apoyos y herrajes | 15.000,00 € | 15.000,00 € |
| 1 | **<u>Ensayos y Dossier de Calidad</u>**<br><br><u>ENSAYOS</u><br><u>PRUEBA DE CARGA DINÁMICA</u><br>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.<br><br><u>CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO</u><br>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.<br><br>Realización y entrega del Dossier de Calidad final de obra 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, Resbaladicidad, Pintura, Calidad Herrajes, Prueba Dinámica, etc. | 4.000,00 € | 4.000,00 € |
| | **PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 24,57 x 7,36 m P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material)** | | **284.000,00 €** |

| Nº Uds estimadas | DESCRIPCIÓN RESUMIDA | PRECIO UNITARIO | IMPORTE TOTAL |
|---|---|---|---|
| | **PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 34,54 x 7,48 m** | | |
| 1 | **SUMINISTRO en módulos prefabricados en taller** (incluye Proyecto Constructivo de Taller realizado por Técnico Competente) de PUENTE DE MADERA -METAL, TIPOLOGÍA TIED-BOW (modelo "Bicipista Ibaizabal") de 34,54 metros de tablero y 7,48 metros de ancho total, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto Técnico.<br><br>Descripción resumida:<br>*Puente con una tipología de arco de Madera Laminada Encolada (MLE) con tablero suspendido Diagonales de acero. El segundo orden estructural está formado por vigas riostras de acero galvanizado y entre ellas se dispondrán cruces de San Andrés de acero galvanizao como arriostramiento. De la misma manera, se arriostrarán los arcos en la parte superior mediante riostras de acero galvanizado.*<br><br>*Arcos y vigas principales de tablero protegido con cubierta de zinc con cámara aire y/o lámina de recogida de condensados.*<br><br>*Toda la MLE será realizado de Pinus sylvestris procedente de bosques gestionados con criterios de sostenibilidad avalados por CERTIFICADO CdC sello PEFC y/o FS formada por Cerchas, riostras de tablero, viguetas, pies derechos de barandilla, pasamanos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados en MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup (TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO SOLO LAS VIGAS PRINCIPALES SERÁN DE MLE), otros elementos no estructurales serán de Madera Aserrada (MA) Madera Aserrad C24/sup. Toda la madera estará tratada. Tratamiento de Clase Uso IV antes de laminar. Herrajes de acero galvanizado S275JR*<br><br>*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 o FSC en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.*<br><br>*Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) de acuerdo a proyecto.*<br><br>*Tablón de piso con clasificación de resbaladicidad (Rd>45) según normativa DB SUA-1 y certificado por Organismo Técnico Independiente.* | 360.000,00 € | 360.000,00 € |
| 1 | "**Transporte Especial y descarga ""in situ""** del puente prefabricado en taller. Partida Alzada. Operación realizada por personal especializado (preferiblemente mismo personal que se encargó de la prefabricación con el objeto de asegurar la integridad del conjunto)" | 20.000,00 € | 20.000,00 € |
| 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. Partiza Alzada. Incluye apoyos y herrajes | 20.000,00 € | 20.000.00 € |
| | **Ensayos y Dossier de Calidad**<br><br>ENSAYOS<br>PRUEBA DE CARGA DINÁMICA<br>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.<br><br>CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO<br>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.<br><br>Realización y entrega del Dossier de Calidad final de obra 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, Resbaladicidad, Pintura, Calidad Herrajes, Prueba Dinámica, etc. | 4.000,00 € | 4.000,00 € |
| | **PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 34,54 x 7,48 m**<br>**P.E.M (Presupuesto de Ejecución Material)** | | **404.000,00 €** |

**RESUMEN:**

**LOTE**: **PUENTES DE MADERA Y METAL**

- PEM - PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 24,57 x 7,36 m..... 284.000,00 €
- PEM - PUENTE DE MLE Y METAL PREFABRICADO 34,54 x 7,48 m..... 404.000,00 €

---

Total P.E.M 688.000,00 €

*Gastos Generales (G.G. 13%)....* *89.440,00 €*
*Beneficio Industrial (B.I. 6%).....* *41.280,00 €*

---**Total P.E.C.....** **818.720,00 €**

# Anexo:

## Planos del puente

Programa: Civil eStudio
Versión: 39 - 89
Barcelona, 2020

**Civil eStudio, software propiedad de CivilCAD Consultores, S.L.**
**Autores:** L.M.Callís, J.M.Roig, I.Callís, P.Reinés
**Licencia de uso concedida a:** FULCRUM
**Número de usuario:** 12128

**Proyecto:**

Nombre del proyecto: *Bicipista Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa*
Nombre de la estructura: *Pasarela 3+450*
Nombre del elemento estructural: *Estribos 1 y 2*
Tipo de estructura: *Estribo con cimentación superficial*
Funcionalidad de la estructura: *Estructura de Carretera*
Clase de estructura: *Estribo cerrado*
Vida útil: *100 años*

**Normativas:**

Ámbito: *Normas europeas. Eurocódigos*

**Unidades:**

Sistema *S.I.*

**Despiece:**

*Sistema Métrico Europeo*

**Módulo del programa:**

Módulo Estribo cerrado
Nombre del archivo de proyecto: *estribo 1y2.est*

**Informe:**

Tipo de informe: *Memoria de cálculo*



Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

**Índice**

**1 RESUMEN DE VERIFICACIONES**

**2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

2.1 Ámbito normativo
2.2 Geometría
2.2.1 Zapata
2.2.2 Muro frontal
2.2.3 Cargadero
2.2.4 Espaldón
2.2.5 Apoyos
2.2.6 Aleta 1
2.2.7 Aleta 2
2.3 Fases constructivas
2.4 Terreno
2.5 Derrame de tierras
2.6 Materiales
2.6.1 Hormigón Alzado
2.6.2 Hormigón Zapata
2.6.3 Hormigón Capa de nivelación
2.6.4 Acero de la armadura pasiva Alzado
2.6.5 Acero de la armadura pasiva Zapata
2.7 Fisuración
2.8 Acciones
2.8.1 Acciones permanentes en el estribo
2.8.2 Acciones variables en el estribo
2.8.3 Acciones accidentales en el estribo
2.8.4 Acciones permanentes en el tablero
2.8.5 Acciones variables en el tablero
2.9 Seguridad
2.10 Armadura
2.11 Recubrimientos geométricos
2.12 Configuración del cálculo

**3 MODELO DE CÁLCULO**

**4 ESTADO LÍMITE DE DESLIZAMIENTO**

4.1 Situación persistente. Enfoque 2. Estructura en servicio
4.2 Situación persistente. Enfoque 2. A tiempo infinito
4.3 Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio
4.4 Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito
4.5 Resumen de verificaciones

**5 ESTADO LÍMITE DE VUELCO**

5.1 Situación persistente. Combinación fundamental. Estructura en servicio
5.2 Situación persistente. Combinación fundamental. A tiempo infinito
5.3 Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio
5.4 Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito
5.5 Resumen de verificaciones

**6 ESTADO LÍMITE DE HUNDIMIENTO**

6.1 Situación persistente. Enfoque 2. Estructura en servicio
6.2 Situación persistente. Enfoque 2. A tiempo infinito
6.3 Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio
6.4 Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito
6.5 Resumen de verificaciones

**7 ESTADO LÍMITE DE ASIENTOS**

7.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio
7.2 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito
7.3 Situación persistente. Combinación frecuente. Estructura en servicio
7.4 Situación persistente. Combinación frecuente. A tiempo infinito
7.5 Situación persistente. Combinación característica. Estructura en servicio
7.6 Situación persistente. Combinación característica. A tiempo infinito
7.7 Resumen de verificaciones

**8 ESTADO LÍMITE DE FLEXIÓN**

8.1 Zapata
8.1.1 Esfuerzos de cálculo
8.1.2 Armaduras de cálculo
8.2 Muro frontal
8.2.1 Esfuerzos de cálculo
8.2.2 Armaduras de cálculo
8.3 Aleta 1
8.3.1 Esfuerzos de cálculo
8.3.2 Armaduras de cálculo
8.4 Aleta2
8.4.1 Esfuerzos de cálculo
8.4.2 Armaduras de cálculo
8.5 Resumen de verificaciones

**9 ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN**

9.1 Zapata
9.1.1 Esfuerzos de cálculo
9.1.2 Cálculo de E.L. de fisuración
9.2 Muro frontal
9.2.1 Esfuerzos de cálculo
9.2.2 Cálculo de E.L. de fisuración
9.3 Aleta 1
9.3.1 Esfuerzos de cálculo
9.3.2 Cálculo de E.L. de fisuración
9.4 Aleta2
9.4.1 Esfuerzos de cálculo
9.4.2 Cálculo de E.L. de fisuración
9.5 Resumen de verificaciones

**10 ESTADO LÍMITE DE CORTANTE**

10.1 Zapata
10.1.1 Esfuerzos de cálculo
10.1.2 Comprobación de las bielas de compresión
10.1.3 Armaduras de cortante
10.2 Muro frontal
10.2.1 Esfuerzos de cálculo





10.2.2 Comprobación de las bielas de compresión
10.2.3 Armaduras de cortante
10.3 Aleta 1
10.3.1 Esfuerzos de cálculo
10.3.2 Comprobación de las bielas de compresión
10.3.3 Armaduras de cortante
10.4 Aleta2
10.4.1 Esfuerzos de cálculo
10.4.2 Comprobación de las bielas de compresión
10.4.3 Armaduras de cortante
10.5 Resumen de verificaciones

**11 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES**

11.1 Muro frontal
11.1.1 Deformaciones
11.1.2 Cálculo de E.L. de deformaciones
11.1.2.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio
11.1.2.2 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito
11.1.2.3 Situación persistente. Combinación frecuente. Estructura en servicio
11.1.2.4 Situación persistente. Combinación frecuente. A tiempo infinito
11.1.2.5 Situación persistente. Combinación característica. Estructura en servicio
11.1.2.6 Situación persistente. Combinación característica. A tiempo infinito
11.2 Aleta 1
11.3 Aleta2
11.4 Resumen de verificaciones

# 1 RESUMEN DE VERIFICACIONES

| Estribo cerrado | | |
|---|---|---|
| **Estado límite de deslizamiento zapata - terreno** | | |
| Situación persistente | Enfoque 2 | Cumple |
| Situación accidental | Combinación de impacto | Cumple |
| **Estado límite de vuelco rígido** | | |
| Situación persistente | Combinación fundamental | Cumple |
| Situación accidental | Combinación de impacto | Cumple |
| **Estado límite geotécnico último de hundimiento** | | |
| Situación persistente | Enfoque 2 | Cumple |
| Situación accidental | Combinación de impacto | Cumple |
| **Estado límite geotécnico de servicio de asientos** | | |
| Situación persistente | Combinación cuasi permanente | Cumple |
| | Combinación frecuente | Cumple |
| | Combinación característica | Cumple |
| **Estado límite estructural último de rotura por flexión** | | |
| Situación persistente | Envolvente de combinaciones | Cumple |
| Situación accidental | Envolvente de combinaciones | Cumple |
| **Estado límite estructural de servicio de fisuración** | | |
| Situación persistente | Combinación cuasi permanente | Cumple |
| **Estado límite estructural último de rotura por cortante** | | |
| Situación persistente | Envolvente de combinaciones | Cumple |
| Situación accidental | Envolvente de combinaciones | Cumple |
| **Estado límite estructural de servicio de deformaciones** | | |
| Situación persistente | Combinación cuasi permanente | Cumple |
| | Combinación frecuente | Cumple |
| | Combinación característica | Cumple |
| **Obtención del despiece de la armadura** | | |
| Generación del armado | . | Cumple |





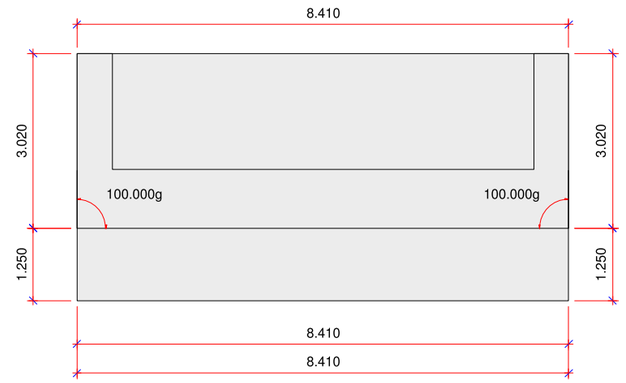
# 2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

## 2.1 Ámbito normativo

EN 1990. Bases del diseño estructural. 2002
EN 1990 Anexo A2. Bases del diseño estructural. Aplicación para puentes. 2002
EN 1991-1-1. Acciones en estructuras. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios. 2002
EN 1991-1-3. Acciones en estructuras. Nieve. 2003
EN 1991-1-4. Acciones en estructuras. Viento. 2005
EN 1991-1-5. Acciones en estructuras. Temperatura. 2003
EN 1991-1-6. Acciones en estructuras. Construcción. 2005
EN 1991-1-7. Acciones en estructuras. Acciones accidentales. 2006
EN 1991-2. Acciones en estructuras. Cargas de tráfico en puentes. 2003
EN 1992-1-1. Diseño de estructuras de hormigón. Diseño general de hormigón. 2004
EN 1997-1. Geotécnica, reglas generales geotécnicas. 2004
EN 1998-1. Diseño de estructuras para resistencia a terremotos. Terremoto, reglas generales. 2004
EN 1998-2. Diseño de estructuras para resistencia a terremotos. Puentes. 2005
EN 1998-5. Diseño de estructuras para resistencia a terremotos. Cimentaciones, estructuras de contención y aspectos geotécnicos. 2004

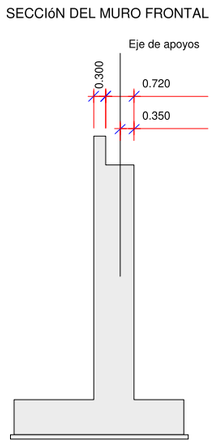
## 2.2 Geometría

### 2.2.1 Zapata

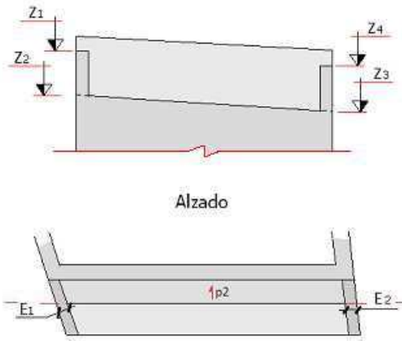


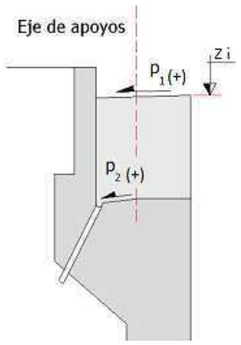

| | | | |
|---|---|---|---|
| Canto de la zapata | : | 0.900 | m |
| Cota de la cara superior de la zapata | : | 0.000 | m |
| Espesor de la capa de nivelación | : | 0.100 | m |

### 2.2.2 Muro frontal




### 2.2.3 Cargadero



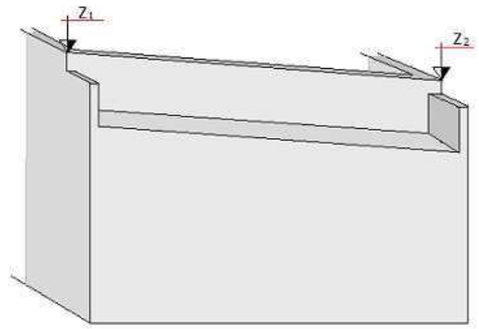




| | | | |
|---|---|---|---|
| $Z_2$ | : | 6.070 | m |
| $Z_3$ | : | 5.860 | m |
| $p_1$ | : | 0.0 | % |
| $p_2$ | : | 0.0 | % |



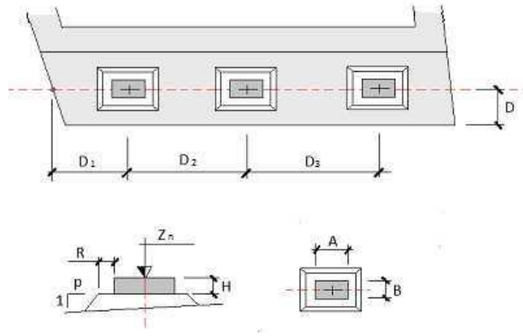
Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

### 2.2.4 Espaldón




| | | | |
|---|---|---|---|
| $Z_1$ | : | 6.810 | m |
| $Z_2$ | : | 6.600 | m |

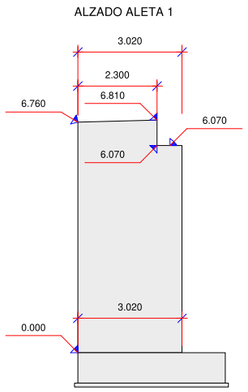
### 2.2.5 Apoyos

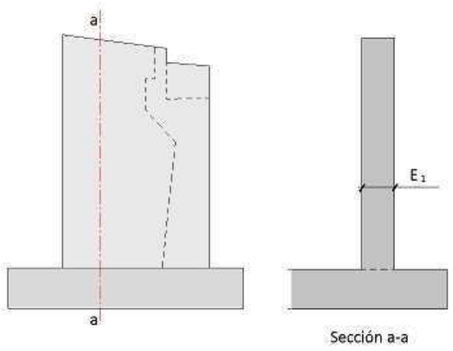



| | | | |
|---|---|---|---|
| D | : | 0.350 | m |
| R | : | 0.010 | m |
| P | : | 0.0 | |

| Apoyo | $D_i$ (m) | H (m) | $Z_n$ (m) | A (m) | B (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.550 | 0.070 | 6.130 | 0.795 | 0.420 |
| 2 | 7.310 | 0.070 | 5.950 | 0.795 | 0.420 |

### 2.2.6 Aleta 1



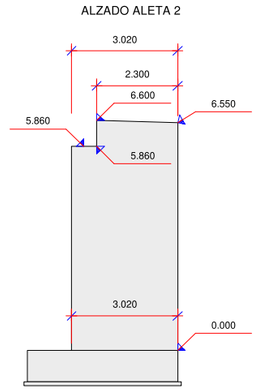



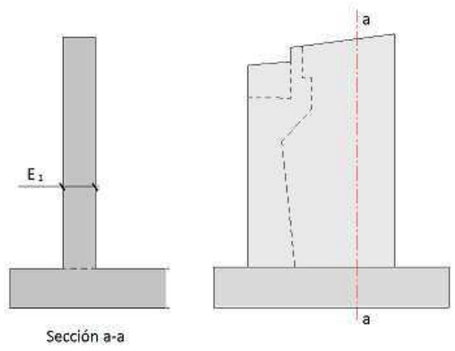

$E_1$ : 0.600 m





### 2.2.7 Aleta 2



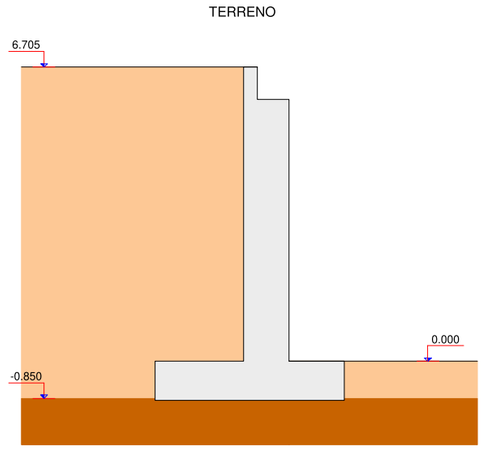

$E_1$ : 0.600 m

## 2.3 Fases constructivas

No se considera en el cálculo la fase de construcción.
Se considera en el cálculo la fase de servicio.
Se considera en el cálculo la fase a tiempo infinito.

## 2.4 Terreno

*Definición de las cotas del terreno*




*Definición de parámetros geotécnicos de las capas del terreno*

| Capa | Nombre | Tipo | Cota inferior (m) | Densidad natural (kN/m3) | Densidad saturada (kN/m3) | Densidad seca (kN/m3) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Relleno Terraplén | Granular | -0.850 | 20.0 | 21.0 | 19.0 |
| 2 | Arenisca-Limolita | Roca | -10000.000 | 25.0 | 25.5 | 24.5 |

| Capa | Nombre | Tipo | Ángulo de rozamiento (º) | Cohesión (kN/m2) | Presión de hundimiento (kN/m2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Relleno Terraplén | Granular | 30.0 | 0.0 | 560.0 |
| 2 | Arenisca-Limolita | Roca | 45.0 | 300.0 | 560.0 |

*Definición de los parámetros contacto hormigón-terreno*

| Capa | Nombre | Áng. roz. zapata-terreno (º) | Adherencia (kN/m2) | Áng. roz. alzado-terreno (º) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Relleno Terraplén | 35.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | Arenisca-Limolita | 35.0 | 0.0 | 0.0 |

Coeficiente de balasto vertical : 118890 kN/m3

## 2.5 Derrame de tierras

Ángulo derrame tierras : 34.0 º



Civil eStudio
Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

## 2.6 Materiales

### 2.6.1 Hormigón Alzado

**Denominación: C30/37**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia característica a compresión, $f_{ck}$ | : | 30.0 | MPa |
| Resistencia media a compresión, $f_{cm}$ | : | 38.0 | MPa |
| Resistencia característica a tracción, $f_{ct,k}$ | : | -2.0 | MPa |
| Resistencia media a tracción, $f_{ct,m}$ | : | -2.9 | MPa |
| Módulo elástico secante, $E_{cm}$ | : | 32836.6 | MPa |
| Módulo elástico inicial (tangente), $E_c$ | : | 34478.4 | MPa |
| Coeficiente de Poisson, $\nu$ | : | 0.20 | |
| Peso específico, $\gamma$ | : | 25.0 | kN/m3 |
| Coeficiente del tipo de cemento, s | : | 0.25 | |
| Coeficiente de la naturaleza del árido, $\alpha$ | : | 1.0 | |
| Coeficiente de dilatación térmica, $\alpha$ | : | 0.00001000 | ºC-1 |

Diagrama rectangular:

| | | |
|---|---|---|
| Coeficiente profundidad del bloque de compresión, $\lambda$ | : | 0.80 |
| Coeficiente intensidad del bloque de compresión, $\eta$ | : | 1.00 |

Coeficientes de seguridad:

| | | |
|---|---|---|
| ELServicio, $\gamma_c$ | : | 1.00 |
| ELU, situación persistente, $\gamma_c$ | : | 1.50 |
| ELU, situación accidental, $\gamma_c$ | : | 1.20 |

Factores de cansancio del hormigón:

| | | |
|---|---|---|
| Factor de cansancio a compresión, $\alpha_{cc}$ | : | 1.00 |
| Factor de cansancio a tracción, $\alpha_{ct}$ | : | 1.00 |

Tipo de cemento : Clase N

### 2.6.2 Hormigón Zapata

**Denominación: C30/37**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia característica a compresión, $f_{ck}$ | : | 30.0 | MPa |
| Resistencia media a compresión, $f_{cm}$ | : | 38.0 | MPa |
| Resistencia característica a tracción, $f_{ct,k}$ | : | -2.0 | MPa |
| Resistencia media a tracción, $f_{ct,m}$ | : | -2.9 | MPa |
| Módulo elástico secante, $E_{cm}$ | : | 32836.6 | MPa |
| Módulo elástico inicial (tangente), $E_c$ | : | 34478.4 | MPa |
| Coeficiente de Poisson, $\nu$ | : | 0.20 | |
| Peso específico, $\gamma$ | : | 25.0 | kN/m3 |
| Coeficiente del tipo de cemento, s | : | 0.25 | |
| Coeficiente de la naturaleza del árido, $\alpha$ | : | 1.0 | |
| Coeficiente de dilatación térmica, $\alpha$ | : | 0.00001000 | ºC-1 |

Diagrama rectangular:

| | | |
|---|---|---|
| Coeficiente profundidad del bloque de compresión, $\lambda$ | : | 0.80 |
| Coeficiente intensidad del bloque de compresión, $\eta$ | : | 1.00 |

Coeficientes de seguridad:

| | | |
|---|---|---|
| ELServicio, $\gamma_c$ | : | 1.00 |
| ELU, situación persistente, $\gamma_c$ | : | 1.50 |
| ELU, situación accidental, $\gamma_c$ | : | 1.20 |

Factores de cansancio del hormigón:

| | | |
|---|---|---|
| Factor de cansancio a compresión, $\alpha_{cc}$ | : | 1.00 |
| Factor de cansancio a tracción, $\alpha_{ct}$ | : | 1.00 |

Tipo de cemento : Clase N

### 2.6.3 Hormigón Capa de nivelación

**Denominación: C15**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Resistencia característica a compresión, $f_{ck}$ | : | 15.0 | MPa |

### 2.6.4 Acero de la armadura pasiva Alzado

**Denominación: B-500-S**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Límite elástico característico, $f_{yk}$ | : | 500 | MPa |
| Tensión unitaria de rotura , $f_s$ | : | 550 | MPa |
| Módulo de deformación longitudinal del acero, $E_s$ | : | 200000 | MPa |
| Deformación última en compresión, $\varepsilon_{uk,1}$ | : | 0.01000 | |
| Deformación última en tracción, $\varepsilon_{uk,2}$ | : | -0.01000 | |
| Densidad del acero, $\gamma$ | : | 77.0 | kN/m$^3$ |

Coeficientes de seguridad:

| | | |
|---|---|---|
| ELServicio, $\gamma_s$ | : | 1.00 |
| ELU, situación persistente, $\gamma_s$ | : | 1.15 |
| ELU, situación accidental, $\gamma_s$ | : | 1.00 |

### 2.6.5 Acero de la armadura pasiva Zapata

**Denominación: B-500-S**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Límite elástico característico, $f_{yk}$ | : | 500 | MPa |
| Tensión unitaria de rotura , $f_s$ | : | 550 | MPa |
| Módulo de deformación longitudinal del acero, $E_s$ | : | 200000 | MPa |
| Deformación última en compresión, $\varepsilon_{uk,1}$ | : | 0.01000 | |
| Deformación última en tracción, $\varepsilon_{uk,2}$ | : | -0.01000 | |
| Densidad del acero, $\gamma$ | : | 77.0 | kN/m$^3$ |

Coeficientes de seguridad:

| | | |
|---|---|---|
| ELServicio, $\gamma_s$ | : | 1.00 |
| ELU, situación persistente, $\gamma_s$ | : | 1.15 |
| ELU, situación accidental, $\gamma_s$ | : | 1.00 |

## 2.7 Fisuración

Alzado
Clase de exposición: XC2

| | | |
|---|---|---|
| Anchura de fisura admisible | : | 0.30 mm |

Zapata
Clase de exposición: XC2

| | | |
|---|---|---|
| Anchura de fisura admisible | : | 0.30 mm |

## 2.8 Acciones

### 2.8.1 Acciones permanentes en el estribo

Terreno :

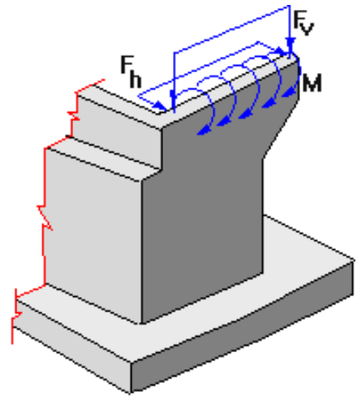
Se considera el empuje activo en el terreno del trasdós.
No se considera el empuje pasivo en el terreno del intradós.
En fase de construcción el nivel de tierras en el trasdós llega hasta la coronación.
Se considera la contribución del rozamiento terreno-terreno. Se aplicará la componente vertical del empuje y se reducirá la horizontal.

| | | |
|---|---|---|
| Coeficiente reductor del ángulo de rozamiento en el contacto terreno-terreno | : | 0.330 |



Civil eStudio
Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

Cargas permanentes sobre las aletas :




Aleta 1 :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $F_v$ | : | 0.50 | kN/m |
| $F_h$ | : | 0.00 | kN/m |
| M | : | 0.00 | kNm/m |

Aleta 2 :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $F_v$ | : | 0.50 | kN/m |
| $F_h$ | : | 0.00 | kN/m |
| M | : | 0.00 | kNm/m |

### 2.8.2 Acciones variables en el estribo

Sobrecarga en terraplén :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sobrecarga en terraplén en fase de servicio y a tiempo infinito | : | 10.00 | kN/m$^2$ |

Acción vertical de la rueda del vehículo sobre el espaldón

| | | | |
|---|---|---|---|
| Valor | : | 0.00 | kN |

### 2.8.3 Acciones accidentales en el estribo

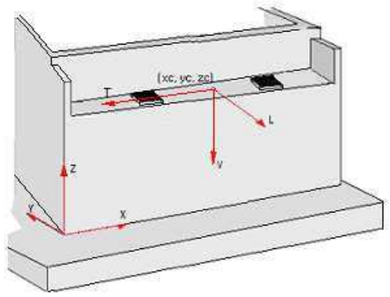
*Impacto :*

*Impacto sobre el sistema de contención en aletas :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza horizontal | : | 1.60 | kN |
| Anchura de actuación | : | 1.000 | m |
| Altura de aplicación | : | 1.000 | m |
| Ángulo de reparto | : | 45.0 | º |

### 2.8.4 Acciones permanentes en el tablero

Definición de los ejes de las cargas del tablero :




| | x (m) | y (m) | z (m) |
|---|---|---|---|
| Eje L | 0.000 | -1.000 | 0.000 |
| Eje T | -1.000 | 0.000 | 0.000 |
| Eje V | 0.000 | 0.000 | -1.000 |

Cargas :

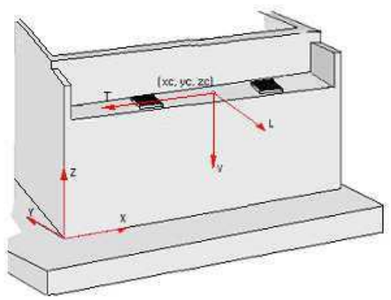
PP_Tab2 : Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio

| Acción | Hip. | Apoyo | $F_L$ (kN) | $F_T$ (kN) | $F_V$ (kN) | Tipo | +/- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PP_Tab2 | 1 | 1 | 0.00 | 0.00 | 150.00 | Excluyentes | No |
| | 1 | 2 | 0.00 | 0.00 | 150.00 | | |

+/- : indica si se consideran o no las acciones de signo contrario a las introducidas.

### 2.8.5 Acciones variables en el tablero

Definición de los ejes de las cargas del tablero :




| | x (m) | y (m) | z (m) |
|---|---|---|---|
| Eje L | 0.000 | -1.000 | 0.000 |
| Eje T | -1.000 | 0.000 | 0.000 |
| Eje V | 0.000 | 0.000 | -1.000 |





Cargas :

VI_CS : Viento. Con sobrecarga de uso. Efecto global
GR1 : Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1

| Acción | Hip. | Apoyo | $F_L$ (kN) | $F_T$ (kN) | $F_V$ (kN) | Tipo | +/- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VI_CS | 1 | 1 | 0.00 | -64.07 | 34.87 | Excluyentes | No |
| | 1 | 2 | 0.00 | -168.00 | -34.87 | | |
| | 2 | 1 | 0.00 | -64.07 | -34.87 | | |
| | 2 | 2 | 0.00 | -168.00 | 34.87 | | |
| | 3 | 1 | 0.00 | 64.07 | 34.87 | | |
| | 3 | 2 | 0.00 | 168.00 | -34.87 | | |
| | 4 | 1 | 0.00 | 64.07 | -34.87 | | |
| | 4 | 2 | 0.00 | 168.00 | 34.87 | | |
| | 5 | 1 | 122.39 | 0.00 | 0.00 | | |
| | 5 | 2 | 122.39 | 0.00 | 0.00 | | |
| | 6 | 1 | -122.39 | 0.00 | 0.00 | | |
| | 6 | 2 | -122.39 | 0.00 | 0.00 | | |
| GR1 | 1 | 1 | 28.10 | 0.00 | 281.00 | Excluyentes | No |
| | 1 | 2 | 28.10 | 0.00 | 281.00 | | |
| | 2 | 1 | -28.10 | 0.00 | 281.00 | | |
| | 2 | 2 | -28.10 | 0.00 | 281.00 | | |

+/- : indica si se consideran o no las acciones de signo contrario a las introducidas.

## 2.9 Seguridad

| ESTADO LÍMITE DE SERVICIO | | |
|---|---|---|
| | Tabla A2.6 Eurocódigo EN - 1992 | |
| | Coeficiente favorable | Coeficiente desfavorable |
| Peso propio. Estribo | 1.00 | 1.00 |
| Peso propio. Tablero. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 |
| Superestructura del tablero | 1.00 | 1.00 |
| Descensos de apoyo. Instantáneo | 0.00 | 1.00 |
| Reología. Retracción | 1.00 | 1.00 |
| Reología. Fluencia | 1.00 | 1.00 |
| Pretensado. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 |
| Pérdidas de pretensado totales | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Empuje pasivo | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Peso propio | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Fricción negativa | 0.00 | 1.00 |
| Rozamiento en apoyos. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR2 | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. TS | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. UDL | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Frenado/arranque | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Fuerza centrífuga | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Tráfico vertical en aceras | 0.00 | 1.00 |
| Viento. Sin sobrecarga de uso. Efecto global | 0.00 | 1.00 |
| Temperatura. Efecto global | 0.00 | 1.00 |
| Temperatura. Aumento uniforme de temperatura | 0.00 | 1.00 |
| Temperatura. Gradiente térmico | 0.00 | 1.00 |
| Acción del agua. Nivel freático. Efecto global. | 0.00 | 1.00 |
| Sismo. Efecto global | 0.00 | 0.00 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | 0.00 | 0.00 |

| ESTADO LÍMITE ÚLTIMO. SITUACIÓN PERSISTENTE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | E.L.Equilibrio | | E.L.Último Estructural y Geotécnico | | | |
| | Tabla A2.4 (A) Eurocódigo EN - 1992 | | Tabla A2.4 (B) Eurocódigo EN - 1992 | | Tabla A2.4 (C) Eurocódigo EN - 1992 | |
| | Coeficiente favorable | Coeficiente desfavorable | Coeficiente favorable | Coeficiente desfavorable | Coeficiente favorable | Coeficiente desfavorable |
| Peso propio. Estribo | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Peso propio. Tablero. Fase de construcción | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Superestructura del tablero | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Descensos de apoyo. Instantáneo | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 1.00 |
| Reología. Retracción | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Reología. Fluencia | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Pretensado. Fase de construcción | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Pérdidas de pretensado totales | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.30 |
| Terreno. Tierras. Empuje pasivo | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.30 |
| Terreno. Tierras. Peso propio | 0.95 | 1.05 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Fricción negativa | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 1.00 |
| Rozamiento en apoyos. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.30 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR2 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. TS | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. UDL | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Frenado/arranque | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Fuerza centrífuga | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Tráfico vertical en aceras | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.15 |
| Viento. Sin sobrecarga de uso. Efecto global | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.30 |
| Temperatura. Efecto global | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.30 |
| Temperatura. Aumento uniforme de temperatura | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.30 |
| Temperatura. Gradiente térmico | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.30 |
| Acción del agua. Nivel freático. Efecto global. | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 1.30 |
| Sismo. Efecto global | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| ESTADO LÍMITE ÚLTIMO. SITUACIÓN ACCIDENTAL | | |
|---|---|---|
| | Tabla A2.5 Eurocódigo EN - 1992 | |
| | Coeficiente favorable | Coeficiente desfavorable |
| Peso propio. Estribo | 1.00 | 1.00 |
| Peso propio. Tablero. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 |
| Superestructura del tablero | 1.00 | 1.00 |
| Descensos de apoyo. Instantáneo | 1.00 | 0.00 |
| Reología. Retracción | 1.00 | 1.00 |
| Reología. Fluencia | 1.00 | 1.00 |
| Pretensado. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 |
| Pérdidas de pretensado totales | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 1.30 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Empuje pasivo | 1.30 | 1.00 |
| Terreno. Tierras. Peso propio | 1.00 | 1.00 |
| Terreno. Fricción negativa | 1.00 | 0.00 |
| Rozamiento en apoyos. Fase de construcción | 1.00 | 1.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 1.30 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | 1.00 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | 1.15 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR2 | 1.15 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. TS | 1.15 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. UDL | 1.15 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Frenado/arranque | 1.15 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Fuerza centrífuga | 1.15 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Tráfico vertical en aceras | 1.15 | 0.00 |
| Viento. Sin sobrecarga de uso. Efecto global | 1.30 | 0.00 |
| Temperatura. Efecto global | 1.30 | 0.00 |
| Temperatura. Aumento uniforme de temperatura | 1.30 | 0.00 |
| Temperatura. Gradiente térmico | 1.30 | 0.00 |
| Acción del agua. Nivel freático. Efecto global. | 1.30 | 0.00 |
| Sismo. Efecto global | 0.00 | 1.00 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | 0.00 | 1.00 |



Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

*Coeficientes de seguridad de la resistencia, $\gamma_R$ (Coeficientes R)*

| | Estado límite último | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Situación persistente | | | | | Situación accidental |
| | E.L.Equilibrio | E.L.Último Estructural y Geotécnico | | | | |
| | Ap.2.4.7.2 | Ap.2.4.7.3 | | | | Ap.2.4.7.1 |
| | R | R1 | R2 | R3 | R4 | R |
| Estabilidad global | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Hundimiento | 1.00 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Deslizamiento | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Flexión | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Cortante | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Vuelco | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Pilotes. Punta | 1.00 | 1.25 | 1.10 | 1.00 | 1.60 | 1.00 |
| Pilotes. Fuste | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.30 | 1.00 |
| Pilotes. Total | 1.00 | 1.15 | 1.10 | 1.00 | 1.50 | 1.00 |
| Pilotes. Tracción | 1.00 | 1.25 | 1.15 | 1.10 | 1.60 | 1.00 |
| Resistencia del terreno | 1.00 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

*Coeficientes de seguridad de los parámetros geotécnicos, $\gamma_M$ (Coeficientes M)*

| | Estado límite de servicio | Estado límite último | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Situación persistente | | | Situación accidental |
| | | E.L.Equilibrio | E.L.Último Estructural y Geotécnico | | |
| | 2.4.8 EN-1997 | Tabla A.2 Anejo A | Tabla A.4 Anejo A EN-1997 | | 2.4.7.1 EN-1997 |
| | M | M | M1 | M2 | M |
| Ángulo de rozamiento interno | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.25 | 1.00 |
| Cohesión | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.25 | 1.00 |
| Densidad de las tierras | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

*Coeficientes de combinación*

| | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|---|---|---|---|
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | 0.75 | 0.75 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. TS | 0.75 | 0.75 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. UDL | 0.40 | 0.40 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Componentes de los modelos. Tráfico vertical en aceras | 0.40 | 0.40 | 0.00 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Viento. Sin sobrecarga de uso. Efecto global | 0.60 | 0.20 | 0.00 |
| Temperatura. Efecto global | 0.60 | 0.60 | 0.50 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

*Enfoque*

Para la verificación de los Estados Límite Últimos (geotécnicos y estructurales) se ha considerado el Enfoque 2

Se ha considerado pues, la siguiente combinación de coeficientes de seguridad:
A1 "+" M1 "+" R2
donde "+" significa combinado con.

*Movimientos admisibles*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 20 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 20 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en la zapata/encepado | : | 20 | mm |

**Combinaciones de acciones**

PP_Est: Peso propio. Estribo
PP_Tab2: Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio
SA: Cargas permanentes sobre las aletas
PT2: Terreno. Tierras. Peso propio
Emp_T2: Terreno. Tierras. Empuje en trasdós
GR1: Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1
VI_CS: Viento. Con sobrecarga de uso. Efecto global
SR2_Emp: Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje
SR2_V: Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical
IM: Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas

Estado límite: Estado límite estructural de servicio de fisuración
Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación cuasi permanente
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-STR-CP-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación cuasi permanente
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-STR-CP-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

Estado límite: Estado límite estructural último de rotura por flexión
Situación: Situación persistente
Combinación: Enfoque 2
Instante: Estructura en servicio

EST-ELU-STR-CR-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2





EST-ELU-STR-CR-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-SV-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-SV-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-SV-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

Situación: Situación persistente
Combinación: Enfoque 2
Instante: A tiempo infinito

EST-ELU-STR-CR-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-STR-CR-TI-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

Situación: Situación accidental
Combinación: Combinación de impacto
Instante: Estructura en servicio

EST-ELU-STR-A-I-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

Situación: Situación accidental
Combinación: Combinación de impacto
Instante: A tiempo infinito

EST-ELU-STR-A-I-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-STR-A-I-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

Estado límite: Estado límite geotécnico último de hundimiento
Situación: Situación persistente
Combinación: Enfoque 2
Instante: Estructura en servicio

EST-ELU-GEO-P-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-SV-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

Situación: Situación persistente
Combinación: Enfoque 2
Instante: A tiempo infinito

EST-ELU-GEO-P-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2





EST-ELU-GEO-P-TI-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-TI-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

EST-ELU-GEO-P-TI-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = Tabla A2.4(B). M = M1(ELU). R = R2

Situación: Situación accidental
Combinación: Combinación de impacto
Instante: Estructura en servicio

EST-ELU-GEO-A-I-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

Situación: Situación accidental
Combinación: Combinación de impacto
Instante: A tiempo infinito

EST-ELU-GEO-A-I-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

EST-ELU-GEO-A-I-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1 + IM
A = -. M = M(ELA). R = -

Estado límite: Estado límite estructural de servicio de deformaciones
Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación cuasi permanente
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-STR-CP-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación cuasi permanente
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-STR-CP-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CP-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación frecuente
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-STR-FR-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-SV-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación frecuente
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-STR-FR-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-FR-TI-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -





Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación característica
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-STR-CR-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-SV-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación característica
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-STR-CR-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-STR-CR-TI-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

Estado límite: Estado límite geotécnico de servicio de asientos
Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación cuasi permanente
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-GEO-CP-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CP-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1

A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CP-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación cuasi permanente
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-GEO-CP-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CP-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CP-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación frecuente
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-SV-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación frecuente
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_1$ SR2_Emp + $\psi_1$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ VI_CS + $\psi_2$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ GR1





A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-FR-TI-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_2$ SR2_Emp + $\psi_2$ SR2_V + $\psi_2$ VI_CS + $\psi_1$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación característica
Instante: Estructura en servicio

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-SV-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

Situación: Situación persistente
Combinación: Combinación característica
Instante: A tiempo infinito

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR1 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR2 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR3 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + SR2_Emp + SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR4 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR5 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + VI_CS + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR6 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR7 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

EST-ELS-GEO-CR-TI-NR8 = PT2 + Emp_T2 + PP_Est + PP_Tab2 + SA + $\psi_0$ SR2_Emp + $\psi_0$ SR2_V + $\psi_0$ VI_CS + GR1
A = -. M = M(ELS). R = -

## 2.11 Recubrimientos geométricos

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alzado | : | 40 | mm |
| Zapata | : | 50 | mm |

## 2.12 Configuración del cálculo

Método de distribución de tensiones uniforme (Método de la zapata equivalente)

El cálculo se realiza con una discretización de malla fina (adecuada para el cálculo definitivo de la estructura).

Los esfuerzos de cálculo se obtienen a partir de los esfuerzos del modelo de elementos finitos, integrándolos en una anchura de

Se integran en una anchura de : 0.500 m

La verificación del cálculo a flexión de los pilotes se realiza en un pilote con los esfuerzos pésimos.

La verificación del cálculo a cortante de los pilotes se realiza en un pilote con los esfuerzos pésimos.

# 3 MODELO DE CÁLCULO

Para el cálculo del estribo se genera un modelo de elementos finitos.

Cada parte de la estructura se modeliza con placas discretizadas con elementos tipo TCCL1 (Elementos triangulares de lámina de Reissner-Mindlin, cuadrático en desplazamientos y giros, y lineal en desplazamientos de cortante).

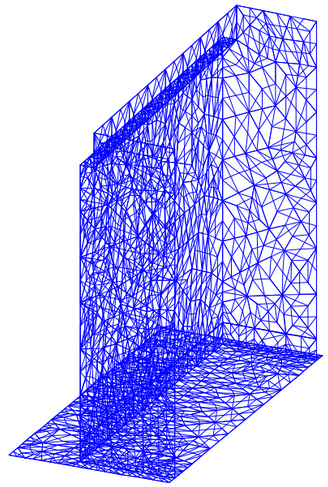
| | | |
|---|---|---|
| Número de nodos de la estructura | : | 1657 |
| Número de elementos del tipo barra | : | 0 |
| Número de elementos del tipo lámina triangular TCCL1 | : | 802 |

$\alpha$: Ángulo interior mínimo de los elementos de la discretización
$L_{máx.}$: Longitud máxima de un lado del elemento TCCL1

| Placa | $\alpha$ (º) | $L_{máx.}$ (m) |
|---|---|---|
| 1 | 30.0 | 1.000 |
| 2 | 30.0 | 1.000 |
| 3 | 30.0 | 1.000 |
| 4 | 30.0 | 1.000 |
| 5 | 30.0 | 1.000 |
| 6 | 30.0 | 1.000 |
| 7 | 30.0 | 1.000 |
| 8 | 30.0 | 1.000 |
| 9 | 30.0 | 1.000 |



Civil eStudio
*Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo*
*Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2*



# 4 ESTADO LÍMITE DE DESLIZAMIENTO

La comprobación de deslizamiento se lleva a cabo en una serie de direcciones, equidistando entre ellas 12.5 grados centesimales

## 4.1 Situación persistente. Enfoque 2. Estructura en servicio

Sector 9

| Acción | F normal (kN) | F roz. (kN) | F horiz. estab. (kN) | F desest. (kN) |
|---|---|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 2243.0 | 1427.8 | -0.0 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 295.7 | 188.2 | 0.0 | 1961.4 |
| Peso propio. Estribo | 2534.6 | 1613.4 | -0.0 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 300.0 | 191.0 | -0.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 2.2 | 1.4 | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 44.3 | 28.2 | 0.0 | 286.3 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Viento. Con sobrecarga de uso. Efecto global | -0.0 | -0.0 | 0.0 | 367.2 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |

Fuerza estabilizadora:

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza de rozamiento | : | 3449.9 kN |
| Fuerza horizontal estabilizadora | : | 0.0 kN |
| Adherencia | : | 0.0 kN |
| Total | : | 3449.9 kN |

Fuerza desestabilizadora : 2614.9 kN

Factor de seguridad : 1.319
Factor de seguridad admisible : 1.000

FS = 1.319 > $FS_{admisible}$ = 1.000 -> **Cumple a deslizamiento.**

## 4.2 Situación persistente. Enfoque 2. A tiempo infinito

Sector 9

| Acción | F normal (kN) | F roz. (kN) | F horiz. estab. (kN) | F desest. (kN) |
|---|---|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 2243.0 | 1427.8 | -0.0 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 295.7 | 188.2 | 0.0 | 1961.4 |
| Peso propio. Estribo | 2534.6 | 1613.4 | -0.0 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 300.0 | 191.0 | -0.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 2.2 | 1.4 | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 44.3 | 28.2 | 0.0 | 286.3 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Viento. Con sobrecarga de uso. Efecto global | -0.0 | -0.0 | 0.0 | 367.2 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |

Fuerza estabilizadora:

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza de rozamiento | : | 3449.9 kN |
| Fuerza horizontal estabilizadora | : | 0.0 kN |
| Adherencia | : | 0.0 kN |
| Total | : | 3449.9 kN |

Fuerza desestabilizadora : 2614.9 kN

Factor de seguridad : 1.319
Factor de seguridad admisible : 1.000

FS = 1.319 > $FS_{admisible}$ = 1.000 -> **Cumple a deslizamiento.**

## 4.3 Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio

Sector 9

| Acción | F normal (kN) | F roz. (kN) | F horiz. estab. (kN) | F desest. (kN) |
|---|---|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 2243.0 | 1570.6 | -0.0 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 197.1 | 138.0 | 0.0 | 1307.6 |
| Peso propio. Estribo | 2534.6 | 1774.7 | -0.0 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 300.0 | 210.1 | -0.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 2.2 | 1.5 | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 29.5 | 20.7 | 0.0 | 190.9 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | -0.0 | -0.0 | 0.0 | 0.0 |

Fuerza estabilizadora:

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza de rozamiento | : | 3715.6 kN |
| Fuerza horizontal estabilizadora | : | 0.0 kN |
| Adherencia | : | 0.0 kN |
| Total | : | 3715.6 kN |

Fuerza desestabilizadora : 1498.5 kN

Factor de seguridad : 2.480
Factor de seguridad admisible : 1.000

FS = 2.480 > $FS_{admisible}$ = 1.000 -> **Cumple a deslizamiento.**





## 4.4 Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito

Sector 9

| Acción | F normal (kN) | F roz. (kN) | F horiz. estab. (kN) | F desest. (kN) |
|---|---|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 2243.0 | 1570.6 | -0.0 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 197.1 | 138.0 | 0.0 | 1307.6 |
| Peso propio. Estribo | 2534.6 | 1774.7 | -0.0 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 300.0 | 210.1 | -0.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 2.2 | 1.5 | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 29.5 | 20.7 | 0.0 | 190.9 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | -0.0 | -0.0 | 0.0 | 0.0 |

Fuerza estabilizadora:

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza de rozamiento | : | 3715.6 kN |
| Fuerza horizontal estabilizadora | : | 0.0 kN |
| Adherencia | : | 0.0 kN |
| Total | : | 3715.6 kN |

Fuerza desestabilizadora : 1498.5 kN

Factor de seguridad : 2.480
Factor de seguridad admisible : 1.000

FS = 2.480 > $FS_{admisible}$ = 1.000 -> **Cumple a deslizamiento.**

## 4.5 Resumen de verificaciones

Muro frontal :

Situación persistente. Enfoque 2. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Enfoque 2. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.

# 5 ESTADO LÍMITE DE VUELCO

La comprobación de vuelco se lleva a cabo en torno a los 3 extremos de la zapata

## 5.1 Situación persistente. Combinación fundamental. Estructura en servicio

Extremo frontal de la zapata

| Acción | M estab. (kNm) | M desest. (kNm) |
|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 6965.6 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 0.0 | 3826.3 |
| Peso propio. Estribo | 5138.3 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 456.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 6.5 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 0.0 | 806.1 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | 0.0 |
| Viento. Con sobrecarga de uso. Efecto global | 0.0 | 2548.2 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | 0.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento estabilizador | : | 12566.4 | kNm |
| Momento desestabilizador | : | 7180.6 | kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Factor de seguridad | : | 1.750 |
| Factor de seguridad admisible | : | 1.000 |

FS = 1.750 > FSadm = 1.000 -> **Cumple a vuelco.**

## 5.2 Situación persistente. Combinación fundamental. A tiempo infinito

Extremo frontal de la zapata

| Acción | M estab. (kNm) | M desest. (kNm) |
|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 6965.6 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 0.0 | 3826.3 |
| Peso propio. Estribo | 5138.3 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 456.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 6.5 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 0.0 | 806.1 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | 0.0 |
| Viento. Con sobrecarga de uso. Efecto global | 0.0 | 2548.2 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | 0.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento estabilizador | : | 12566.4 | kNm |
| Momento desestabilizador | : | 7180.6 | kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Factor de seguridad | : | 1.750 |
| Factor de seguridad admisible | : | 1.000 |

FS = 1.750 > FSadm = 1.000 -> **Cumple a vuelco.**

## 5.3 Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio

Extremo frontal de la zapata

| Acción | M estab. (kNm) | M desest. (kNm) |
|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 7332.2 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 0.0 | 2796.0 |
| Peso propio. Estribo | 5408.8 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 480.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 6.9 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 0.0 | 597.1 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | 0.0 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | 0.0 | 0.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento estabilizador | : | 13227.8 | kNm |
| Momento desestabilizador | : | 3393.1 | kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Factor de seguridad | : | 3.898 |
| Factor de seguridad admisible | : | 1.000 |

FS = 3.898 > FSadm = 1.000 -> **Cumple a vuelco.**





## 5.4 Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito

Extremo frontal de la zapata

| Acción | M estab. (kNm) | M desest. (kNm) |
|---|---|---|
| Terreno. Tierras. Peso propio | 7332.2 | 0.0 |
| Terreno. Tierras. Empuje en trasdós | 0.0 | 2796.0 |
| Peso propio. Estribo | 5408.8 | 0.0 |
| Peso propio. Tablero (incremento) . Fase: estribo en servicio | 480.0 | 0.0 |
| Cargas permanentes sobre las aletas | 6.9 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Empuje | 0.0 | 597.1 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas en terraplén. Acción vertical | -0.0 | 0.0 |
| Sobrecargas de uso. Sobrecargas de uso en tablero. Grupo GR1 | -0.0 | 0.0 |
| Impacto. Vehículos de carretera. Contra las aletas | 0.0 | 0.0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento estabilizador | : | 13227.8 | kNm |
| Momento desestabilizador | : | 3393.1 | kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Factor de seguridad | : | 3.898 |
| Factor de seguridad admisible | : | 1.000 |

FS = 3.898 > FSadm = 1.000 -> **Cumple a vuelco.**

## 5.5 Resumen de verificaciones

Situación persistente. Combinación fundamental. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación fundamental. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.

# 6 ESTADO LÍMITE DE HUNDIMIENTO

La comprobación de hundimiento se lleva a cabo evaluando las tensiones en las 4 esquinas de la zapata

## 6.1 Situación persistente. Enfoque 2. Estructura en servicio

Esquina 1: zarpa delantera. Extremo lateral 1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 2524.9 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 6980.8 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 150.5 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -5718.2 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 | $kN/m^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | $kN/m^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 | $kN/m^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 2: zarpa trasera. Extremo lateral 1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 2524.9 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 6980.8 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 150.5 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -5718.2 | kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 3: zarpa trasera. Extremo lateral 2

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 883.5 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 7876.1 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 164.0 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | 2924.6 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 266.8 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 266.823 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 4: zarpa delantera. Extremo lateral 2

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 2671.8 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 6980.8 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 150.5 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -6737.5 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 356.6 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 356.597 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

## 6.2 Situación persistente. Enfoque 2. A tiempo infinito

Esquina 1: zarpa delantera. Extremo lateral 1

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 2524.9 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 6980.8 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 150.5 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -5718.2 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 2: zarpa trasera. Extremo lateral 1

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 2524.9 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 6980.8 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 150.5 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -5718.2 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |



Civil eStudio

Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 3: zarpa trasera. Extremo lateral 2

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 883.5 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 7876.1 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 164.0 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | 2924.6 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 266.8 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 266.823 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 4: zarpa delantera. Extremo lateral 2

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 2671.8 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | -0.0 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 6980.8 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 150.5 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -6737.5 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 356.6 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 400.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 356.597 < $\sigma_{adm}$= 400.000 -> **Cumple a hundimiento.**

## 6.3 Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio

Esquina 1: zarpa delantera. Extremo lateral 1

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1498.5 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5306.4 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -1494.4 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 2: zarpa trasera. Extremo lateral 1

| | | |
|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1498.5 kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5306.4 kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -1494.4 kNm |

| | | |
|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 3: zarpa trasera. Extremo lateral 2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1498.5 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5306.4 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -1494.4 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 | kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 | kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 4: zarpa delantera. Extremo lateral 2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1540.6 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5727.9 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -2012.4 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 192.0 | kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 | kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 191.996 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

## 6.4 Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito

Esquina 1: zarpa delantera. Extremo lateral 1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1498.5 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5306.4 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -1494.4 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 | kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 | kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 2: zarpa trasera. Extremo lateral 1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1498.5 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5306.4 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -1494.4 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 | kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 | kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**





Esquina 3: zarpa trasera. Extremo lateral 2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1498.5 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5306.4 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -1494.4 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 0.0 | kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 | kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 0.000 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

Esquina 4: zarpa delantera. Extremo lateral 2

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fuerza en la dirección longitudinal: | : | 1540.6 | kN |
| Fuerza en la dirección transversal: | : | 1.1 | kN |
| Fuerza en la dirección vertical: | : | 5727.9 | kN |
| Momento en torno al eje longitudinal en el centro de la base de la zapata: | : | 134.8 | kNm |
| Momento en torno al eje transversal en el centro de la base de la zapata: | : | -2012.4 | kNm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Presión máxima | : | 192.0 | kN/m$^2$ |
| Presión de hundimiento | : | 560.0 | kN/m$^2$ |
| Presión admisible | : | 560.0 | kN/m$^2$ |

$\sigma_{max}$= 191.996 < $\sigma_{adm}$= 560.000 -> **Cumple a hundimiento.**

## 6.5 Resumen de verificaciones

Situación persistente. Enfoque 2. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Enfoque 2. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Combinación de impacto. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Combinación de impacto. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.

# 7 ESTADO LÍMITE DE ASIENTOS

## 7.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asiento máximo | : | 1.9 | mm |
| Asiento admisible | : | 10.0 | mm |

## 7.2 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asiento máximo | : | 1.9 | mm |
| Asiento admisible | : | 10.0 | mm |

## 7.3 Situación persistente. Combinación frecuente. Estructura en servicio

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asiento máximo | : | 2.1 | mm |
| Asiento admisible | : | 10.0 | mm |

## 7.4 Situación persistente. Combinación frecuente. A tiempo infinito

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asiento máximo | : | 2.1 | mm |
| Asiento admisible | : | 10.0 | mm |

## 7.5 Situación persistente. Combinación característica. Estructura en servicio

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asiento máximo | : | 2.7 | mm |
| Asiento admisible | : | 10.0 | mm |

## 7.6 Situación persistente. Combinación característica. A tiempo infinito

| | | | |
|---|---|---|---|
| Asiento máximo | : | 2.7 | mm |
| Asiento admisible | : | 10.0 | mm |

## 7.7 Resumen de verificaciones

Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación frecuente. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación frecuente. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación característica. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación característica. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.



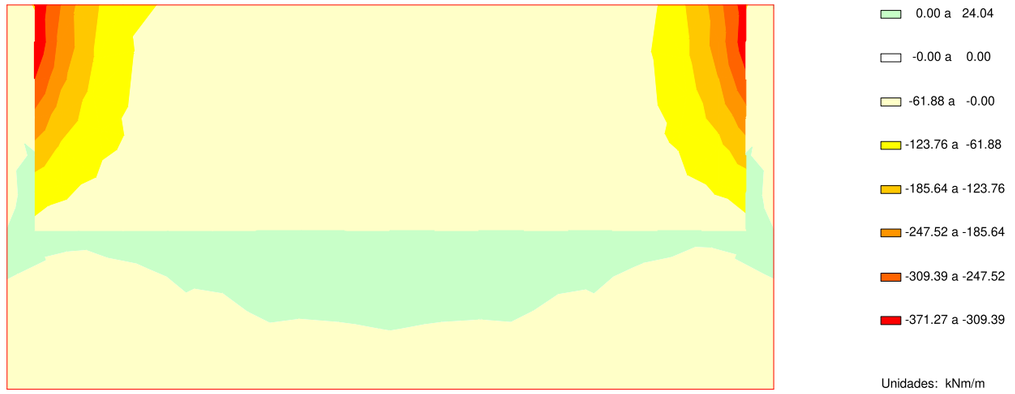


# 8 ESTADO LÍMITE DE FLEXIÓN

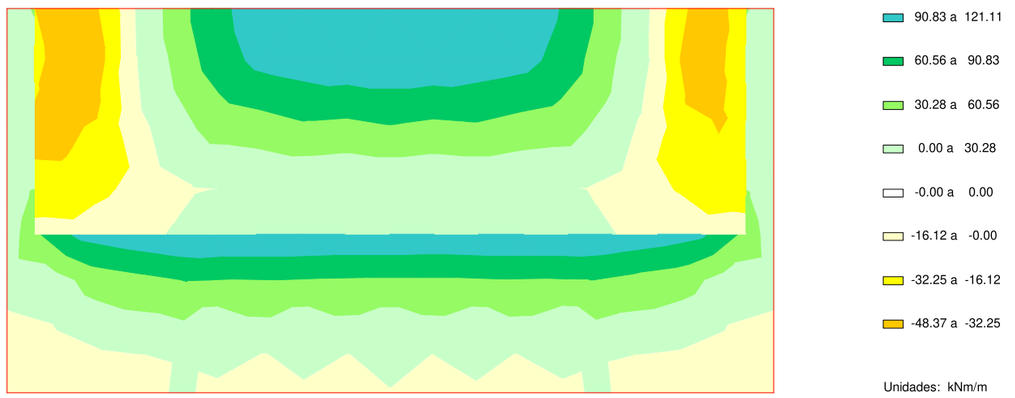
## 8.1 Zapata

### 8.1.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN
SITUACIóN PERSISTENTE
Momento de eje transversal mínimo (armado longitudinal)
Zapata




ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN
SITUACIóN PERSISTENTE
Momento de eje transversal máximo (armado longitudinal)
Zapata

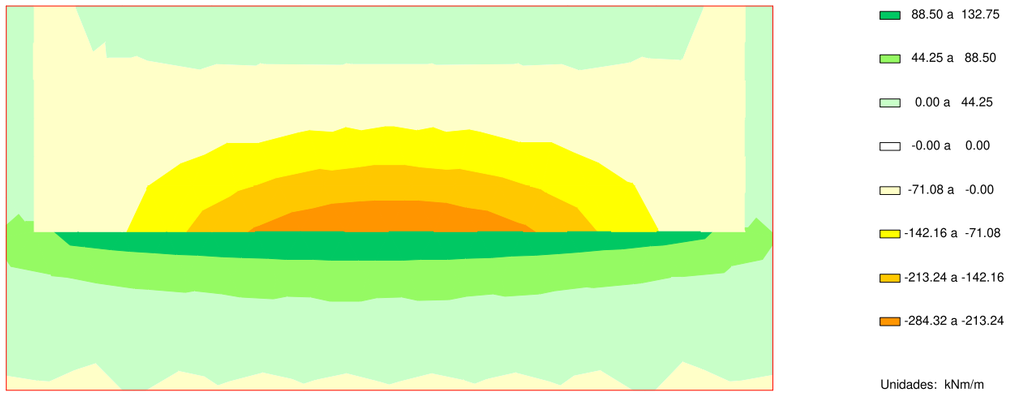


ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje longitudinal mínimo (armado transversal)

Zapata

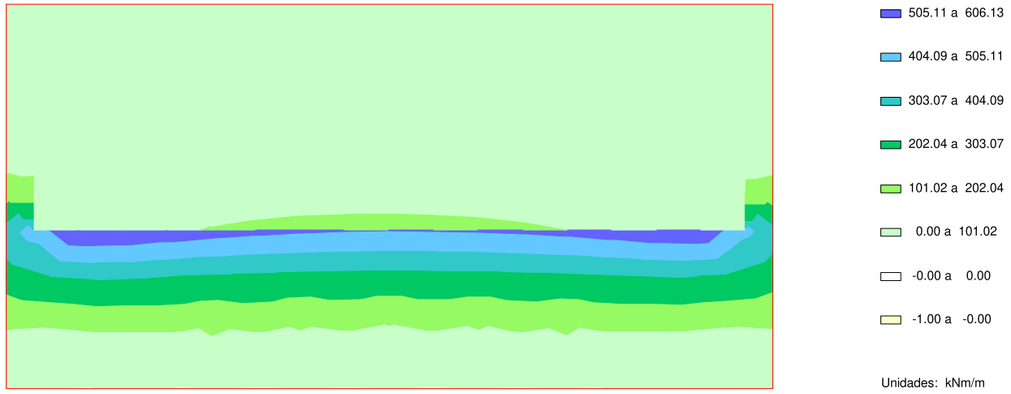



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje longitudinal máximo (armado transversal)

Zapata





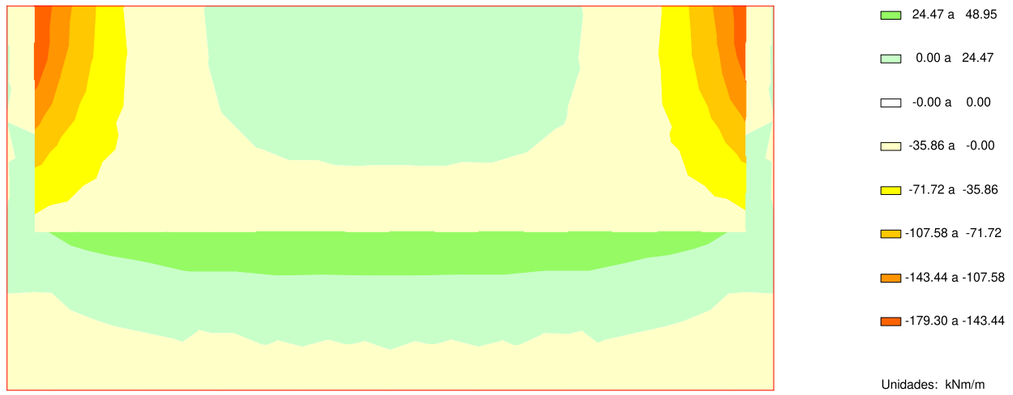



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje transversal mínimo (armado longitudinal)

Zapata

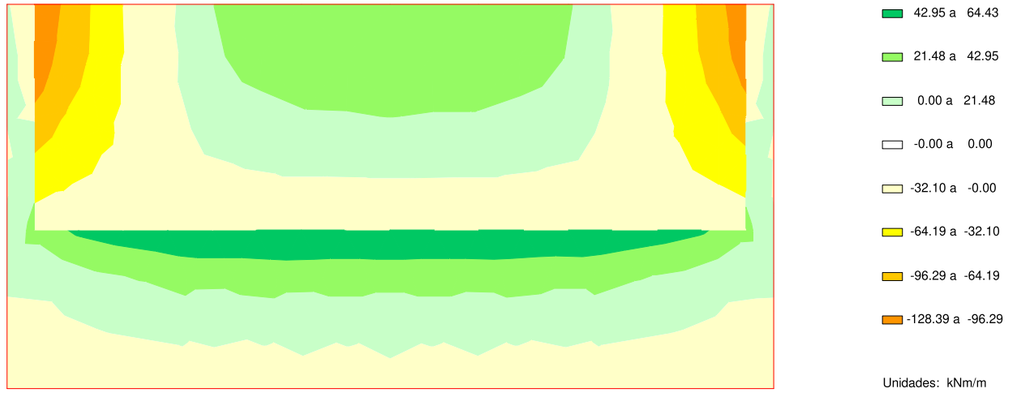



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje transversal máximo (armado longitudinal)

Zapata

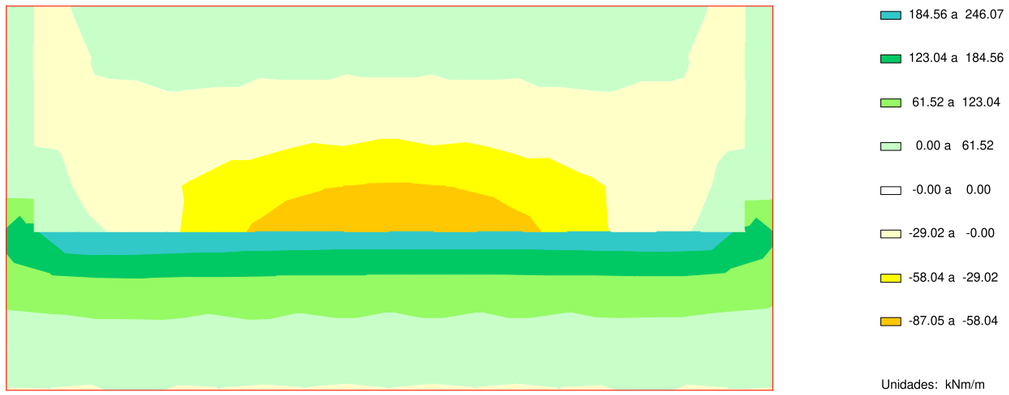


ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje longitudinal mínimo (armado transversal)

Zapata

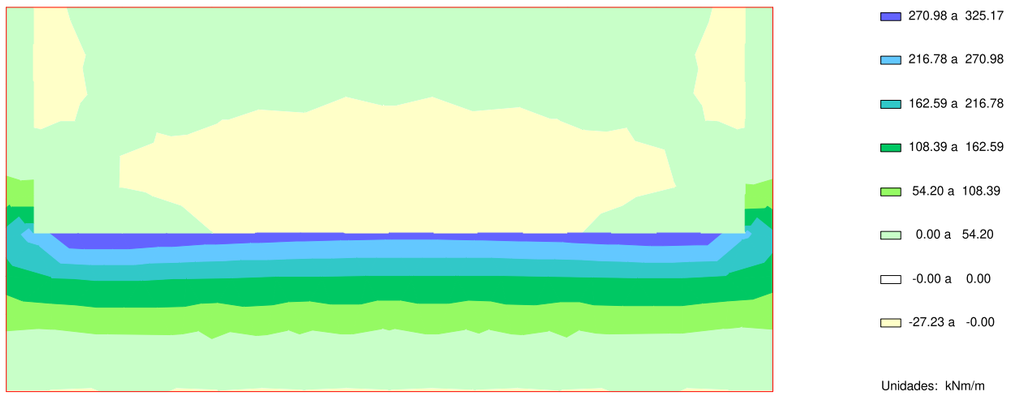



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje longitudinal máximo (armado transversal)

Zapata







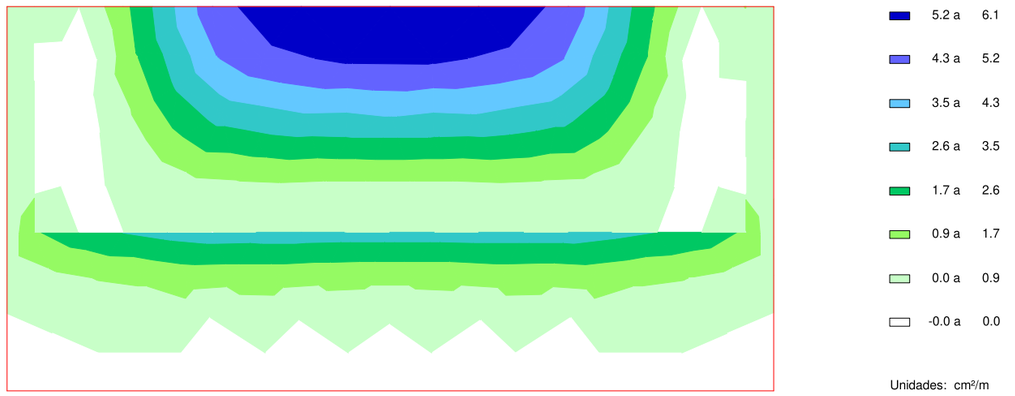

### 8.1.2 Armaduras de cálculo

CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura longitudinal en cara inferior

Zapata

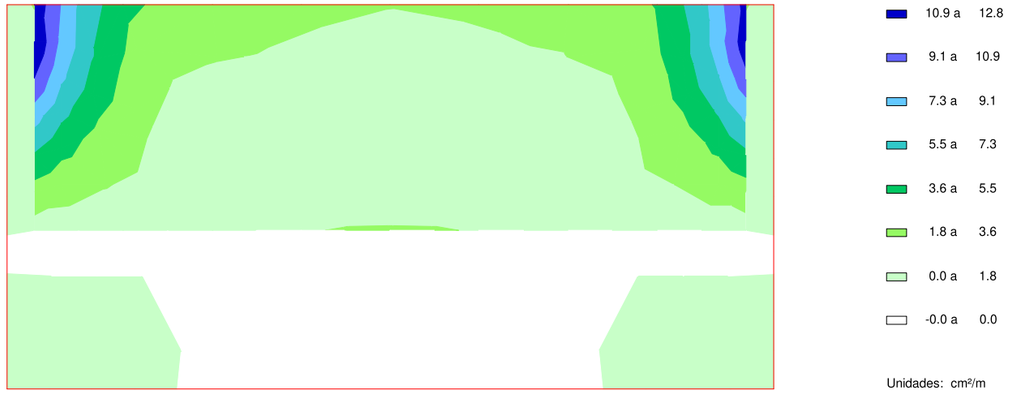



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura longitudinal en cara superior

Zapata

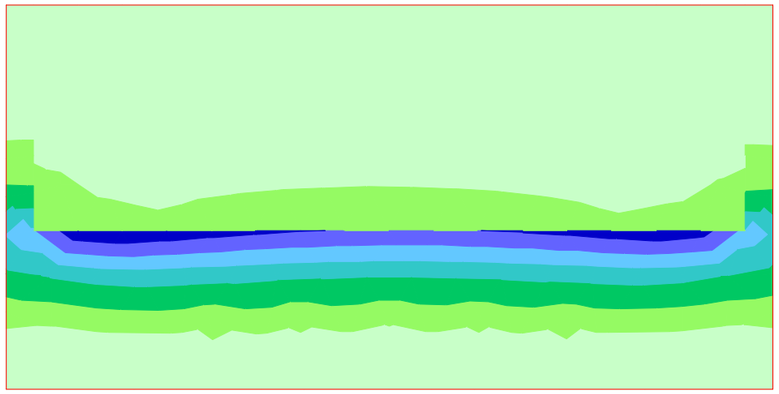


CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura transversal en cara inferior

Zapata

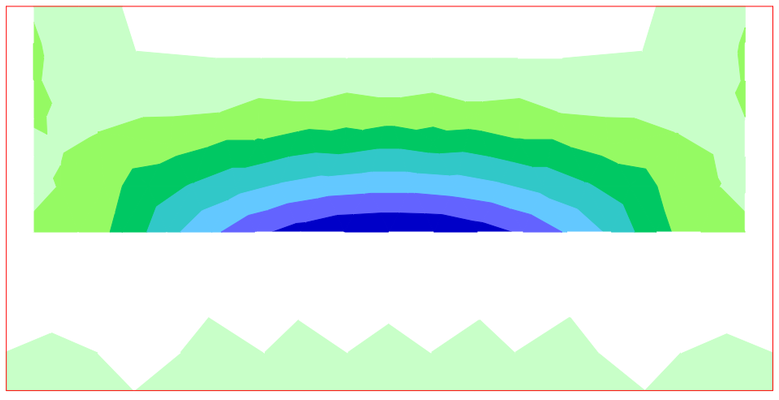



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura transversal en cara superior

Zapata








## 8.2 Muro frontal

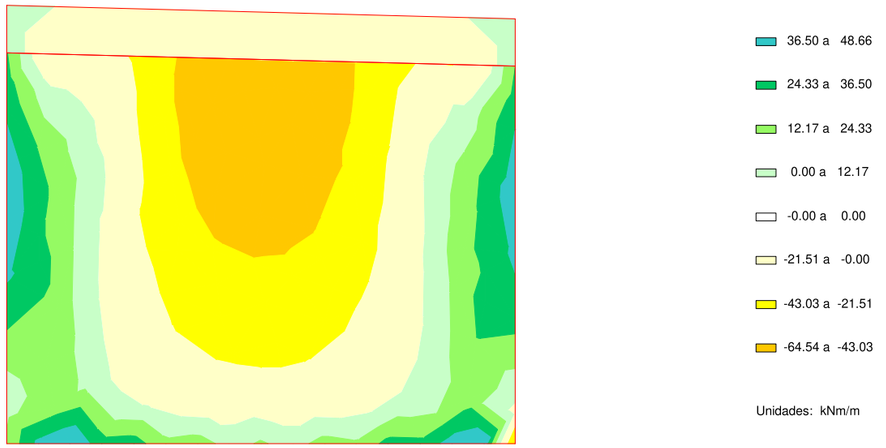
### 8.2.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Muro frontal

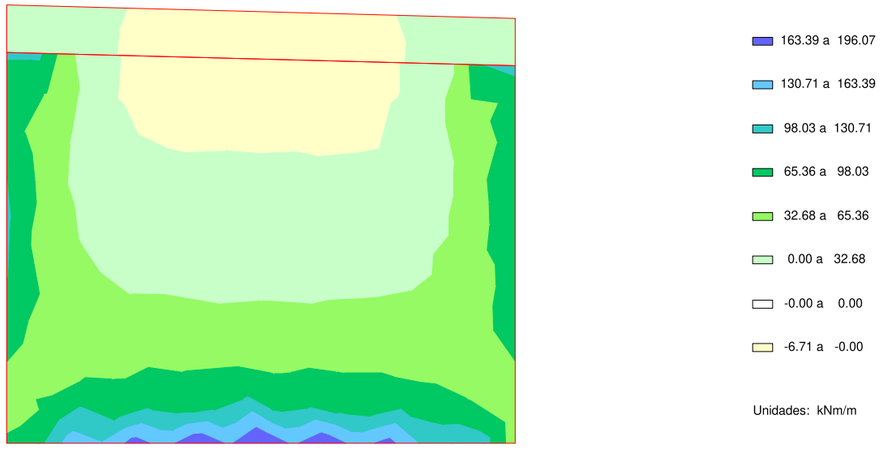



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Muro frontal

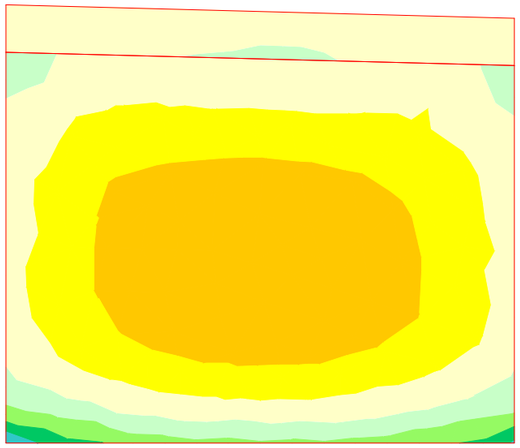


ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Muro frontal

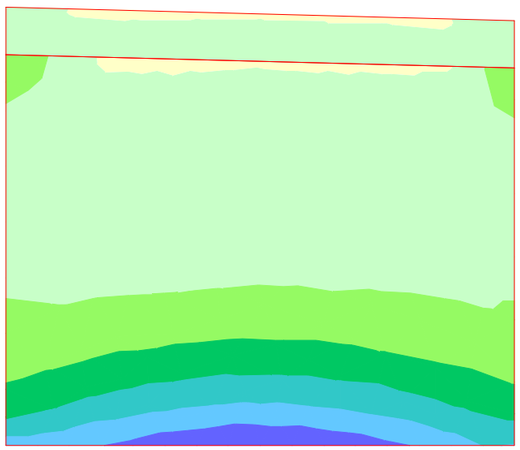



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Muro frontal





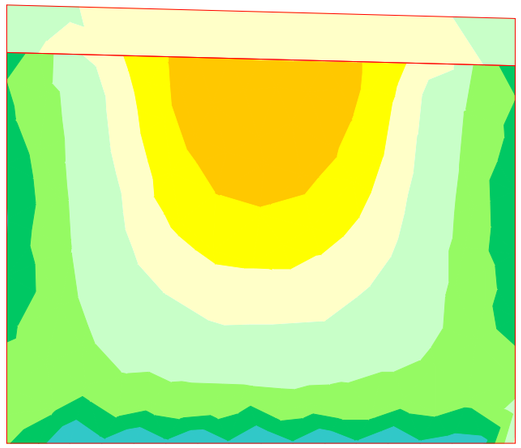



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Muro frontal

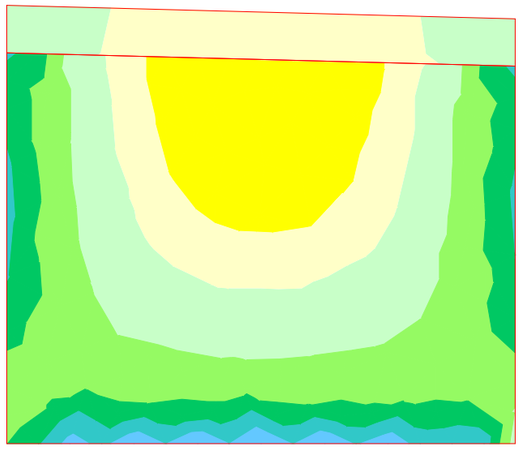



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Muro frontal

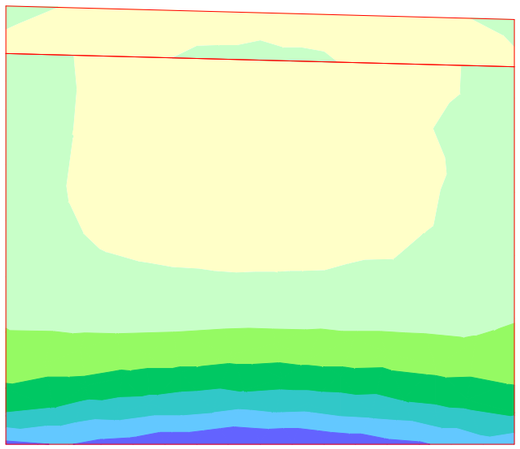


ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Muro frontal

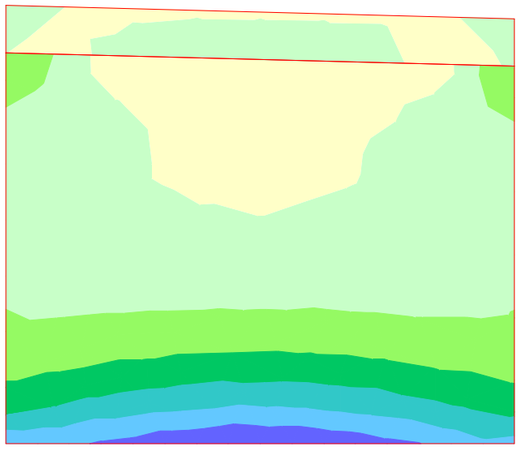



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Muro frontal







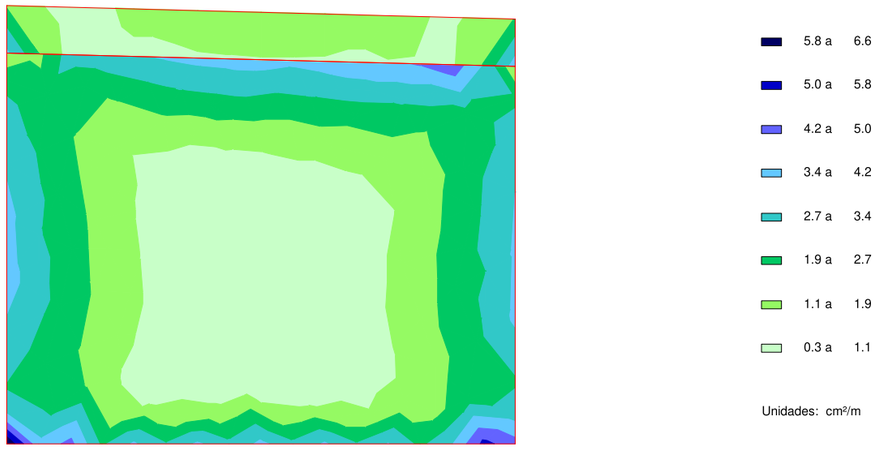

### 8.2.2 Armaduras de cálculo

CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura horizontal en cara interior

Muro frontal

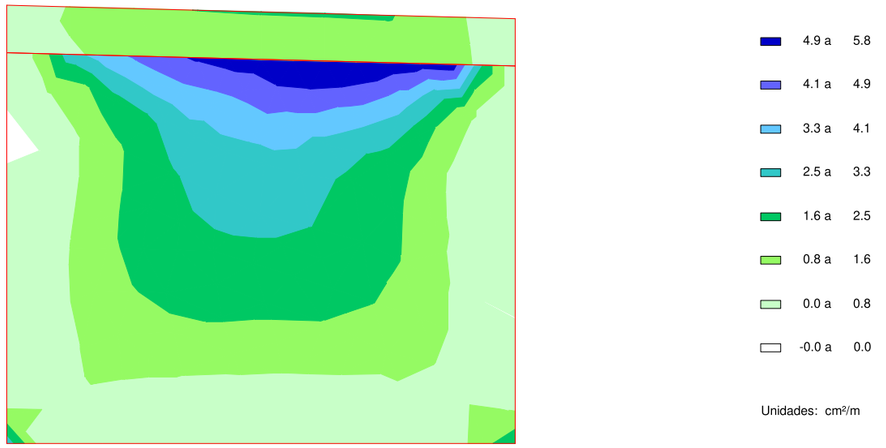



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura horizontal en cara exterior

Muro frontal

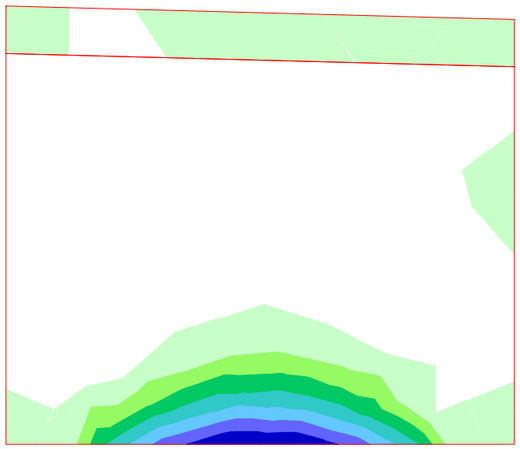


CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura vertical en cara interior

Muro frontal

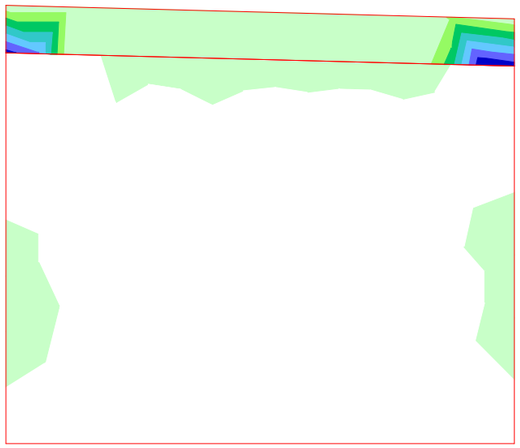



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura vertical en cara exterior

Muro frontal






Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

## 8.3 Aleta 1

### 8.3.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Aleta 1

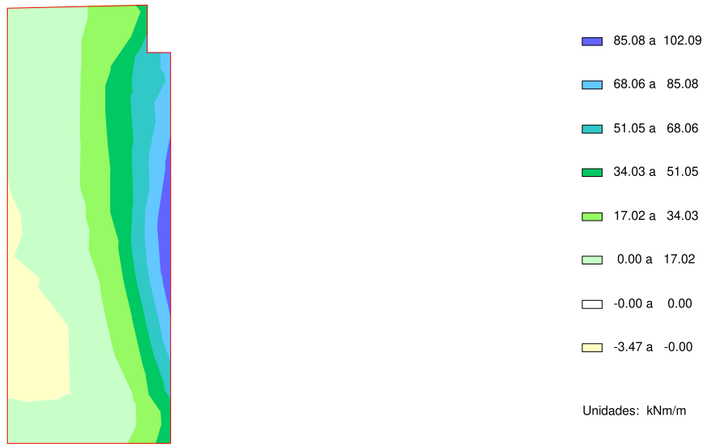



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Aleta 1

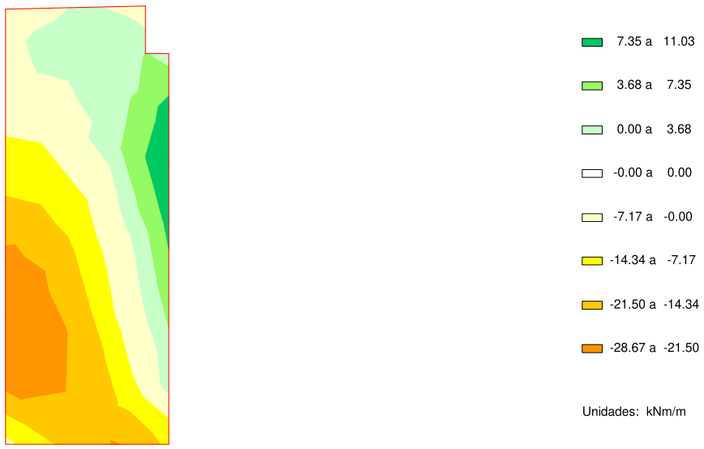


ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Aleta 1

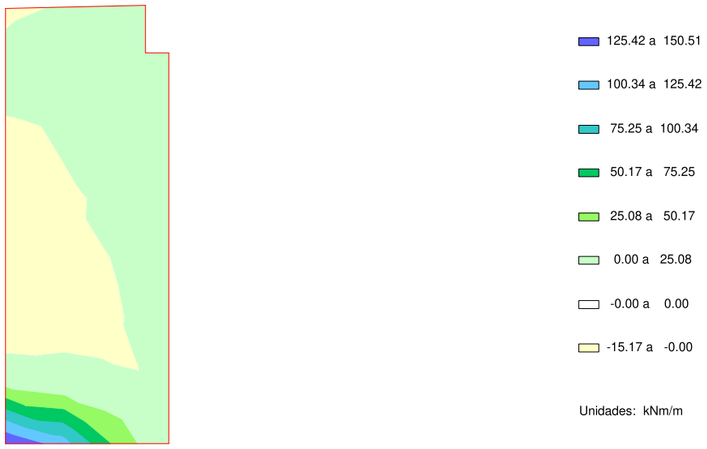



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Aleta 1





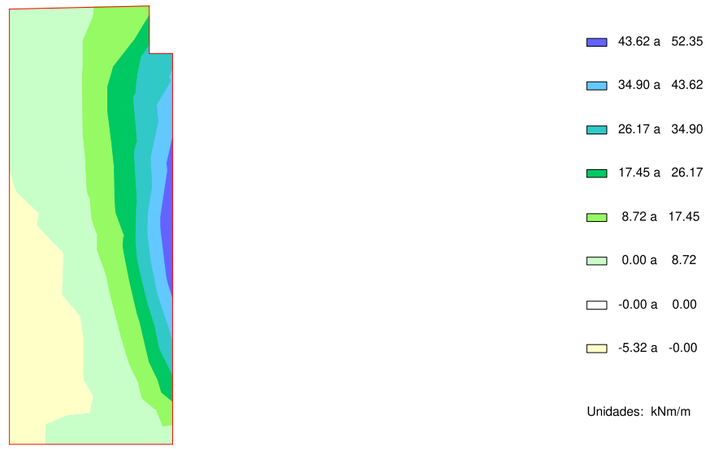



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Aleta 1

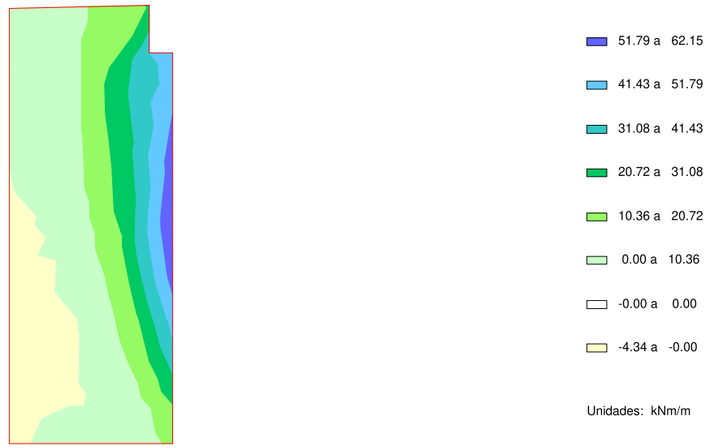



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Aleta 1

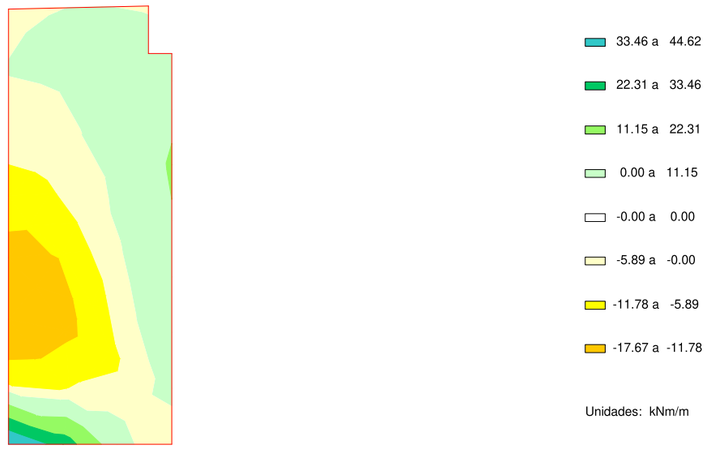


ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Aleta 1

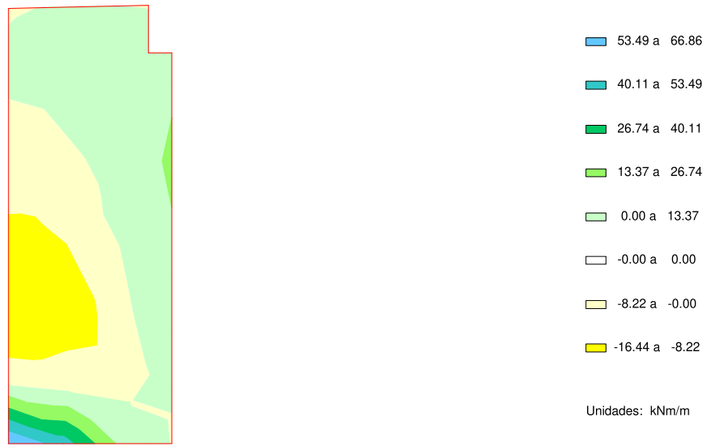



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Aleta 1







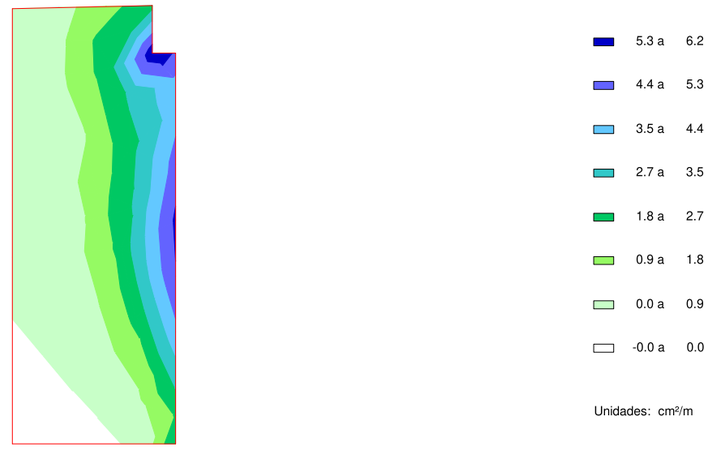

### 8.3.2 Armaduras de cálculo

CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura horizontal en cara interior

Aleta 1

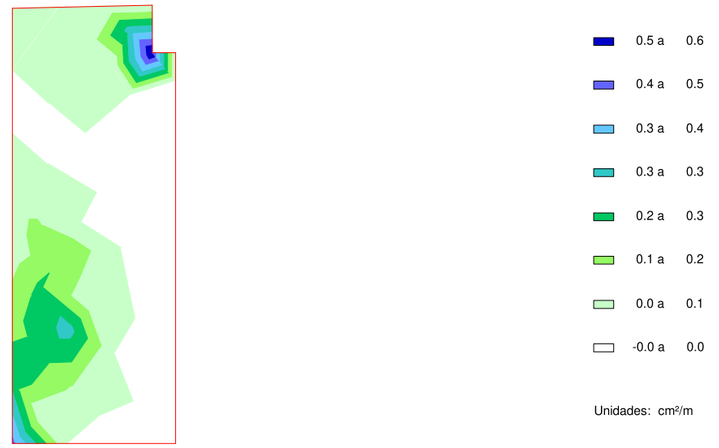



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura horizontal en cara exterior

Aleta 1

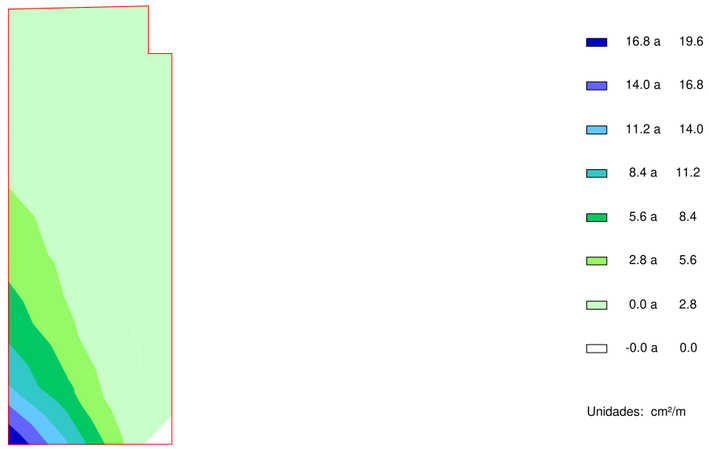


CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura vertical en cara interior

Aleta 1

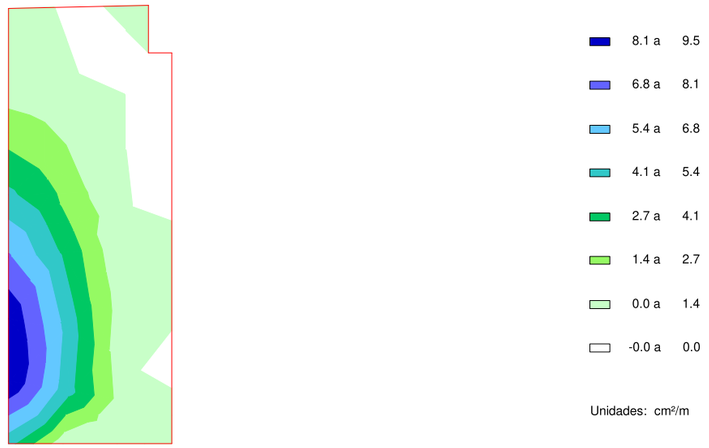



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura vertical en cara exterior

Aleta 1








## 8.4 Aleta2

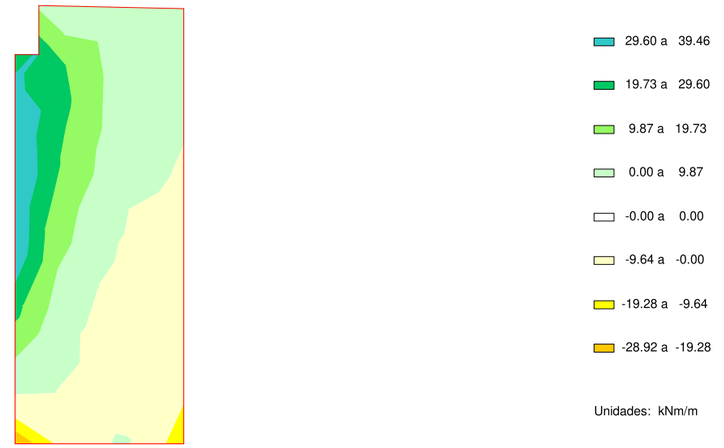
### 8.4.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Aleta 2

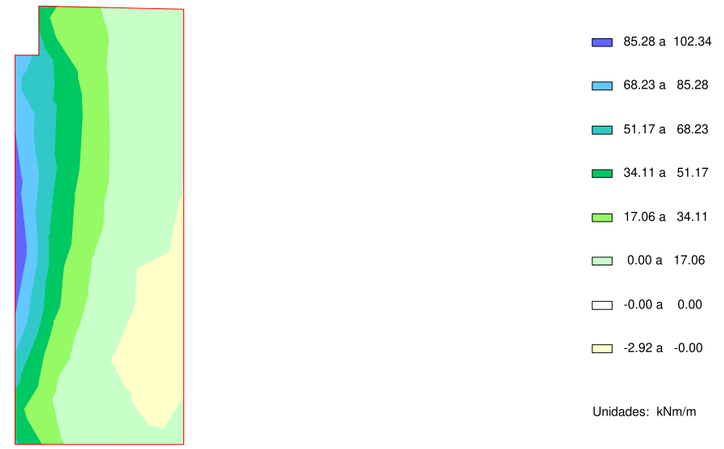



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Aleta 2



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Aleta 2




ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Aleta 2





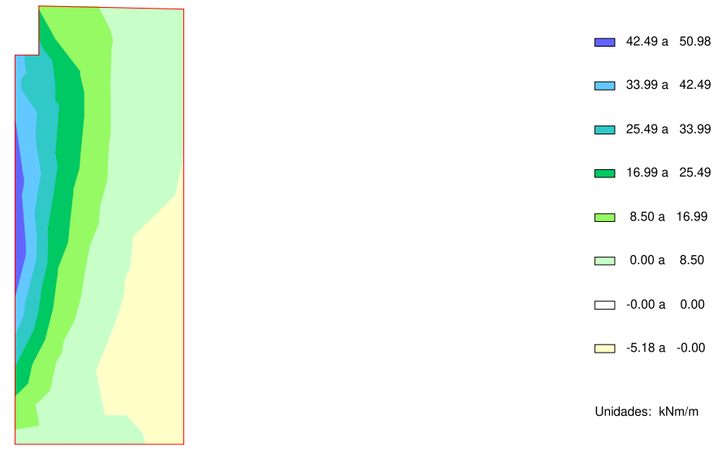



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Aleta 2

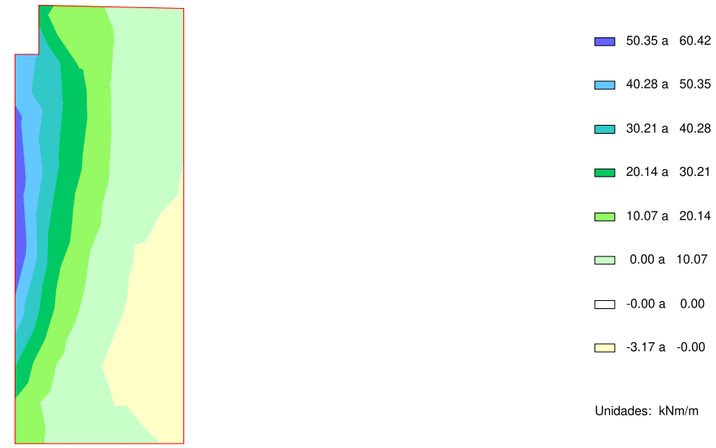



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Aleta 2



ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Aleta 2




ESFUERZOS. EL ROTURA POR FLEXIóN

SITUACIóN ACCIDENTAL

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Aleta 2







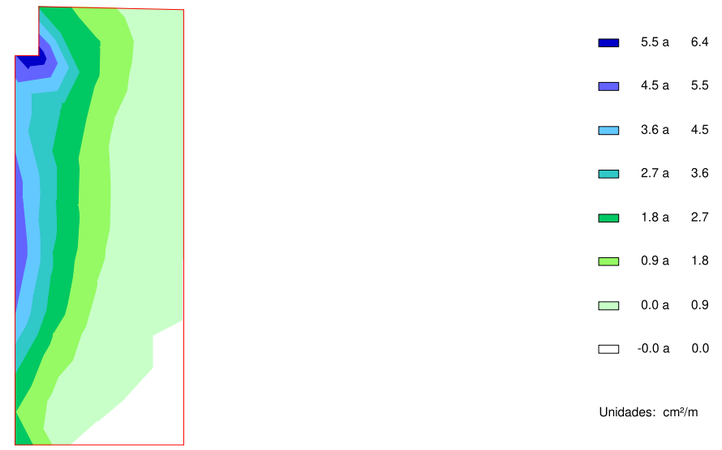

### 8.4.2 Armaduras de cálculo

CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura horizontal en cara interior

Aleta 2




CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura horizontal en cara exterior

Aleta 2

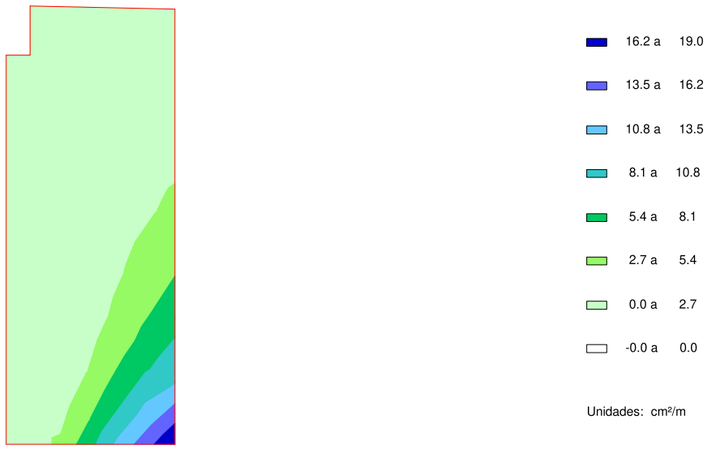


CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura vertical en cara interior

Aleta 2

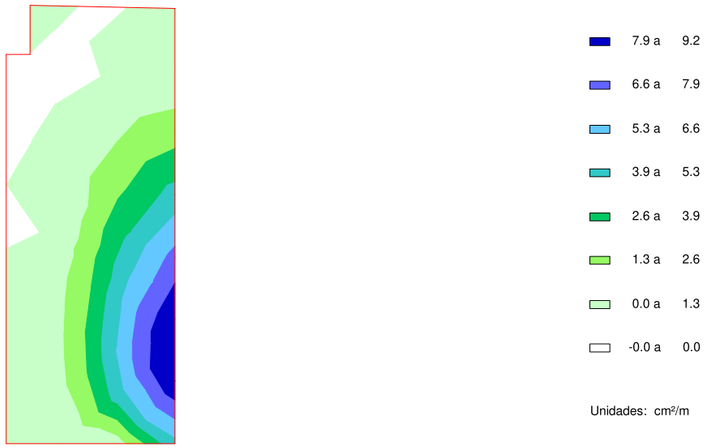



CUANTÍAS. EL ROTURA POR FLEXIóN

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura vertical en cara exterior

Aleta 2






Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2

## 8.5 Resumen de verificaciones

Zapata :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Zapata. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Zapata. Verifica la comprobación.

Muro frontal :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Muro frontal. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Muro frontal. Verifica la comprobación.

Aleta 1 :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 1. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 1. Verifica la comprobación.

Aleta 2 :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 2. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 2. Verifica la comprobación.

# 9 ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

## 9.1 Zapata

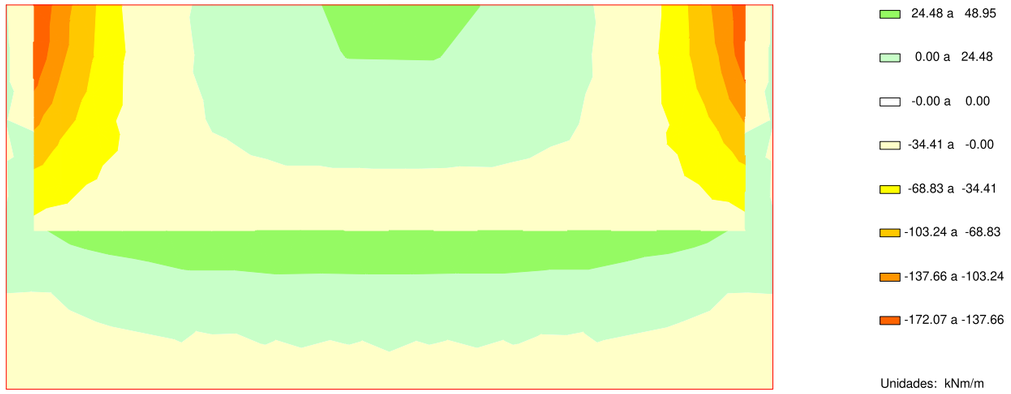
### 9.1.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje transversal mínimo (armado longitudinal)

Zapata




ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje transversal máximo (armado longitudinal)

Zapata





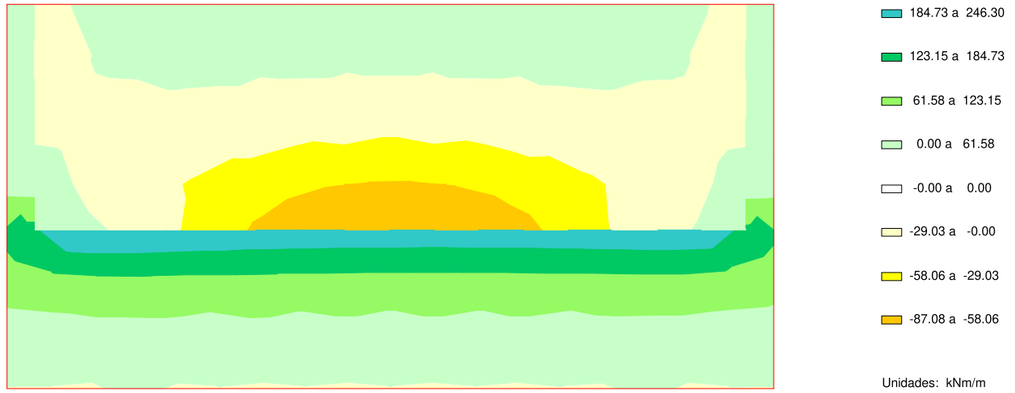



ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje longitudinal mínimo (armado transversal)

Zapata

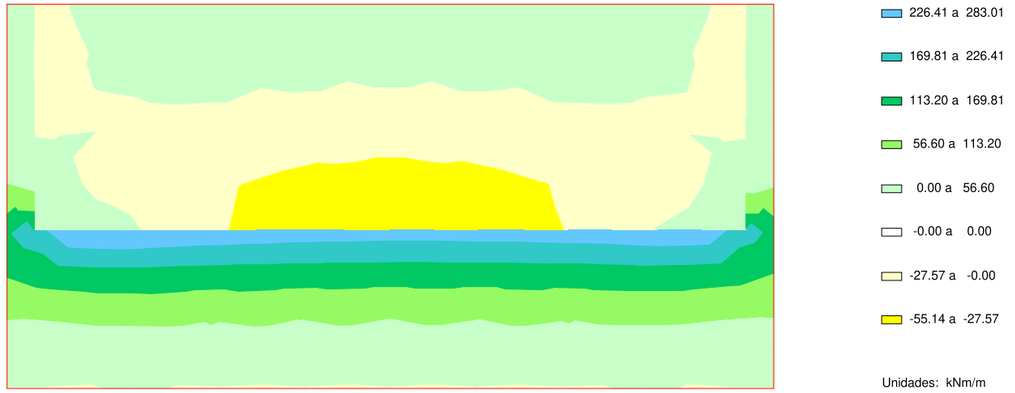



ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje longitudinal máximo (armado transversal)

Zapata



### 9.1.2 Cálculo de E.L. de fisuración

**Zapata. Armadura transversal. Cara inferior**

Recubrimiento mecánico: 0.058 m
Recubrimiento geométrico: 0.050 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara inferior | As. flexión Cara superior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | -83.5 | 6.9 | 0.06 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | 113.2 | 203.1 | 0.15 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | 62.6 | 283.0 | 0.25 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | 62.6 | 283.0 | 0.25 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara inferior

El momento positivo comprime la fibra de la cara superior

**Sí cumple.**

**Zapata. Armadura longitudinal. Cara inferior**

Recubrimiento mecánico: 0.074 m
Recubrimiento geométrico: 0.050 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara inferior | As. flexión Cara superior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | -125.3 | 17.8 | 0.10 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | 88.9 | -5.7 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | 21.6 | 56.2 | 0.06 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | 21.6 | 56.2 | 0.06 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara inferior

El momento positivo comprime la fibra de la cara superior

**Sí cumple.**

**Zapata. Armadura transversal. Cara superior**

Recubrimiento mecánico: 0.058 m
Recubrimiento geométrico: 0.050 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara inferior | As. flexión Cara superior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | -83.5 | 6.9 | 0.03 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | 113.2 | 203.1 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | -76.1 | -87.1 | 0.11 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.900 | 15.29 | 12.68 | Ø16 a 0.125 m | -76.1 | -87.1 | 0.11 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara superior

El momento positivo comprime la fibra de la cara superior

**Sí cumple.**





**Zapata. Armadura longitudinal. Cara superior**

Recubrimiento mecánico: 0.074 m
Recubrimiento geométrico: 0.050 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara inferior | As. flexión Cara superior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | -125.3 | 17.8 | 0.04 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | 88.9 | -5.7 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | -103.9 | -172.1 | 0.25 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.900 | 12.44 | 12.75 | Ø16 a 0.125 m | -103.9 | -172.1 | 0.25 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara superior

El momento positivo comprime la fibra de la cara superior

**Sí cumple.**

## 9.2 Muro frontal

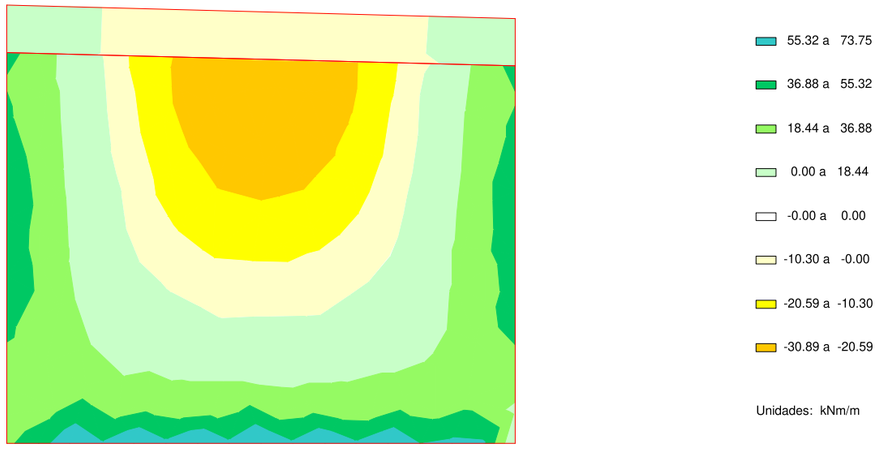
### 9.2.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical mínimo (armado horizontal)

Muro frontal

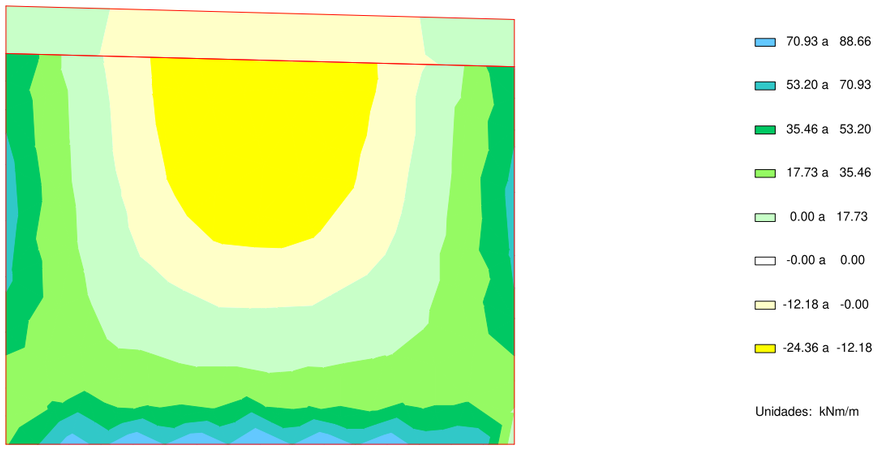


ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje vertical máximo (armado horizontal)

Muro frontal

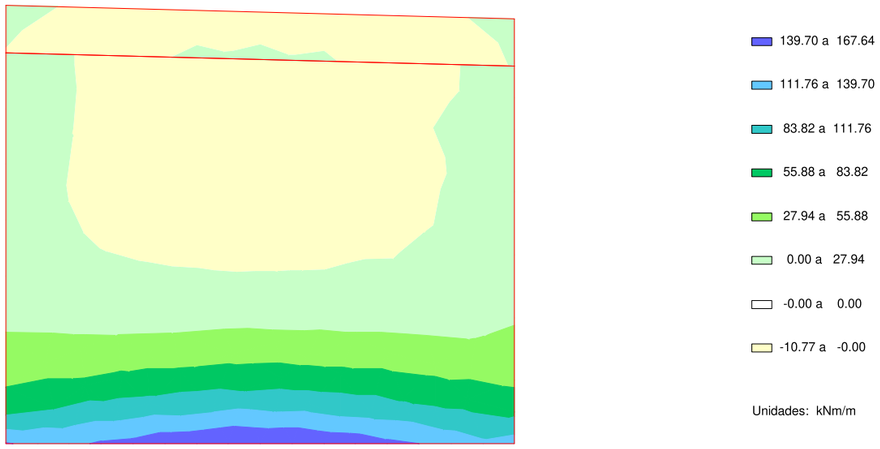



ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal mínimo (armado vertical)

Muro frontal





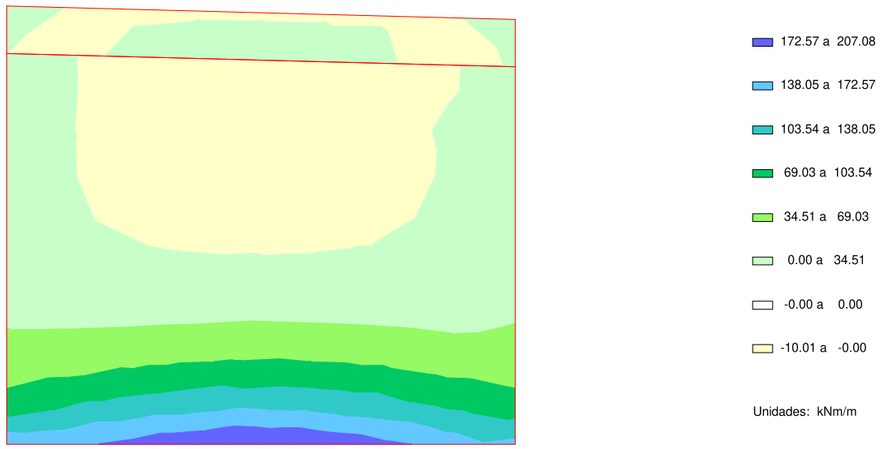



ESFUERZOS. EL FISURACIóN

SITUACIóN PERSISTENTE

Momento de eje horizontal máximo (armado vertical)

Muro frontal




### 9.2.2 Cálculo de E.L. de fisuración

**Muro frontal. Muro. Armadura vertical. Cara exterior**

Recubrimiento mecánico: 0.068 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø16 a 0.125 m | 4.2 | -1.7 | 0.00 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø16 a 0.125 m | 444.1 | 165.5 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø16 a 0.125 m | 100.1 | -10.8 | 0.00 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø16 a 0.125 m | 100.1 | -10.8 | 0.00 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Muro. Armadura horizontal. Cara exterior**

Recubrimiento mecánico: 0.050 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | -187.7 | -30.7 | 0.13 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | 69.0 | 53.9 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | -160.1 | -30.9 | 0.11 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | -160.1 | -30.9 | 0.11 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Muro. Armadura vertical. Cara interior**

Recubrimiento mecánico: 0.070 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø20 a 0.125 m | 4.2 | -1.7 | 0.00 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø20 a 0.125 m | 444.1 | 165.5 | 0.01 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø20 a 0.125 m | 261.8 | 207.1 | 0.05 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 1.020 | 14.34 | 14.34 | Ø20 a 0.125 m | 261.8 | 207.1 | 0.05 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Muro. Armadura horizontal. Cara interior**

Recubrimiento mecánico: 0.050 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | -187.7 | -30.7 | 0.06 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | 69.0 | 53.9 | 0.02 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | 34.9 | 88.7 | 0.06 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 1.020 | 14.61 | 14.61 | Ø20 a 0.200 m | 34.9 | 88.7 | 0.06 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Espaldón. Armadura vertical. Cara trasera**

Recubrimiento mecánico: 0.058 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | -16.5 | 1.6 | 0.02 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 12.5 | -0.7 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | -0.8 | 4.1 | 0.02 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | -0.8 | 4.1 | 0.02 | 0.30 |





Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Espaldón. Armadura horizontal. Cara trasera**

Recubrimiento mecánico: 0.046 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | -81.3 | 12.8 | 0.15 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 26.1 | 9.0 | 0.03 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 25.6 | 13.0 | 0.06 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 25.6 | 13.0 | 0.06 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Espaldón. Armadura vertical. Cara frontal**

Recubrimiento mecánico: 0.058 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 2 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 4 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | -16.5 | 1.6 | 0.01 | 0.30 |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 12.5 | -0.7 | 0.00 | 0.30 |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 7.4 | -3.2 | 0.01 | 0.30 |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.64 | 3.64 | Ø12 a 0.125 m | 7.4 | -3.2 | 0.01 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Muro frontal. Espaldón. Armadura horizontal. Cara frontal**

Recubrimiento mecánico: 0.046 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior ($cm^2$) | As. flexión Cara exterior ($cm^2$) | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | (m) | | | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 2 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 4 | 0.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.30 |
| 5 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | -81.3 | 12.8 | 0.03 | 0.30 |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | 26.1 | 9.0 | 0.00 | 0.30 |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | -40.4 | -1.2 | 0.07 | 0.30 |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 0.300 | 3.88 | 3.83 | Ø12 a 0.150 m | -40.4 | -1.2 | 0.07 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

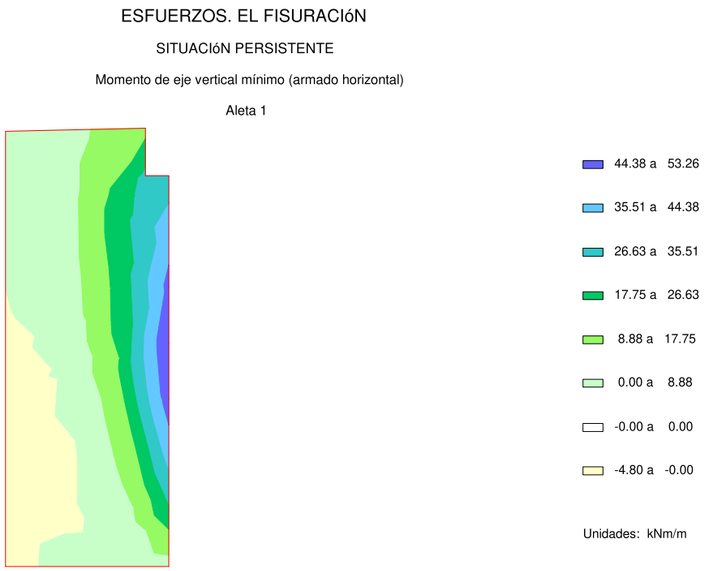
$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

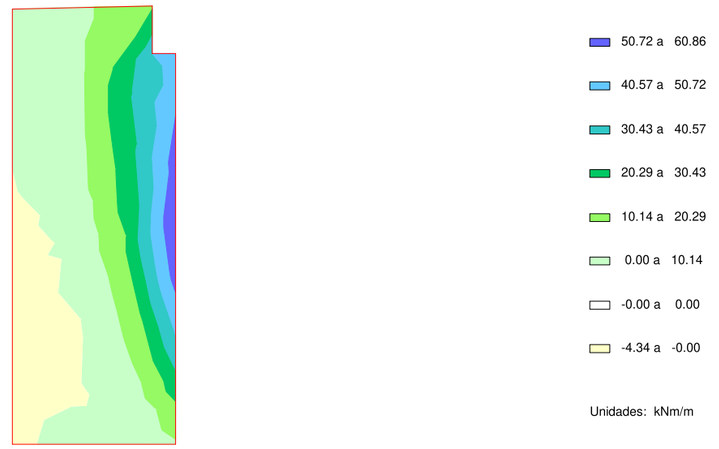
## 9.3 Aleta 1

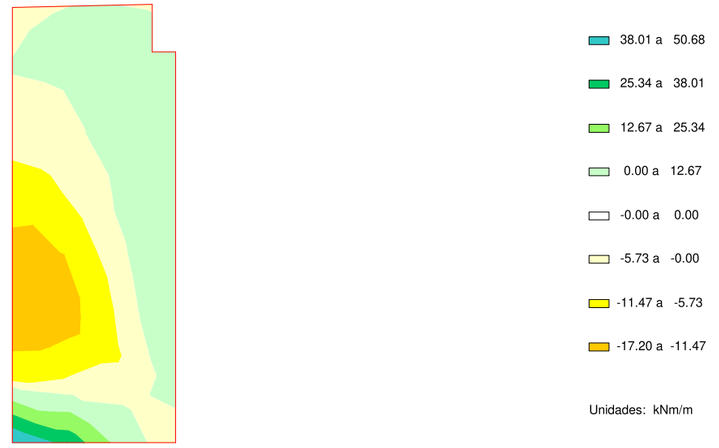
### 9.3.1 Esfuerzos de cálculo

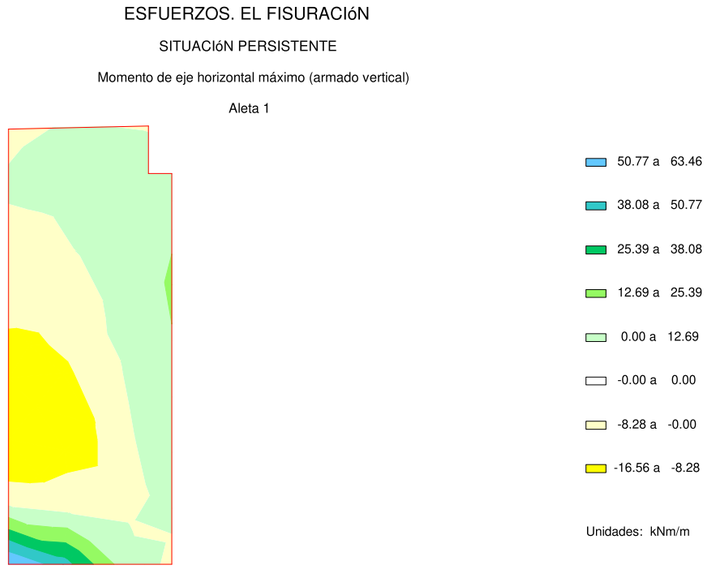









### 9.3.2 Cálculo de E.L. de fisuración

**Aleta 1. Muro. Armadura vertical. Cara exterior**

Recubrimiento mecánico: 0.070 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho (m) | Canto (m) | As. flexión Cara interior ($cm^2$) | As. flexión Cara exterior ($cm^2$) | Arm. dispuesta | $N_k$ (kN) | $M_k$ (kNm) | $w_k$ (mm) | $w_{adm}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø16 a 0.150 m | -361.6 | 63.4 | 0.05 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø16 a 0.150 m | 263.3 | -1.0 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø16 a 0.150 m | -185.5 | -17.2 | 0.16 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø16 a 0.150 m | -185.5 | -17.2 | 0.16 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Aleta 1. Muro. Armadura horizontal. Cara exterior**

Recubrimiento mecánico: 0.040 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho (m) | Canto (m) | As. flexión Cara interior ($cm^2$) | As. flexión Cara exterior ($cm^2$) | Arm. dispuesta | $N_k$ (kN) | $M_k$ (kNm) | $w_k$ (mm) | $w_{adm}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -51.9 | 60.9 | 0.00 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 304.6 | 5.3 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 13.7 | -4.8 | 0.00 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 13.7 | -4.8 | 0.00 | 0.30 |





Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Aleta 1. Muro. Armadura vertical. Cara interior**

Recubrimiento mecánico: 0.070 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho (m) | Canto (m) | As. flexión Cara interior ($cm^2$) | As. flexión Cara exterior ($cm^2$) | Arm. dispuesta | $N_k$ (kN) | $M_k$ (kNm) | $w_k$ (mm) | $w_{adm}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø20 a 0.150 m | -361.6 | 63.4 | 0.21 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø20 a 0.150 m | 263.3 | -1.0 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø20 a 0.150 m | -361.6 | 63.4 | 0.21 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 19.59 | 9.50 | Ø20 a 0.150 m | -361.0 | 63.5 | 0.21 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Aleta 1. Muro. Armadura horizontal. Cara interior (zona inferior)**

Recubrimiento mecánico: 0.050 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho (m) | Canto (m) | As. flexión Cara interior ($cm^2$) | As. flexión Cara exterior ($cm^2$) | Arm. dispuesta | $N_k$ (kN) | $M_k$ (kNm) | $w_k$ (mm) | $w_{adm}$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -51.9 | 60.9 | 0.20 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 304.6 | 5.3 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -51.9 | 60.9 | 0.20 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -51.9 | 60.9 | 0.20 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

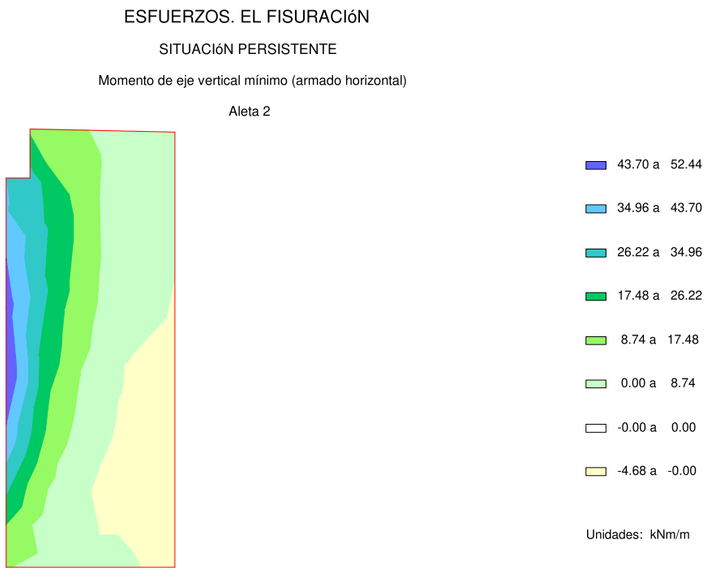
$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

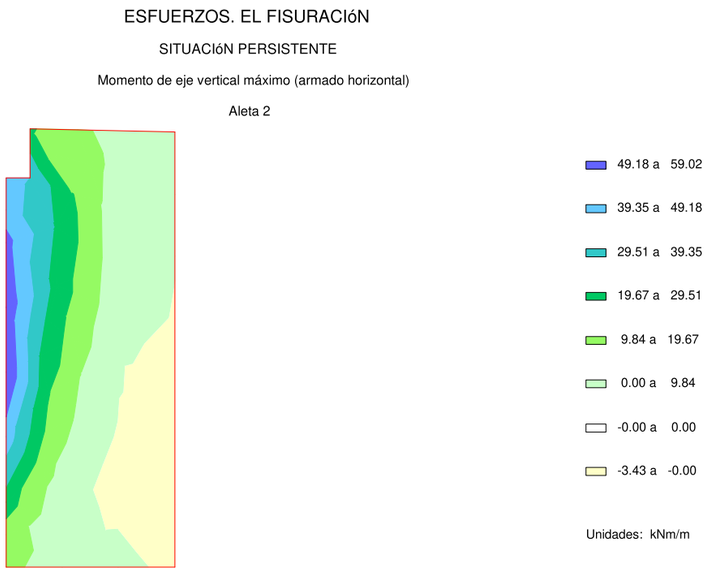
El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

## 9.4 Aleta2

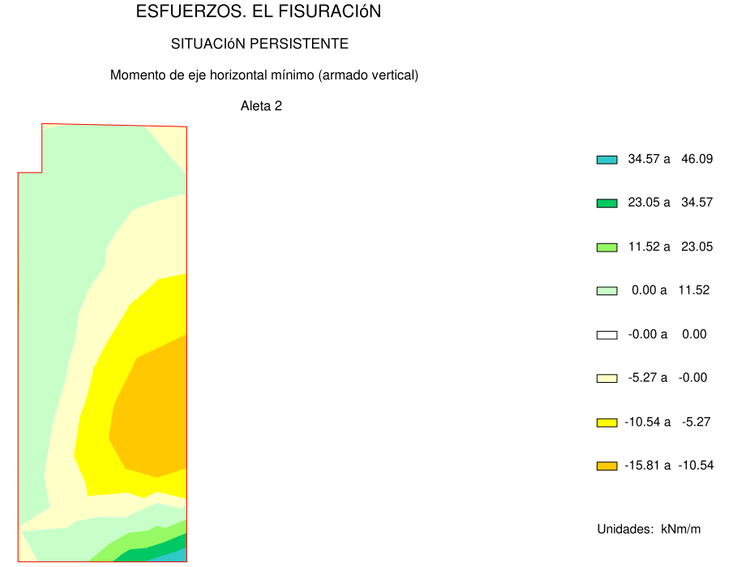
### 9.4.1 Esfuerzos de cálculo






Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2






### 9.4.2 Cálculo de E.L. de fisuración

**Aleta 2. Muro. Armadura vertical. Cara exterior**

Recubrimiento mecánico: 0.070 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø16 a 0.150 m | -356.0 | 58.4 | 0.06 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø16 a 0.150 m | 268.9 | -2.3 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø16 a 0.150 m | -188.0 | -15.8 | 0.16 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø16 a 0.150 m | -188.0 | -15.8 | 0.16 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Aleta 2. Muro. Armadura horizontal. Cara exterior**

Recubrimiento mecánico: 0.040 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -54.2 | 37.8 | 0.00 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 281.7 | 9.2 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 12.6 | -4.7 | 0.00 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 12.6 | -4.7 | 0.00 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara exterior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

**Aleta 2. Muro. Armadura vertical. Cara interior**

Recubrimiento mecánico: 0.070 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø20 a 0.150 m | -356.0 | 58.4 | 0.21 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø20 a 0.150 m | 268.9 | -2.3 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø20 a 0.150 m | -356.0 | 58.4 | 0.21 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 18.96 | 9.19 | Ø20 a 0.150 m | -355.4 | 58.4 | 0.21 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**





**Aleta 2. Muro. Armadura horizontal. Cara interior (zona inferior)**

Recubrimiento mecánico: 0.050 m
Recubrimiento geométrico: 0.040 m

| Hipótesis | Ancho | Canto | As. flexión Cara interior | As. flexión Cara exterior | Arm. dispuesta | $N_k$ | $M_k$ | $w_k$ | $w_{adm}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | ($cm^2$) | ($cm^2$) | | (kN) | (kNm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -54.2 | 37.8 | 0.14 | 0.30 |
| 2 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | 281.7 | 9.2 | 0.00 | 0.30 |
| 3 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -44.8 | 59.0 | 0.19 | 0.30 |
| 4 | 1.000 | 0.600 | 8.43 | 8.43 | Ø12 a 0.125 m | -44.8 | 59.0 | 0.19 | 0.30 |

Arm. dispuesta: armadura dispuesta por metro lineal de sección con la que se obtiene la abertura de fisura wk.

$w_k$: abertura de fisura en la fibra de la cara interior

El momento positivo comprime la fibra de la cara exterior

**Sí cumple.**

## 9.5 Resumen de verificaciones

Zapata :

Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio. Zapata. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito. Zapata. Verifica la comprobación.

Muro frontal :

Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio. Muro frontal. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito. Muro frontal. Verifica la comprobación.

Aleta 1 :

Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio. Aleta 1. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito. Aleta 1. Verifica la comprobación.

Aleta 2 :

Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio. Aleta 2. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito. Aleta 2. Verifica la comprobación.

# 10 ESTADO LÍMITE DE CORTANTE

## 10.1 Zapata

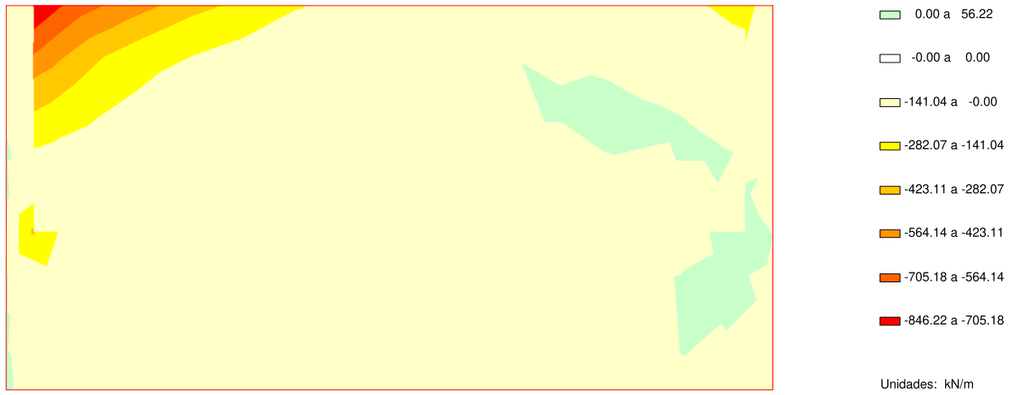
### 10.1.1 Esfuerzos de cálculo

ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje longitudinal mínimo

Zapata

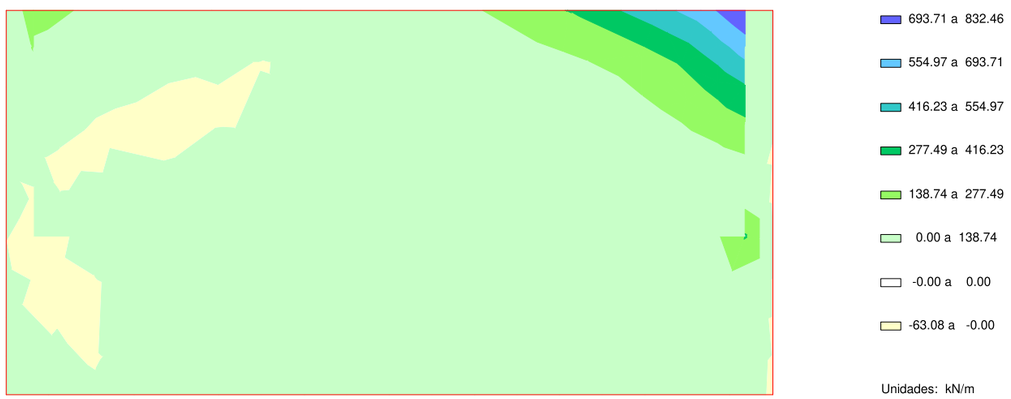



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje longitudinal máximo

Zapata





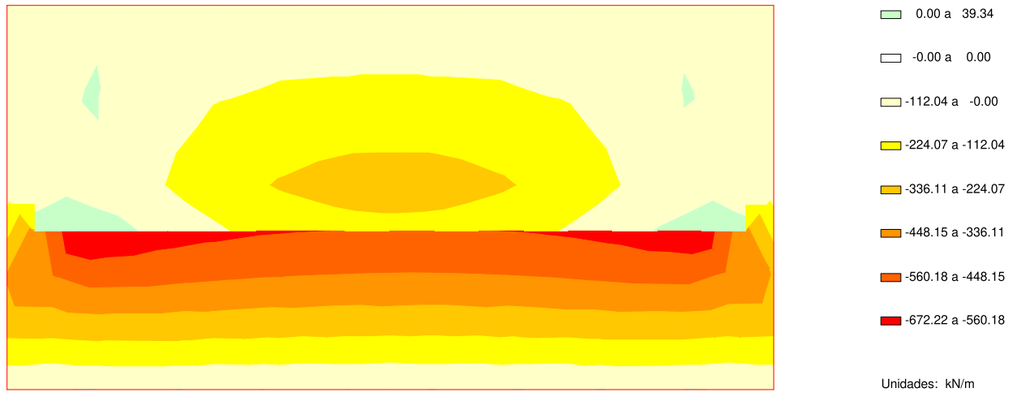



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje transversal mínimo

Zapata

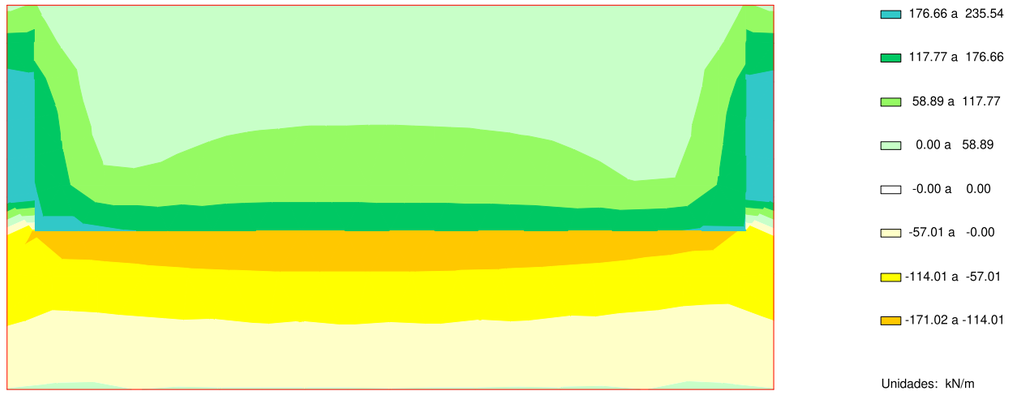



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje transversal máximo

Zapata

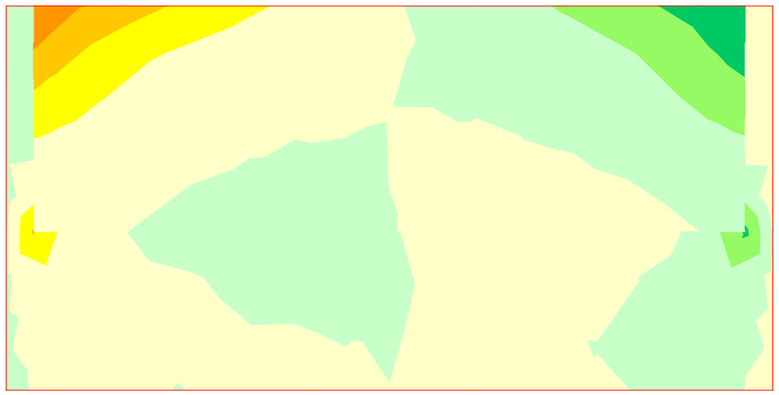


ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje longitudinal mínimo

Zapata

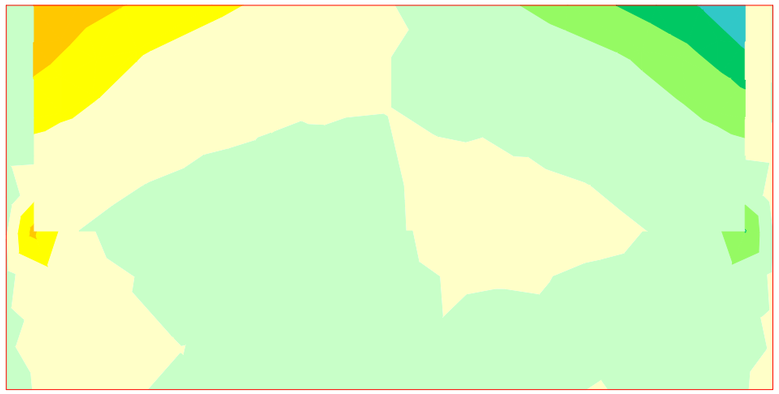



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje longitudinal máximo

Zapata





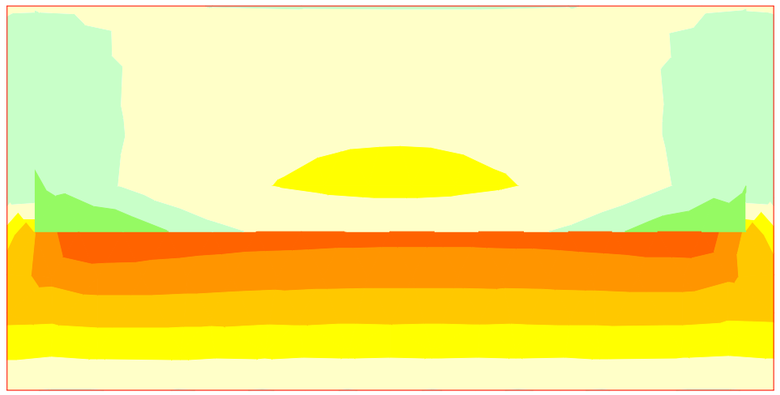



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje transversal mínimo

Zapata

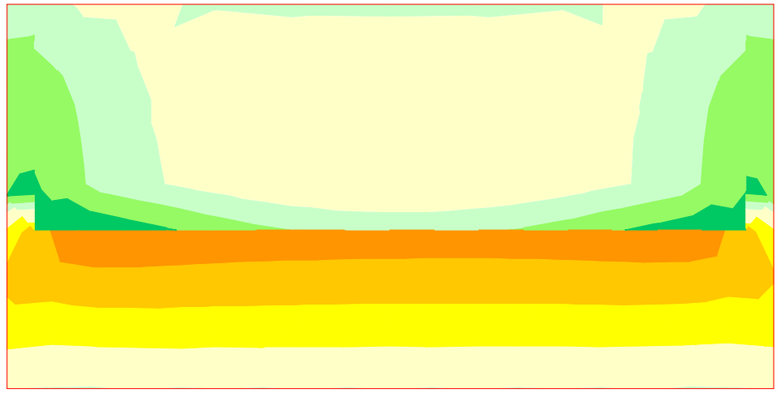



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

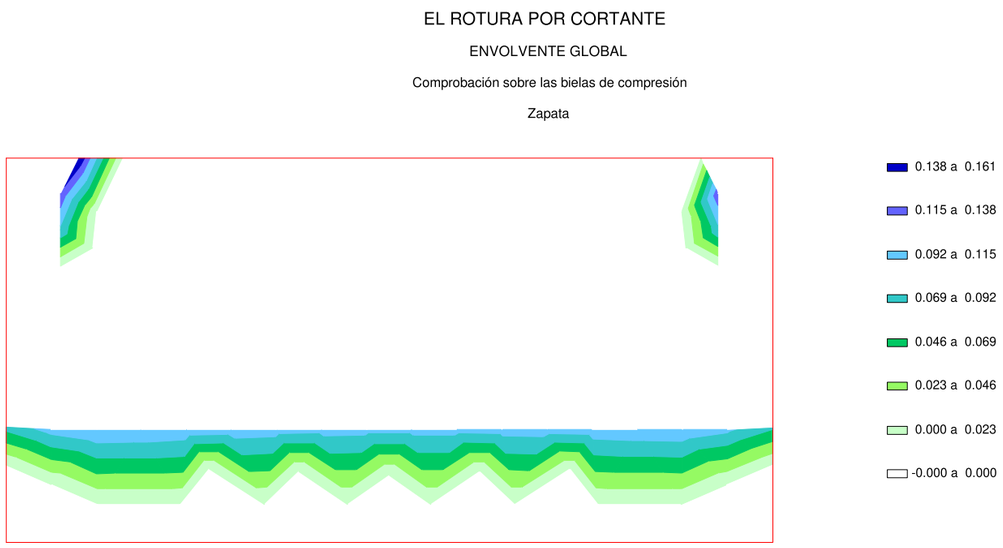
SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje transversal máximo

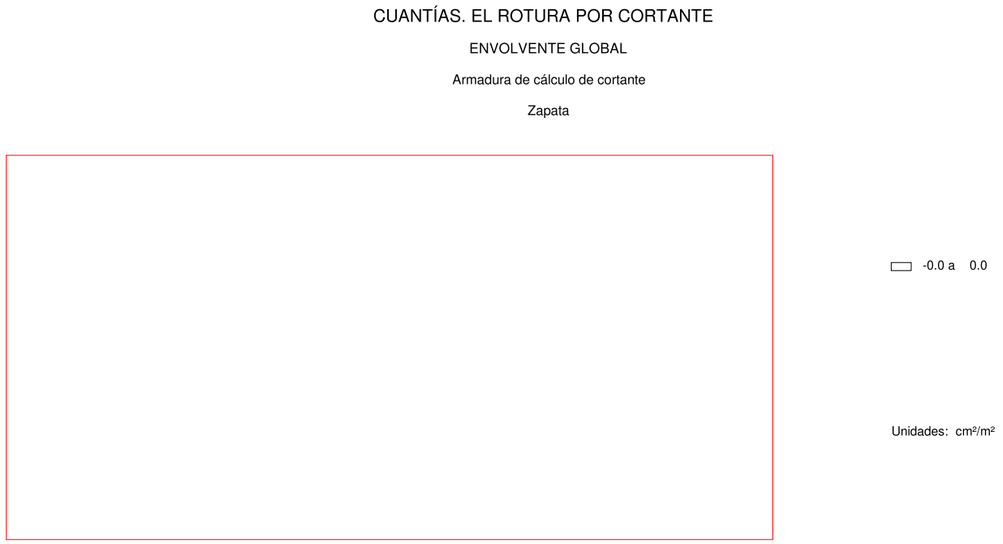
Zapata



### 10.1.2 Comprobación de las bielas de compresión

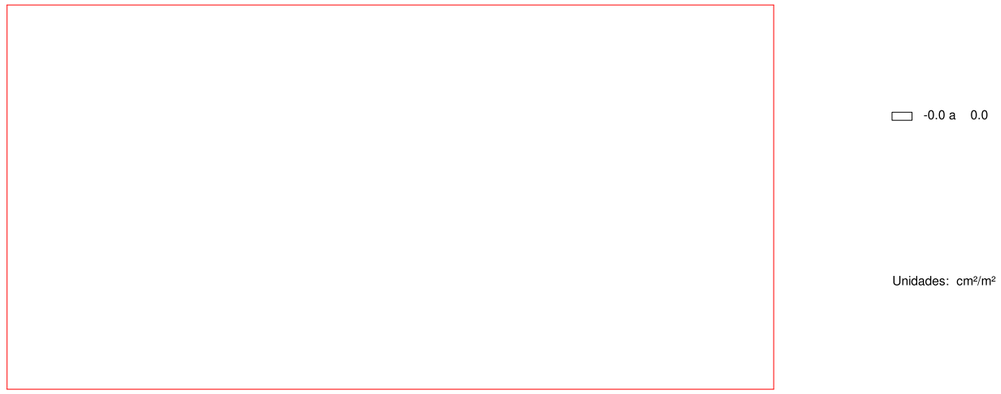



### 10.1.3 Armaduras de cortante



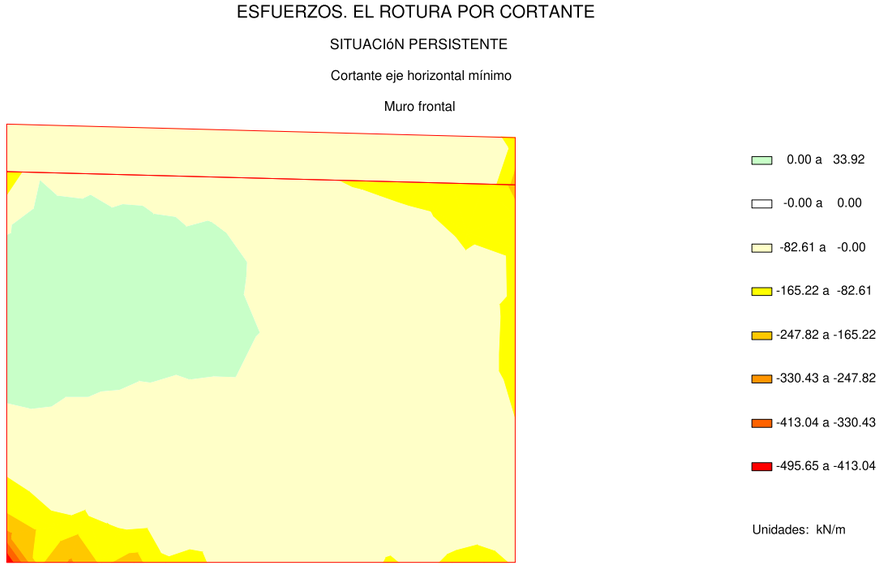





## 10.2 Muro frontal

### 10.2.1 Esfuerzos de cálculo

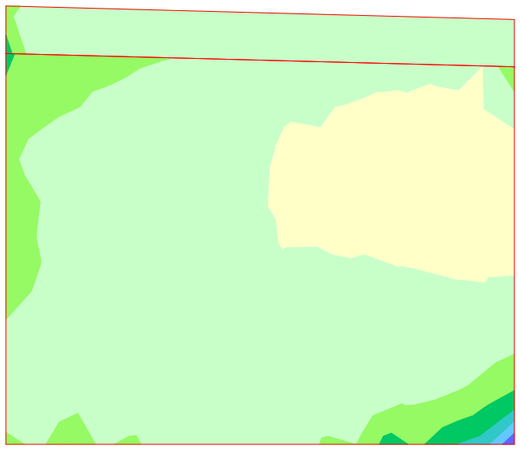


ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje horizontal máximo

Muro frontal

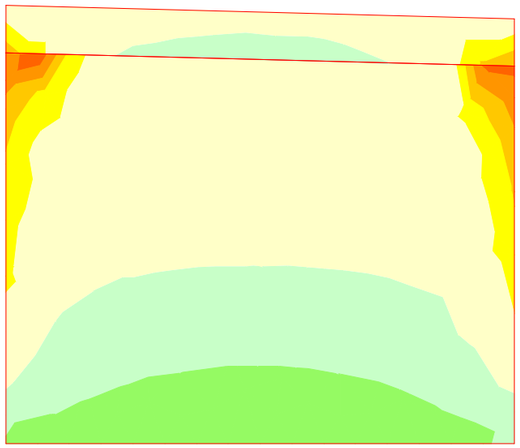



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje vertical mínimo

Muro frontal





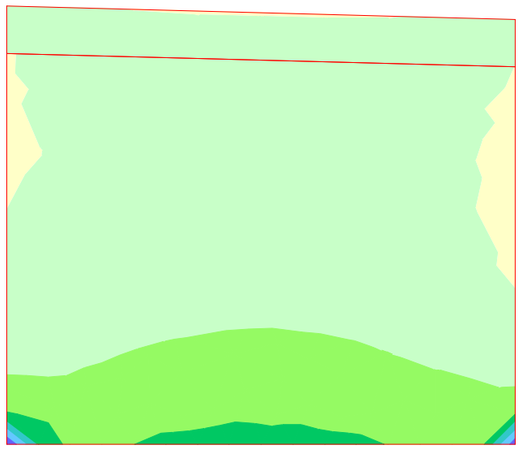



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje vertical máximo

Muro frontal

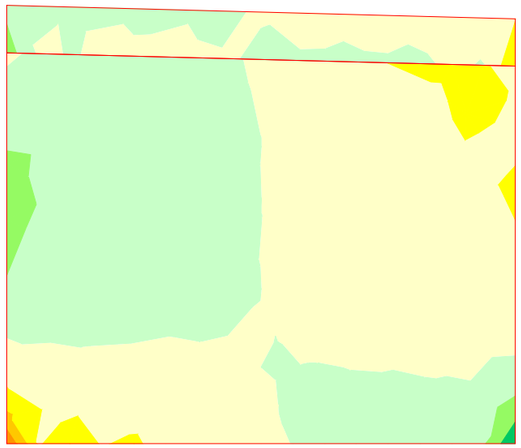



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje horizontal mínimo

Muro frontal

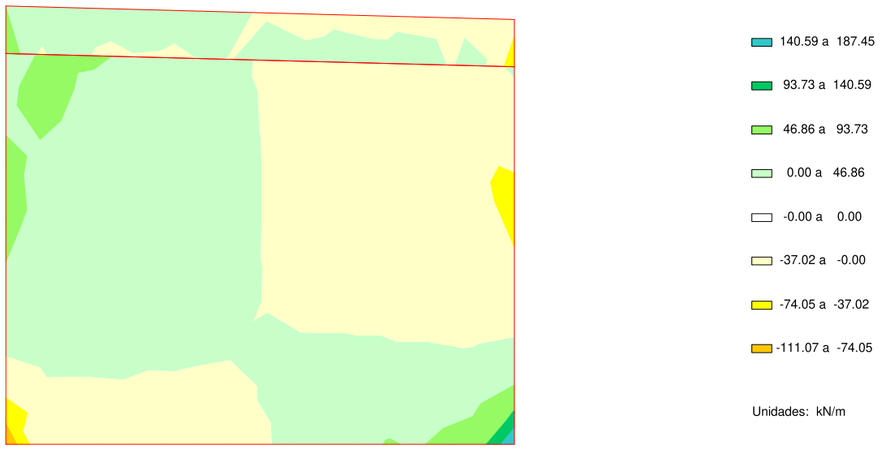


ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje horizontal máximo

Muro frontal

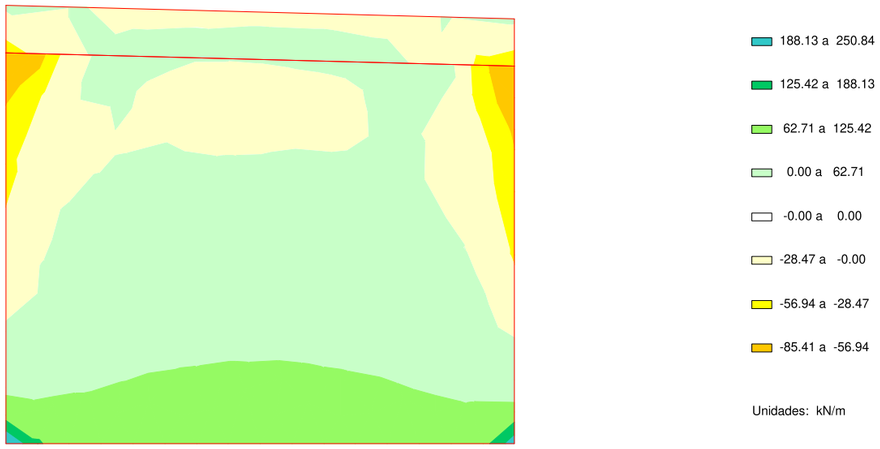



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje vertical mínimo

Muro frontal





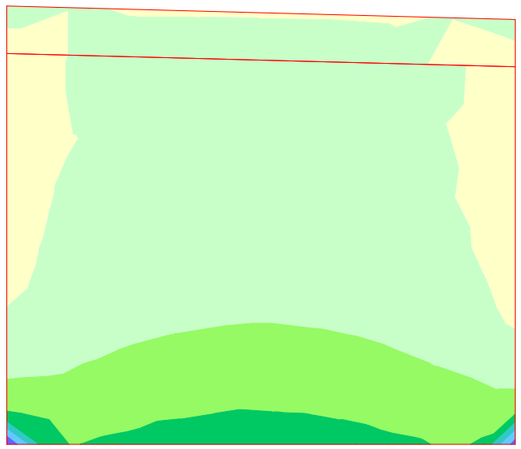



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje vertical máximo

Muro frontal




### 10.2.2 Comprobación de las bielas de compresión

EL ROTURA POR CORTANTE

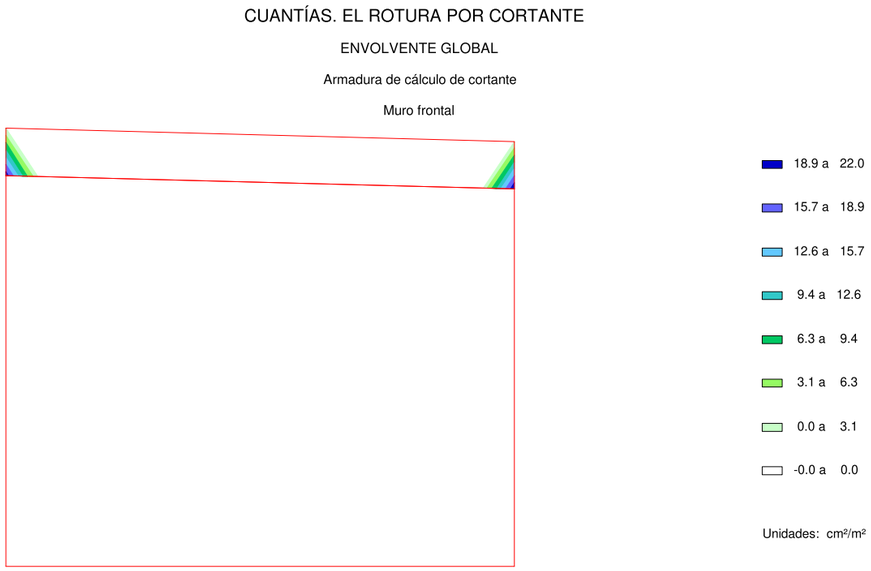
ENVOLVENTE GLOBAL

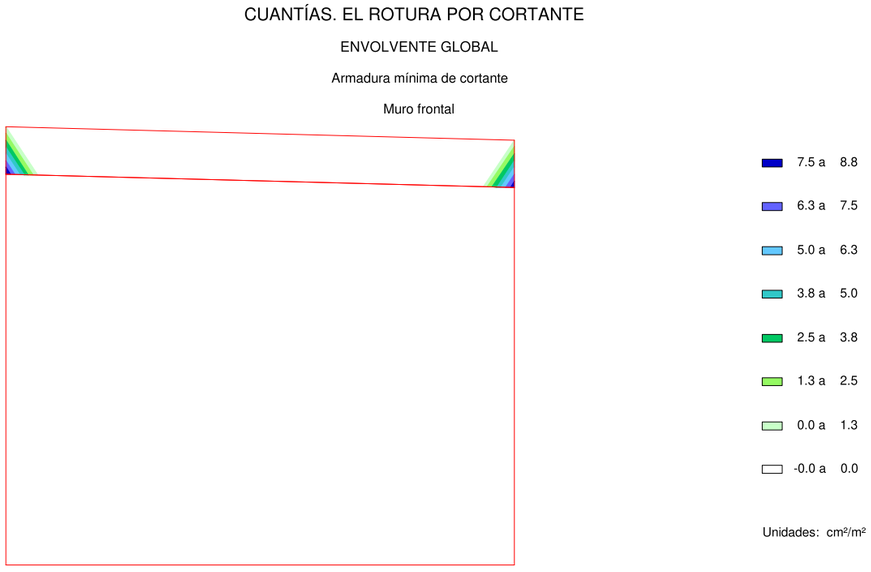
Comprobación sobre las bielas de compresión

Muro frontal



### 10.2.3 Armaduras de cortante



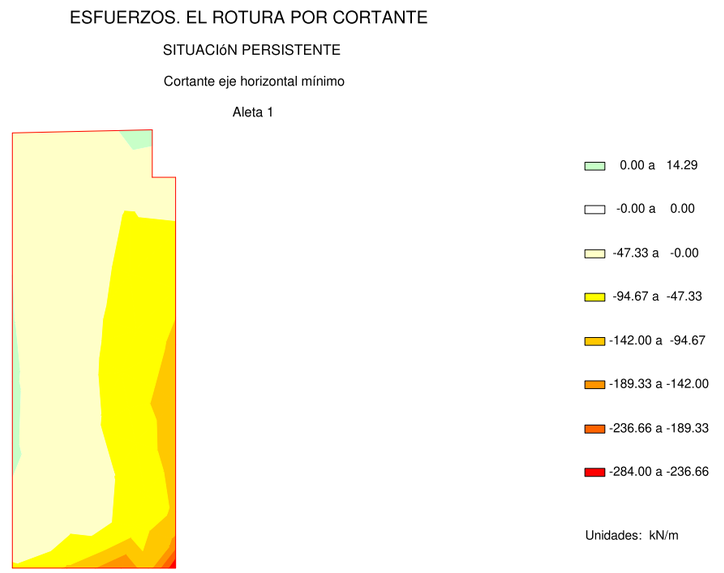



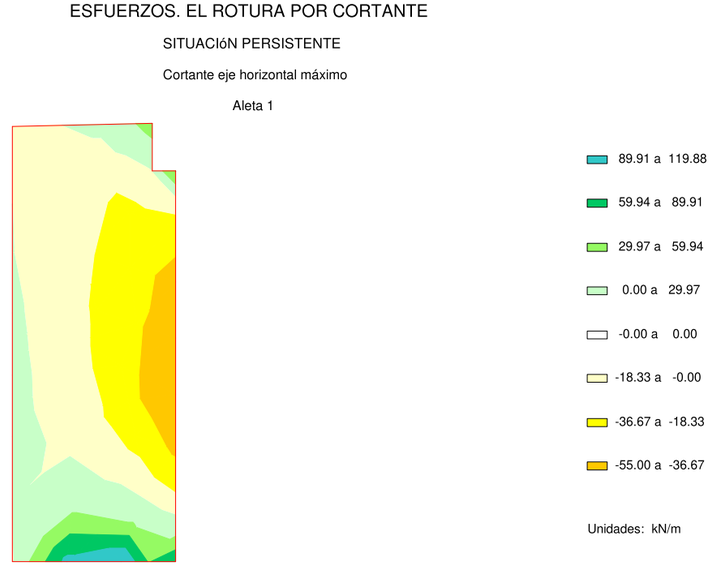





## 10.3 Aleta 1

### 10.3.1 Esfuerzos de cálculo



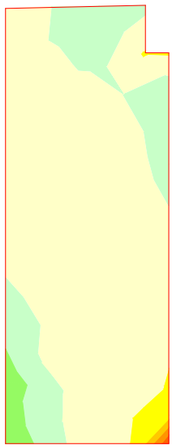



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje vertical mínimo

Aleta 1



30.44 a 60.89
0.00 a 30.44
-0.00 a 0.00
-37.07 a -0.00
-74.14 a -37.07
-111.21 a -74.14
-148.28 a -111.21
-185.35 a -148.28

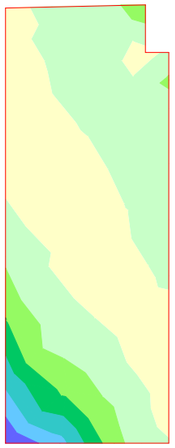
Unidades: kN/m

ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje vertical máximo

Aleta 1



175.26 a 210.32
140.21 a 175.26
105.16 a 140.21
70.11 a 105.16
35.05 a 70.11
0.00 a 35.05
-0.00 a 0.00
-15.87 a -0.00

Unidades: kN/m



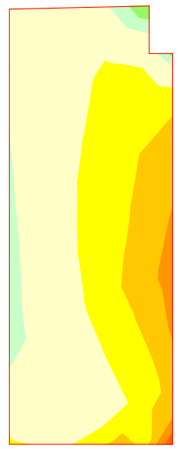


ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje horizontal mínimo

Aleta 1



9.71 a 19.43
0.00 a 9.71
-0.00 a 0.00
-21.14 a -0.00
-42.28 a -21.14
-63.42 a -42.28
-84.57 a -63.42
-105.71 a -84.57

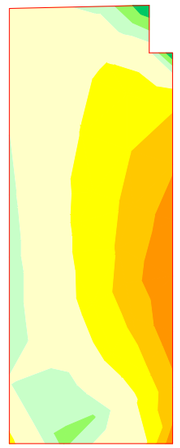
Unidades: kN/m

ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

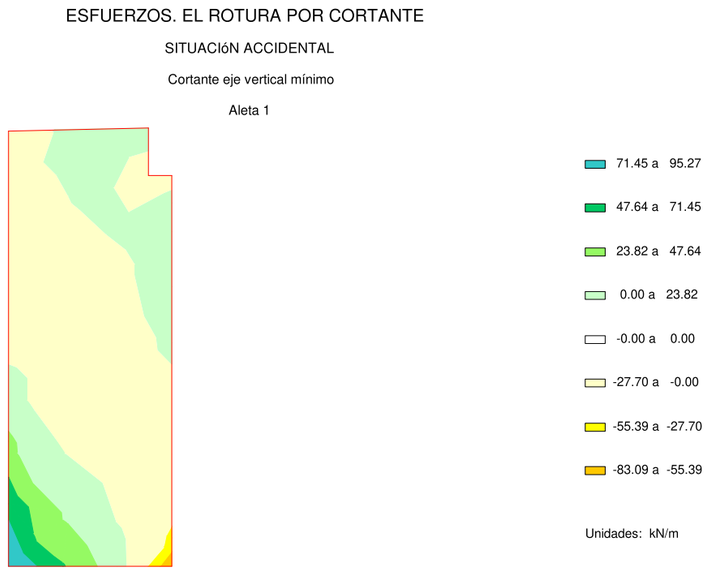
Cortante eje horizontal máximo

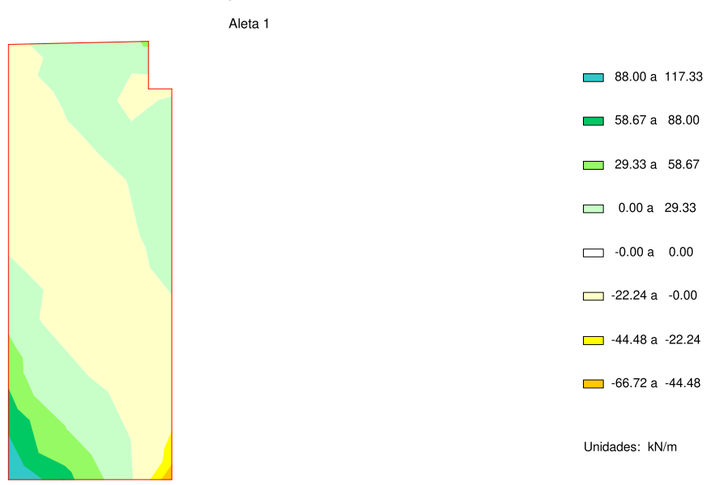
Aleta 1



16.53 a 24.79
8.26 a 16.53
0.00 a 8.26
-0.00 a 0.00
-15.96 a -0.00
-31.91 a -15.96
-47.87 a -31.91
-63.82 a -47.87

Unidades: kN/m

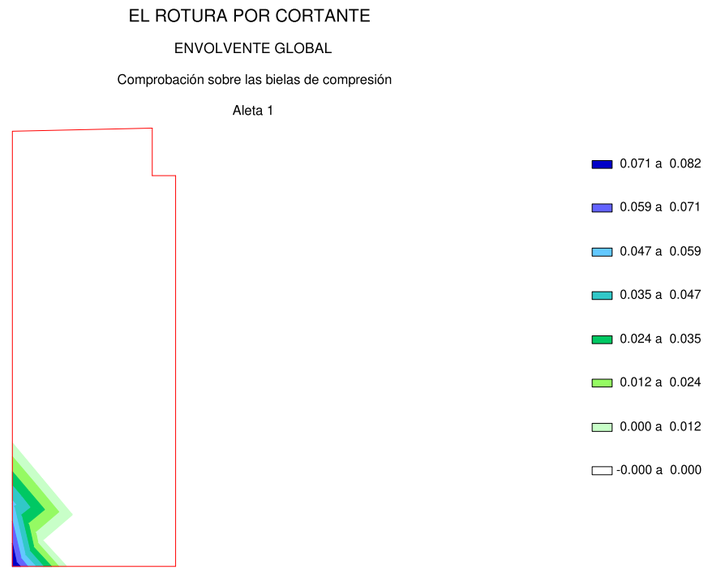




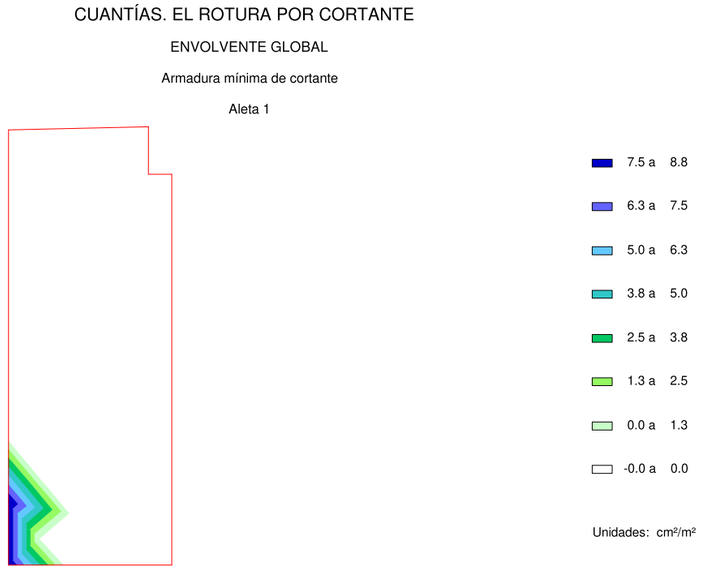



### 10.3.2 Comprobación de las bielas de compresión



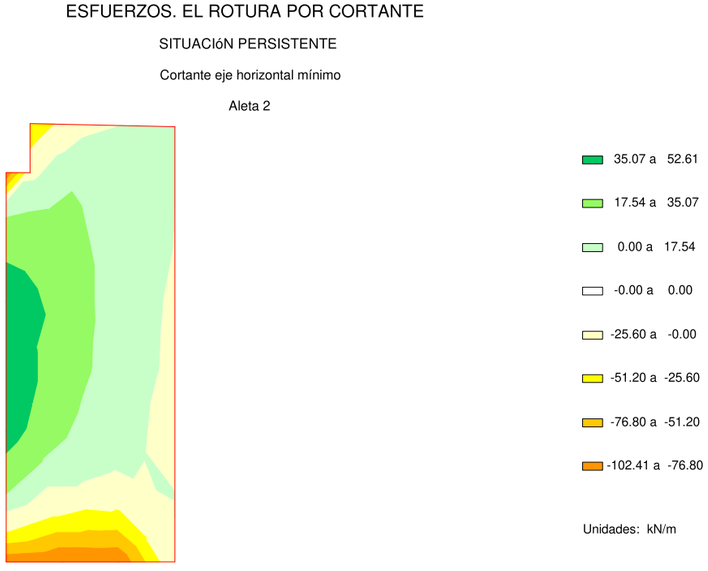

### 10.3.3 Armaduras de cortante





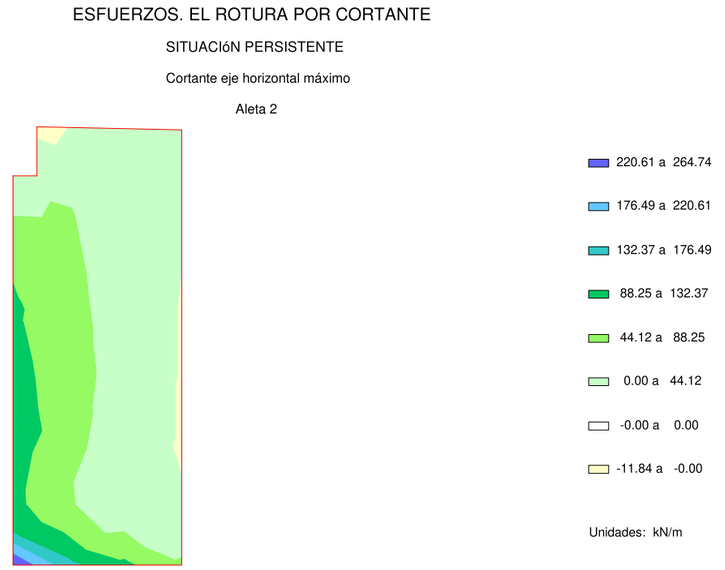

## 10.4 Aleta2

### 10.4.1 Esfuerzos de cálculo






Apéndice Nº8.3. Nota de Cálculo
Pasarela 3+450. Estribos 1 y 2



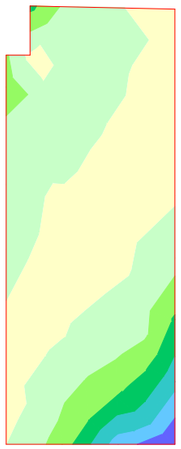



ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN PERSISTENTE

Cortante eje vertical máximo

Aleta 2



165.05 a 198.06
132.04 a 165.05
99.03 a 132.04
66.02 a 99.03
33.01 a 66.02
0.00 a 33.01
-0.00 a 0.00
-14.49 a -0.00

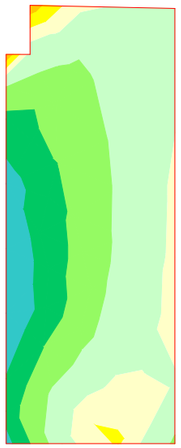
Unidades: kN/m

ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje horizontal mínimo

Aleta 2



45.02 a 60.02
30.01 a 45.02
15.01 a 30.01
0.00 a 15.01
-0.00 a 0.00
-9.61 a -0.00
-19.23 a -9.61
-28.84 a -19.23

Unidades: kN/m



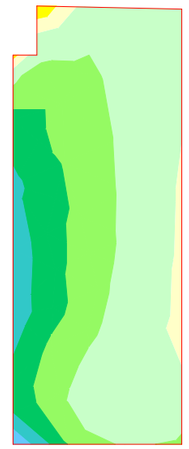


ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje horizontal máximo

Aleta 2



75.58 a 94.47
56.68 a 75.58
37.79 a 56.68
18.89 a 37.79
0.00 a 18.89
-0.00 a 0.00
-10.22 a -0.00
-20.45 a -10.22

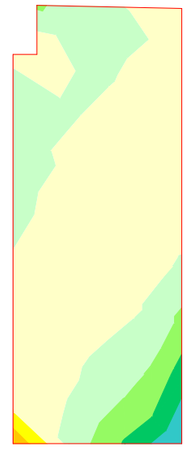
Unidades: kN/m

ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje vertical mínimo

Aleta 2



67.32 a 89.76
44.88 a 67.32
22.44 a 44.88
0.00 a 22.44
-0.00 a 0.00
-27.42 a -0.00
-54.83 a -27.42
-82.25 a -54.83

Unidades: kN/m

ESFUERZOS. EL ROTURA POR CORTANTE

SITUACIóN ACCIDENTAL

Cortante eje vertical máximo

Aleta 2



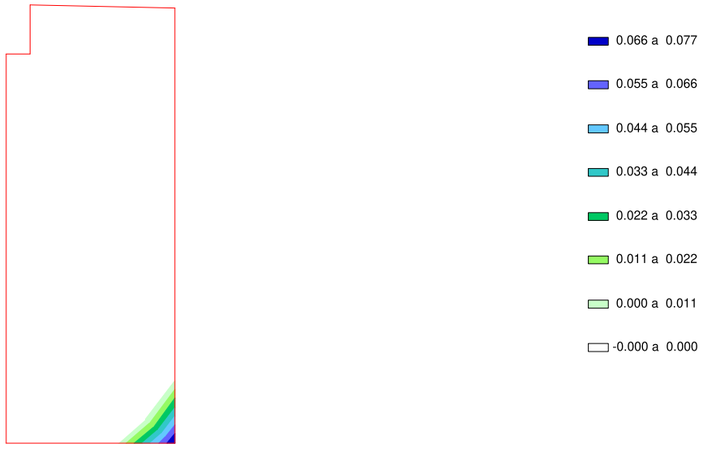

### 10.4.2 Comprobación de las bielas de compresión

EL ROTURA POR CORTANTE

ENVOLVENTE GLOBAL

Comprobación sobre las bielas de compresión

Aleta 2







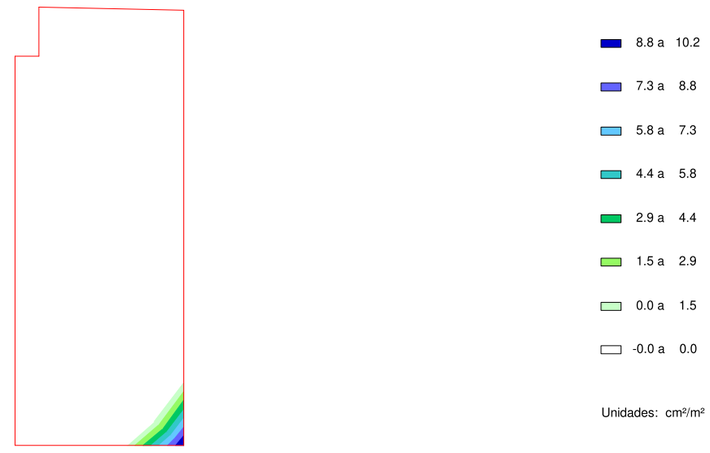

### 10.4.3 Armaduras de cortante

CUANTÍAS. EL ROTURA POR CORTANTE

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura de cálculo de cortante

Aleta 2

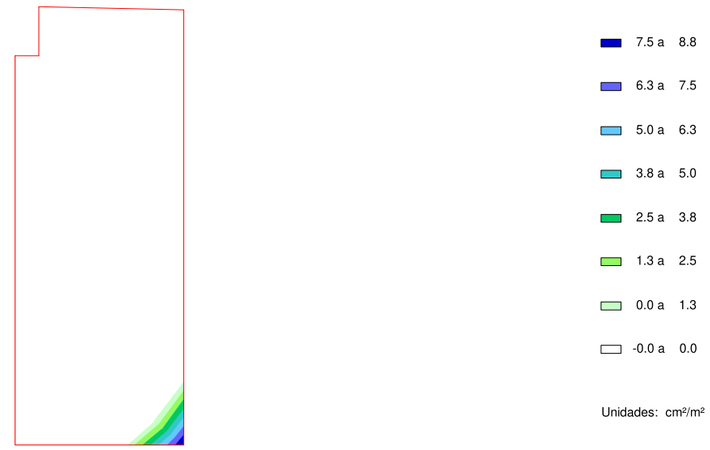



CUANTÍAS. EL ROTURA POR CORTANTE

ENVOLVENTE GLOBAL

Armadura mínima de cortante

Aleta 2



## 10.5 Resumen de verificaciones

Zapata :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Zapata. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Zapata. Verifica la comprobación.

Muro frontal :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Muro frontal. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Muro frontal. Verifica la comprobación.

Aleta 1 :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 1. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 1. Verifica la comprobación.

Aleta 2 :

Situación persistente. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 2. Verifica la comprobación.
Situación accidental. Envolvente de combinaciones. Envolvente global. Aleta 2. Verifica la comprobación.

# 11 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES

## 11.1 Muro frontal

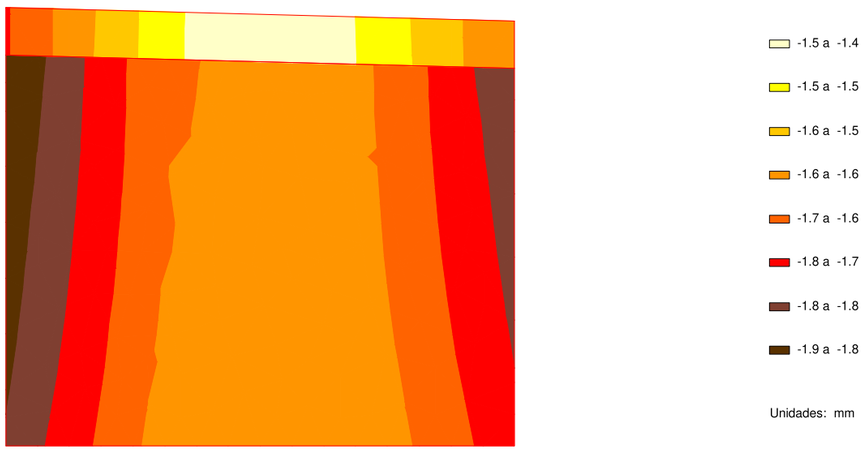
### 11.1.1 Deformaciones

MOVIMIENTOS. EL DEFORMACIONES

ENVOLVENTE GLOBAL

Desplazamiento vertical máximo negativo

Muro frontal





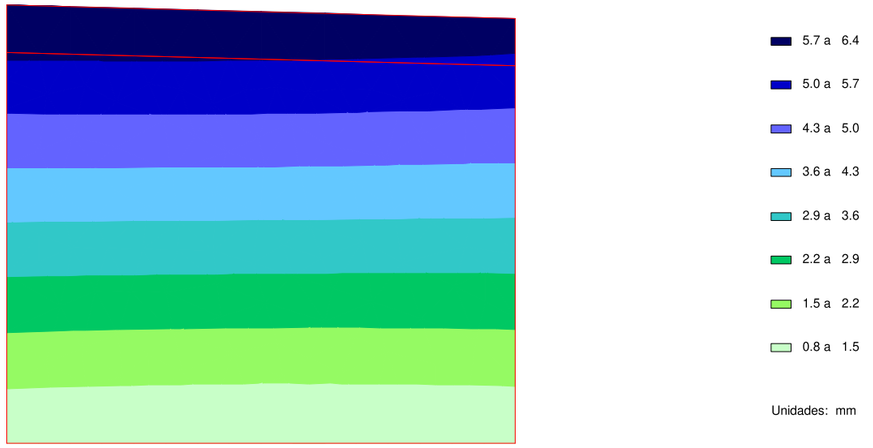



MOVIMIENTOS. EL DEFORMACIONES

ENVOLVENTE GLOBAL

Desplazamiento horizontal máximo positivo

Muro frontal




### 11.1.2 Cálculo de E.L. de deformaciones

*11.1.2.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 3.4 | mm |
| Desplazamiento horizontal en coronación admisible | : | 20.0 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 1.3 | mm |
| Desplazamiento vertical en coronación admisible | : | 20.0 | mm |

*11.1.2.2 Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 3.4 | mm |
| Desplazamiento horizontal en coronación admisible | : | 20.0 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 1.3 | mm |
| Desplazamiento vertical en coronación admisible | : | 20.0 | mm |

*11.1.2.3 Situación persistente. Combinación frecuente. Estructura en servicio*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 4.1 | mm |
| Desplazamiento horizontal en coronación admisible | : | 20.0 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 1.4 | mm |
| Desplazamiento vertical en coronación admisible | : | 20.0 | mm |

*11.1.2.4 Situación persistente. Combinación frecuente. A tiempo infinito*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 4.1 | mm |
| Desplazamiento horizontal en coronación admisible | : | 20.0 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 1.4 | mm |
| Desplazamiento vertical en coronación admisible | : | 20.0 | mm |

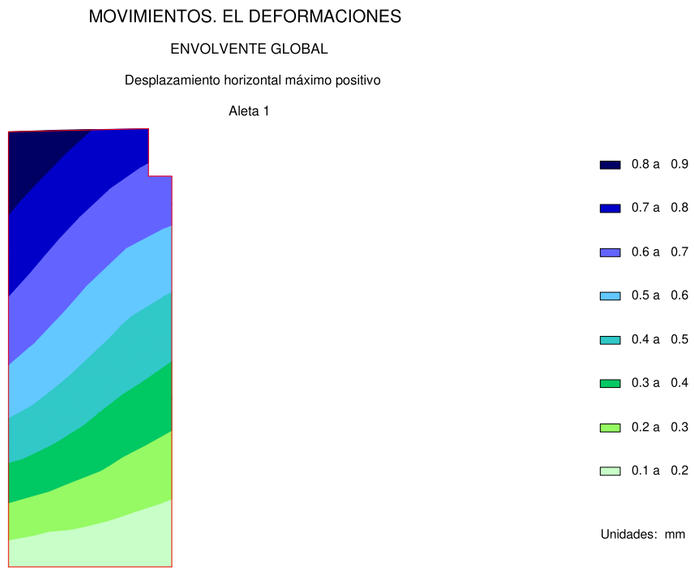
*11.1.2.5 Situación persistente. Combinación característica. Estructura en servicio*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 6.4 | mm |
| Desplazamiento horizontal en coronación admisible | : | 20.0 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 1.7 | mm |
| Desplazamiento vertical en coronación admisible | : | 20.0 | mm |

*11.1.2.6 Situación persistente. Combinación característica. A tiempo infinito*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Desplazamiento máximo horizontal en coronación | : | 6.4 | mm |
| Desplazamiento horizontal en coronación admisible | : | 20.0 | mm |
| Desplazamiento máximo vertical en coronación | : | 1.7 | mm |
| Desplazamiento vertical en coronación admisible | : | 20.0 | mm |

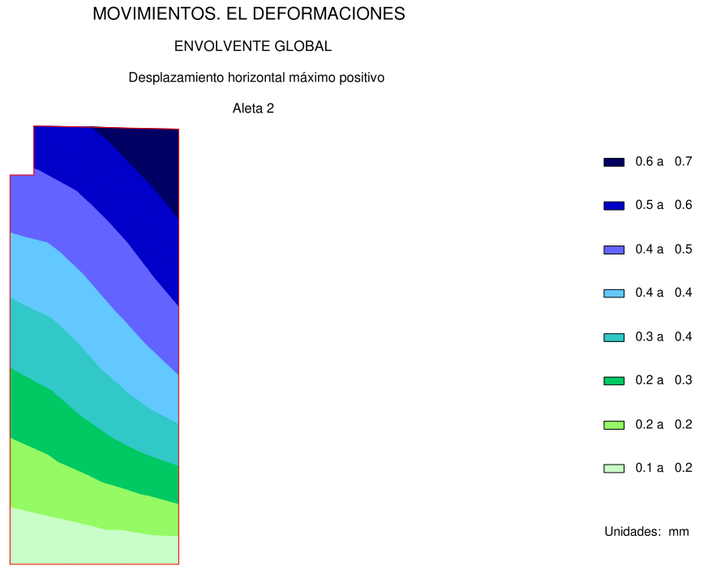
## 11.2 Aleta 1








## 11.3 Aleta2




## 11.4 Resumen de verificaciones

Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación cuasi permanente. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación frecuente. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación frecuente. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación característica. Estructura en servicio. Verifica la comprobación.
Situación persistente. Combinación característica. A tiempo infinito. Verifica la comprobación.

**ÍNDICE**

1. NORMA Y MATERIALES
2. ACCIONES
3. DATOS GENERALES
4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO
5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO
6. GEOMETRÍA
7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA
8. ESQUEMA DE LAS FASES
9. CARGAS
10. ELEMENTOS DE APOYO
11. RESULTADOS DE LAS FASES
12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO
13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)
14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES



APÉNDICE 8.3. NOTA DE CÁLCULO PASARELA 3+450
MURO DE CONTENCIÓN PROVISIONAL ESTRIBO 1 PASARELA
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: Código estructural

Hormigón: HA-30, Yc=1.5

# 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 85.50 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Cota de la roca: 79.00 m

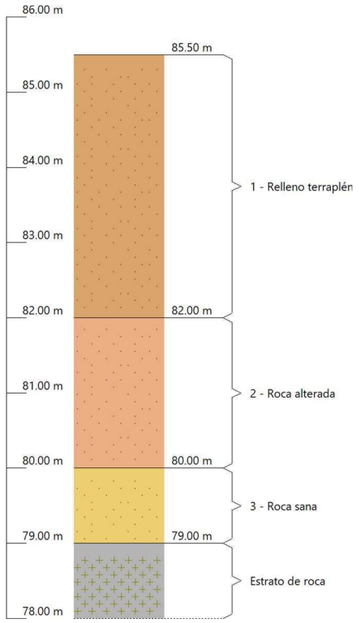
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Relleno terraplén | 85.50 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 33 grados<br>Cohesión: 0.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 45000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 45000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.29<br>Reposo trasdós: 0.46<br>Pasivo trasdós: 3.39<br>Activo intradós: 0.29<br>Reposo intradós: 0.46<br>Pasivo intradós: 3.39 |
| 2 - Roca alterada | 82.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 23 grados<br>Cohesión: 15.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 215000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 215000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.44<br>Reposo trasdós: 0.61<br>Pasivo trasdós: 2.28<br>Activo intradós: 0.44<br>Reposo intradós: 0.61<br>Pasivo intradós: 2.28 |
| 3 - Roca sana | 80.00 m | Densidad aparente: 2.4 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 30 grados<br>Cohesión: 100.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 1000000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 1000000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.33<br>Reposo trasdós: 0.50<br>Pasivo trasdós: 3.00<br>Activo intradós: 0.33<br>Reposo intradós: 0.50<br>Pasivo intradós: 3.00 |

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

| |
|---|
| Altura total: 7.50 m |
| Diámetro: 20.00 cm |
| Separación: 50.00 cm |
| Serie de micropilotes: Tuberia micropilotes |
| Perfil: Tubo 139,7x9 |

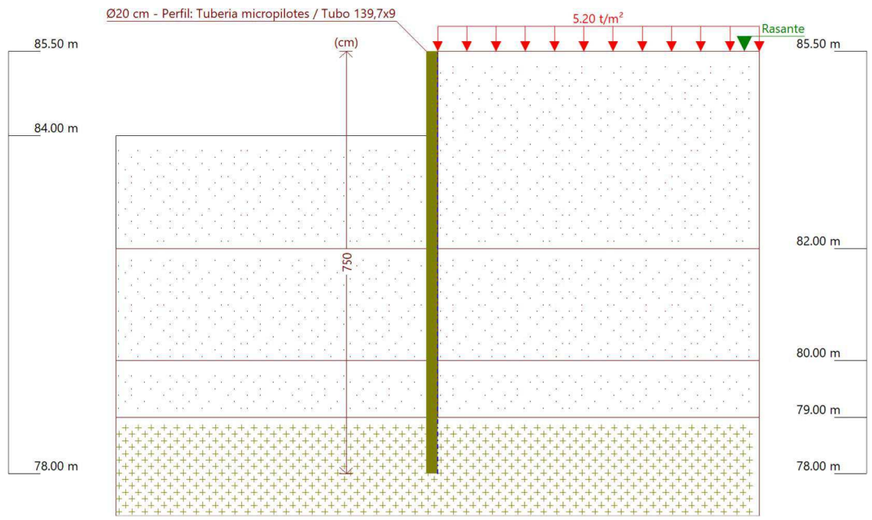
## 7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

| Referencia: pas3450estribo1 (Pasarela 3+450. Pantalla provisional estribo 1) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Esbeltez máxima: | Máximo: 200<br>Calculado: 70 | Cumple |
| Tensión máxima: | | |
| - Acero: | Máximo: 5.6 t/cm²<br>Calculado: 3.555 t/cm² | Cumple |
| - Hormigón: | Máximo: 0.122 t/cm²<br>Calculado: 0.122 t/cm² | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 5.75 t; Momento: 4.66 t·m; Cortante: 0.31 t | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 5.75 t; Momento: 4.66 t·m; Cortante: 0.31 t | | |
| - Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 20.00 cm) | | |

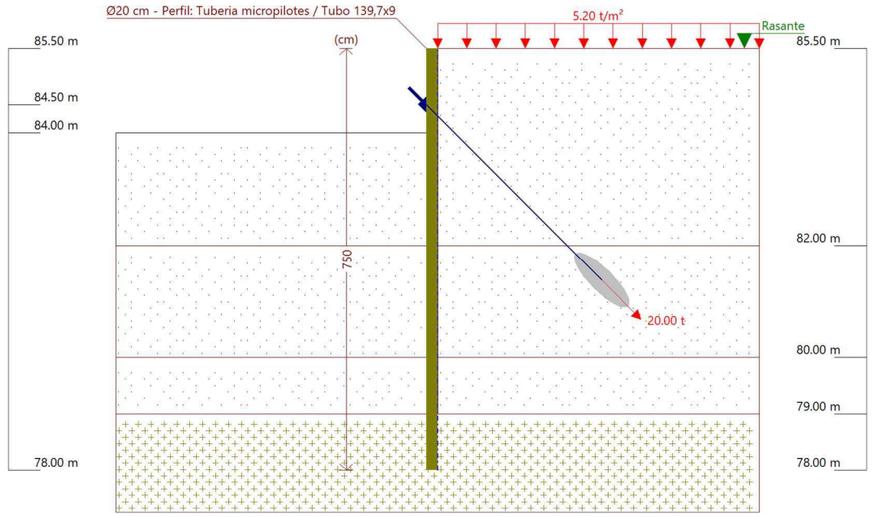




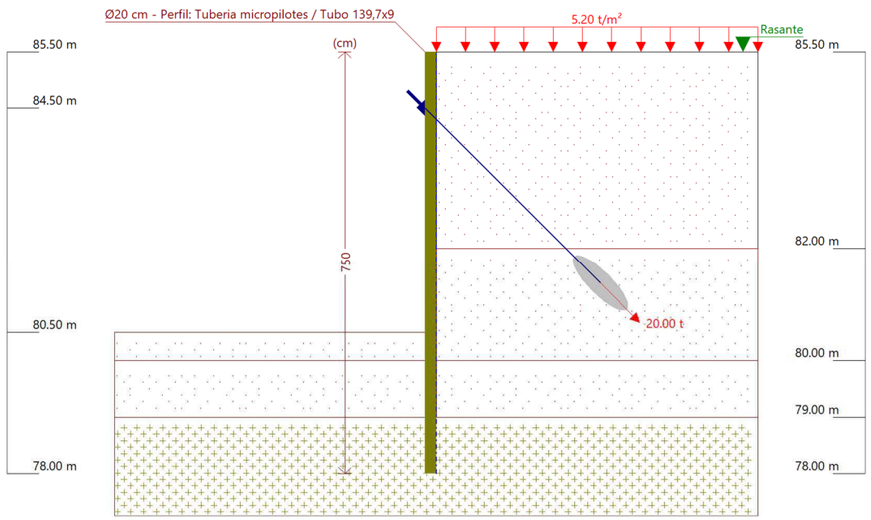
## 8. ESQUEMA DE LAS FASES



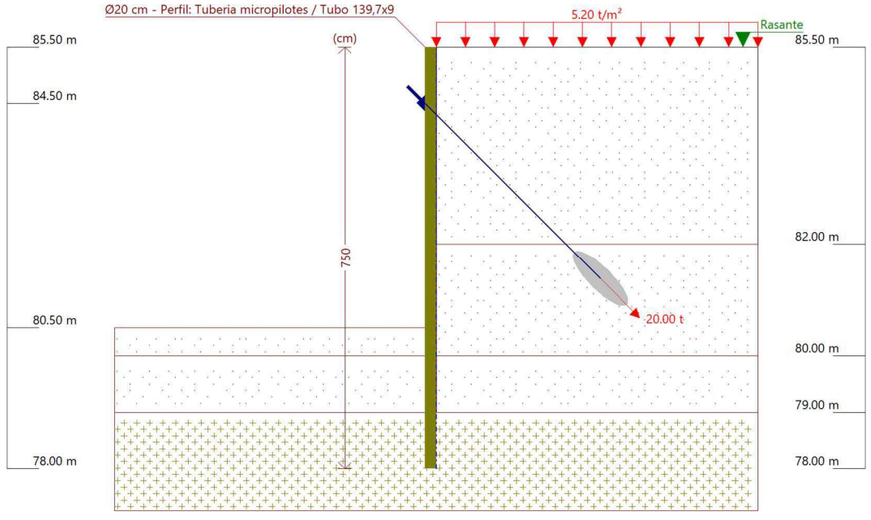

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 1 | Excavación inicial | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 84.00 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 2 | Anclajes 1 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 84.00 m |



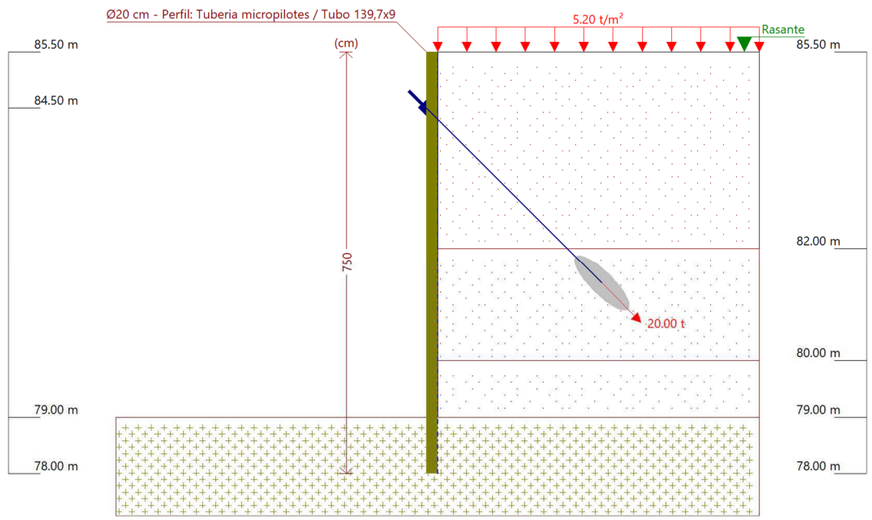

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 3 | Excavación 2 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 80.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 4 | Anclajes 2 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 80.50 m |








| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 5 | Excavación final | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 79.00 m |

# 9. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 5.2 t/m² | Excavación inicial | Excavación final |

# 10. ELEMENTOS DE APOYO

*ANCLAJES ACTIVOS*

| Descripción | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|
| Cota: 84.50 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 2.00 m | Anclajes 1 | Excavación final |

# 11. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

## *FASE 1: EXCAVACIÓN INICIAL*

*BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.50 | -42.63 | -0.00 | 0.19 | -0.00 | 1.53 | 0.00 |
| 84.75 | -30.27 | 0.15 | 1.07 | 0.47 | 2.00 | 0.00 |

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 84.00 | -18.36 | 0.29 | 2.69 | 2.06 | 2.46 | 0.00 |
| 83.25 | -8.20 | 0.44 | 3.31 | 4.60 | -2.42 | 0.00 |
| 82.50 | -1.78 | 0.59 | 0.28 | 5.77 | -7.29 | 0.00 |
| 81.75 | 0.04 | 0.74 | -10.14 | 1.91 | 16.93 | 0.00 |
| 81.00 | -0.01 | 0.88 | -0.13 | -0.10 | 1.26 | 0.00 |
| 80.25 | -0.01 | 1.03 | 0.02 | -0.03 | 1.03 | 0.00 |
| 79.50 | -0.00 | 1.18 | -0.06 | -0.00 | 0.13 | 0.00 |
| 78.75 | 0.00 | 1.33 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| 78.00 | 0.00 | 1.47 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.04 Cota: 81.75 m | 1.47 Cota: 78.00 m | 3.51 Cota: 83.50 m | 5.77 Cota: 82.50 m | 16.93 Cota: 81.75 m | 0.00 Cota: 85.50 m |
| Mínimos | -42.63 Cota: 85.50 m | -0.00 Cota: 85.50 m | -10.14 Cota: 81.75 m | -0.10 Cota: 81.00 m | -25.47 Cota: 82.00 m | 0.00 Cota: 85.50 m |

## *FASE 2: ANCLAJES 1*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.50 | -42.68 | 0.00 | 0.19 | -0.00 | 1.53 | 0.00 |
| 84.75 | -30.14 | 0.15 | 1.96 | 0.71 | 8.05 | 0.00 |
| 84.00 | -18.29 | 7.37 | 1.55 | 1.97 | 5.62 | 0.00 |
| 83.25 | -8.23 | 7.51 | 3.44 | 4.48 | -2.42 | 0.00 |
| 82.50 | -1.80 | 7.66 | 0.41 | 5.75 | -7.29 | 0.00 |
| 81.75 | 0.04 | 7.81 | -10.20 | 1.94 | 16.88 | 0.00 |
| 81.00 | -0.01 | 7.96 | -0.14 | -0.10 | 1.30 | 0.00 |
| 80.25 | -0.01 | 8.10 | 0.02 | -0.03 | 1.02 | 0.00 |
| 79.50 | -0.00 | 8.25 | -0.06 | -0.00 | 0.13 | 0.00 |
| 78.75 | 0.00 | 8.40 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| 78.00 | 0.00 | 8.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.04 Cota: 81.75 m | 8.55 Cota: 78.00 m | 3.97 Cota: 84.50 m | 5.75 Cota: 82.50 m | 16.88 Cota: 81.75 m | 0.00 Cota: 85.50 m |
| Mínimos | -42.68 Cota: 85.50 m | 0.00 Cota: 85.50 m | -10.20 Cota: 81.75 m | -0.10 Cota: 81.00 m | -26.23 Cota: 82.00 m | 0.00 Cota: 85.50 m |

## *FASE 3: EXCAVACIÓN 2*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.50 | -41.23 | 0.00 | 2.20 | 0.00 | 17.64 | 0.00 |
| 84.75 | -33.23 | 0.15 | 3.15 | 2.01 | 2.00 | 0.00 |
| 84.00 | -26.82 | 8.57 | -3.51 | 1.03 | 2.46 | 0.00 |
| 83.25 | -21.36 | 8.72 | -1.55 | -0.64 | 2.93 | 0.00 |
| 82.50 | -15.43 | 8.86 | 0.76 | -0.67 | 3.39 | 0.00 |
| 81.75 | -9.04 | 9.01 | 2.50 | 0.98 | 0.00 | 0.00 |
| 81.00 | -3.46 | 9.16 | 2.50 | 2.86 | 0.00 | 0.00 |
| 80.25 | -0.23 | 9.31 | 2.50 | 4.73 | -46.52 | 0.00 |
| 79.50 | 0.00 | 9.45 | -2.22 | -0.00 | 8.20 | 0.00 |
| 78.75 | 0.00 | 8.40 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.00 |
| 78.00 | 0.00 | 8.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |





| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Máximos | 0.01 Cota: 79.75 m | 9.55 Cota: 79.00 m | 3.65 Cota: 84.50 m | 4.73 Cota: 80.25 m | 21.48 Cota: 79.75 m | 0.00 Cota: 85.50 m |
| Mínimos | -41.23 Cota: 85.50 m | 0.00 Cota: 85.50 m | -9.13 Cota: 80.00 m | -0.86 Cota: 82.75 m | -46.52 Cota: 80.25 m | 0.00 Cota: 85.50 m |

## *FASE 4: ANCLAJES 2*

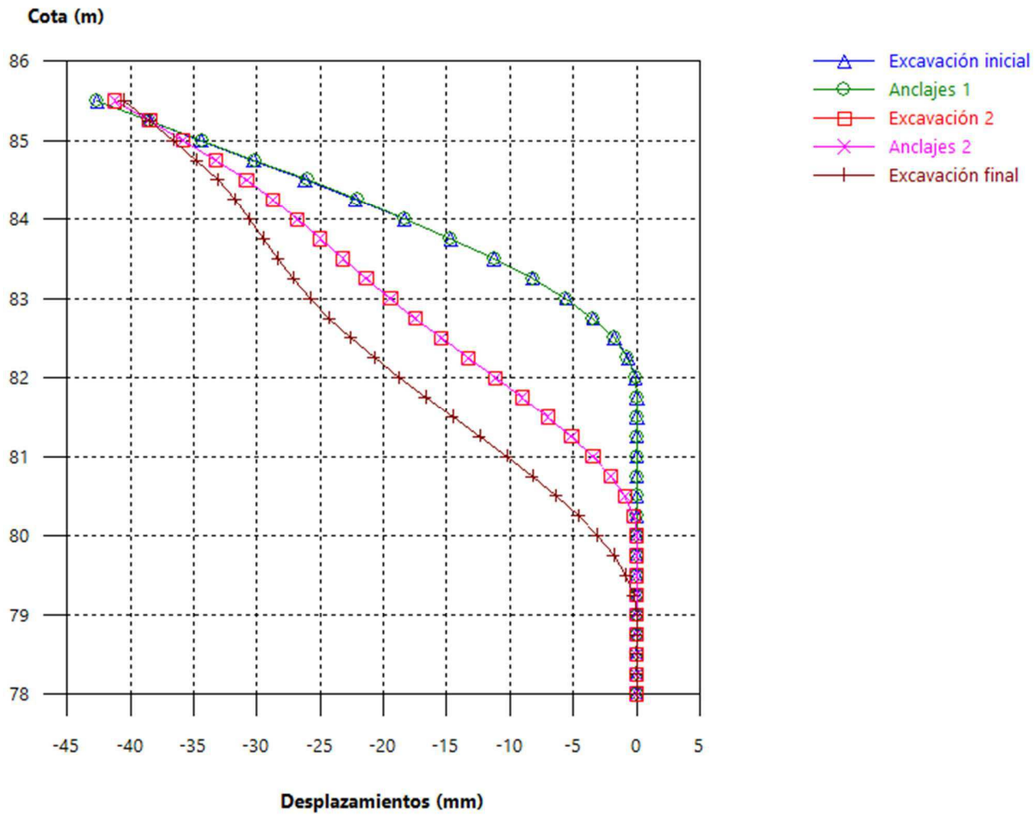
### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.50 | -41.23 | 0.00 | 2.20 | -0.00 | 17.64 | 0.00 |
| 84.75 | -33.23 | 0.15 | 3.15 | 2.01 | 2.00 | 0.00 |
| 84.00 | -26.82 | 8.57 | -3.51 | 1.03 | 2.46 | 0.00 |
| 83.25 | -21.36 | 8.72 | -1.55 | -0.64 | 2.93 | 0.00 |
| 82.50 | -15.43 | 8.86 | 0.76 | -0.67 | 3.39 | 0.00 |
| 81.75 | -9.04 | 9.01 | 2.50 | 0.98 | 0.00 | 0.00 |
| 81.00 | -3.46 | 9.16 | 2.50 | 2.86 | 0.00 | 0.00 |
| 80.25 | -0.23 | 9.31 | 2.50 | 4.73 | -46.52 | 0.00 |
| 79.50 | 0.00 | 9.45 | -2.22 | -0.00 | 8.20 | 0.00 |
| 78.75 | 0.00 | 8.40 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.00 |
| 78.00 | 0.00 | 8.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.01 Cota: 79.75 m | 9.55 Cota: 79.00 m | 3.65 Cota: 84.50 m | 4.73 Cota: 80.25 m | 21.48 Cota: 79.75 m | 0.00 Cota: 85.50 m |
| Mínimos | -41.23 Cota: 85.50 m | 0.00 Cota: 85.50 m | -9.13 Cota: 80.00 m | -0.86 Cota: 82.75 m | -46.52 Cota: 80.25 m | 0.00 Cota: 85.50 m |

## *FASE 5: EXCAVACIÓN FINAL*

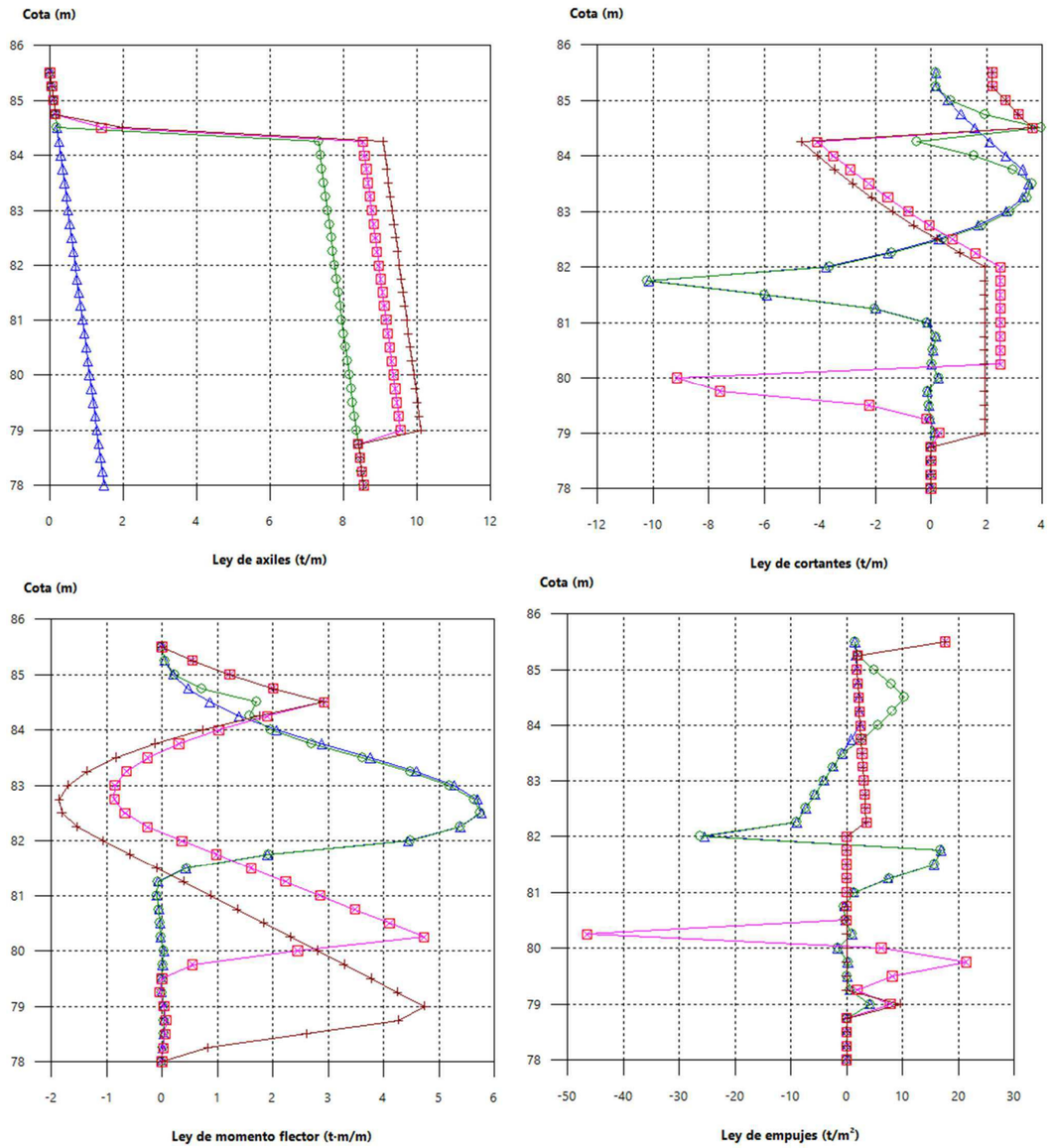
### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.50 | -40.48 | 0.00 | 2.20 | -0.00 | 17.64 | 0.00 |
| 84.75 | -34.72 | 0.15 | 3.15 | 2.01 | 2.00 | 0.00 |
| 84.00 | -30.55 | 9.13 | -4.07 | 0.74 | 2.46 | 0.00 |
| 83.25 | -27.08 | 9.28 | -2.11 | -1.35 | 2.93 | 0.00 |
| 82.50 | -22.57 | 9.42 | 0.20 | -1.80 | 3.39 | 0.00 |
| 81.75 | -16.65 | 9.57 | 1.93 | -0.57 | 0.00 | 0.00 |
| 81.00 | -10.26 | 9.72 | 1.93 | 0.88 | 0.00 | 0.00 |
| 80.25 | -4.59 | 9.87 | 1.93 | 2.33 | 0.00 | 0.00 |
| 79.50 | -0.84 | 10.01 | 1.93 | 3.78 | 0.00 | 0.00 |
| 78.75 | 0.00 | 8.40 | 0.00 | 4.27 | 0.00 | 0.00 |
| 78.00 | 0.00 | 8.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.00 Cota: 79.00 m | 10.11 Cota: 79.00 m | 3.65 Cota: 84.50 m | 4.74 Cota: 79.00 m | 17.64 Cota: 85.50 m | 0.00 Cota: 85.50 m |
| Mínimos | -40.48 Cota: 85.50 m | 0.00 Cota: 85.50 m | -4.65 Cota: 84.25 m | -1.85 Cota: 82.75 m | 0.00 Cota: 82.00 m | 0.00 Cota: 85.50 m |


Cota (m)
Excavación inicial
Anclajes 1
Excavación 2
Anclajes 2
Excavación final
Desplazamientos (mm)






Cota (m)
Ley de axiles (t/m)
Cota (m)
Ley de cortantes (t/m)
Cota (m)
Ley de momento flector (t·m/m)
Cota (m)
Ley de empujes (t/m²)

## 12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

### Anclajes activos

| Cota: 84.50 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Anclajes 1 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.07 t/m |
| Excavación 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 23.40 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 11.70 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 16.55 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 8.27 t/m |
| Anclajes 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 23.40 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 11.70 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 16.55 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 8.27 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 24.99 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 12.49 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 17.67 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 8.83 t/m |

**P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA**
**PASARELA 3+450 PANTALLA PROVISIONAL ESTRIBO 1**
**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Provisional |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{yk}$ (Kp/cm$^2$) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{yk}$ | 1,10 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm$^2$) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,25 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm$^2$) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm$^2$) | 7,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,45 |

| Comprobación de Anclajes | Longitud del Bulbo |
|---|---|
| $P_{adm} \leq \begin{cases} \frac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \frac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$<br>$P_{Nd} = P_N \times F_1$<br>$P_{Nd} \leq P_{adm}$ | $a_{adm} = \frac{a_{\lim}}{F_3}$<br>$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$ |

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ (cm$^2$) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (°) | $\phi_{N\ bulbo}$ (mm) | Longitud mín (m) $L_{libre}$ | Longitud mín (m) $L_{bulbo}$ mín | Longitud mín (m) $L_{totalmin}$ | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{N\,d}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | -1,00 | 25 | 4,91 | 41,2 | 2,0 | 45 | 85 | 7 | 2,9 | 9,9 | 1473 | 20,0 | 25,0 | 37,5 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{N\,d}$: Carga nominal mayorada.





## 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): pas3450estribo1 (Pasarela 3+450. Pantalla provisional estribo 1) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:<br>- Excavación inicial:<br>- Anclajes 1:<br>- Excavación 2:<br>- Anclajes 2:<br>- Excavación final:<br>*(1) El pie de la pantalla está empotrado en roca* | | <br>No procede(1)<br>No procede(1)<br>No procede(1)<br>No procede(1)<br>No procede(1) |
| Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:<br>- Excavación inicial:<br>- Anclajes 1:<br>- Excavación 2:<br>- Anclajes 2:<br>- Excavación final:<br>*(1) El pie de la pantalla está empotrado en roca* | | <br>No procede(1)<br>No procede(1)<br>No procede(1)<br>No procede(1)<br>No procede(1) |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

**Empotramiento de micropilotes en roca**

**Cálculo de empotramiento de micropilotes**

$$N_d \le \frac{1}{F} \cdot \left[ \sum_i (2 \cdot \pi \cdot R_m) \cdot L_i \cdot \tau_i + \sigma_R \cdot \pi \cdot R_t^2 \right]$$

| Características de los micropilotes | |
|---|---|
| Diámetro exterior $\phi_{ext}$ (cm) | |
| Micropilote | 20,00 |
| Armadura de tubo | 13,97 |
| Perímetro micro ($2\pi R_m$) | 62,8 |
| Área total tubo ($\pi R_t^2$) | 153,3 |
| Carga en micro $N_s$ (Mp/m) - CYPE | 10,1 |
| N° de micros pml | 2,0 |
| Carga en micro $N_d$ (Mp) | 8,1 |
| **Parámetros resistentes estimados del terreno (Kp/cm²)** | |
| Punta en roca $\sigma_R$ | 14,0 |
| Deslizamiento en roca $\tau_R$ | 3,0 |
| Deslizamiento en suelos $\tau_s$ | 0,0 |
| **Empotramiento en el terreno L (m)** | |
| En suelos | 0,0 |
| En roca | 1,5 |
| **Contribución a la resistencia (Mp)** | |
| Por punta en roca | 0,7 |
| Por fuste en roca | 9,4 |
| TOTAL | 10,14 Cumple |

Levenda:
F: Coeficiente de seguridad (F=3)

## 14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

Carga repartida **q=** 12,5 t/m
Separación entre anclajes **L=** 2 m

Esfuerzos **M = qL²/10 =** 5 mt **Md =** 7,5 mt

**V = 1,15qL/2 =** 14,38 t **Vd =** 21,563 t

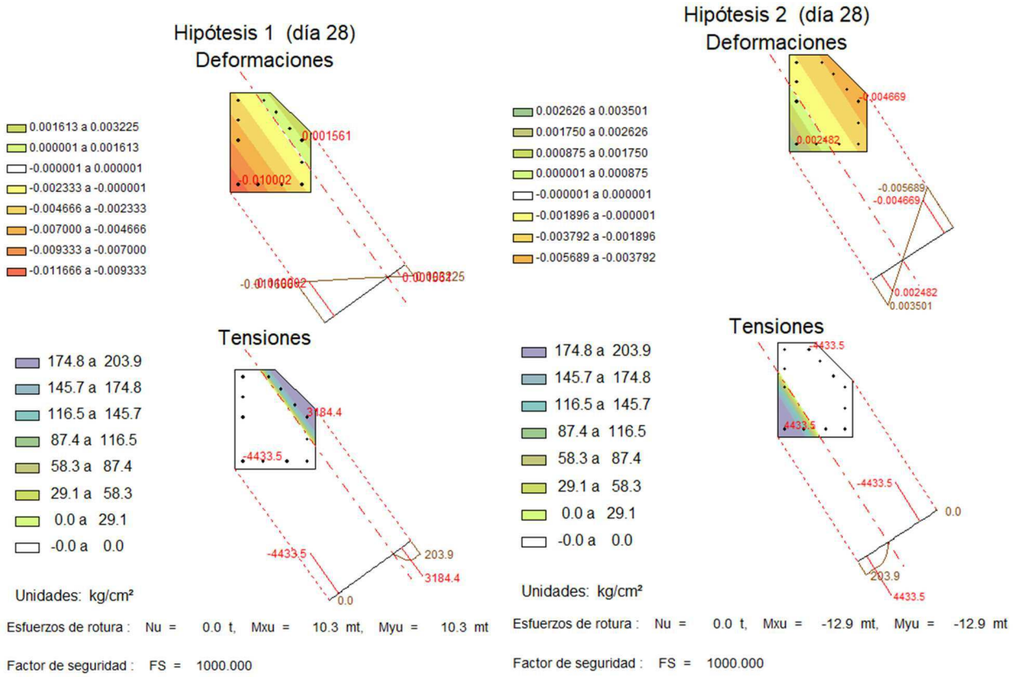
Inclinación del anclaje:

**α (°)=** 45
Esfuerzos verticales **Md =** **5,30 mt** **Vd =** **15,25 t**
Esfuerzos horizontales **Md =** **5,30 mt** **Vd =** **15,25 t**

| | Esfuerzos totales de cálculo | | | Esfuerzos de rotura | | | F.S. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_d$ (t) | $M_{xd}$ (mt) | $M_{yd}$ (mt) | $N_u$ (t) | $M_{xu}$ (mt) | $M_{yu}$ (mt) | |
| Hipótesis 1 | 0.0 | 5.3 | 5.3 | 0.0 | 10.3 | 10.3 | 1000.00 |
| Hipótesis 2 | 0.0 | -5.3 | -5.3 | 0.0 | -12.9 | -12.9 | 1000.00 |








## Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
## Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 12**

**Datos**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 N/mm² | $\gamma_c$ = 1,5 | $f_{cd}$ = | 20 N/mm² | |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 N/mm² | |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 m | Recubrimiento | 0,040 m | | |
| | Canto | 0,450 m | Canto útil d | 0,410 m | | |

*Armadura de tracción* $A_{sl}$ 8,04 cm²
*Axil de compresión* $N_{Ed}$ 0,00 t

## Resistencia a cortante sin armadura de cortante

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$k =$ 1,70 $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l =$ 0,0065 $\quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp} =$ 0 N/mm² $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c} =$ 0,12 $\quad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min} =$ 0,424 N/mm² $\quad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c} =$ 67.597 N $\quad$ **6,76 t**

## Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$z =$ 0,37 m $\quad \vartheta =$ 45 ° $\quad \alpha_{cw} =$ 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $\quad \nu_1 =$ 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,15 m | 15,07 cm²/m | 24,18 | **24,18** |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |





**Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE**

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu sen\alpha + cos\alpha) \leq 0{,}5 \nu f_{cd}$$

$\rho = A_s/A_i \qquad \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$

| Materiales | | |
|---|---|---|
| **Hormigón** | | HA-30 |
| $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk,0,05}$ = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ctd}$ = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | ***** |
| $f_{yk}$ = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | |
| $\alpha$ = | 90 | ° |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 26,6 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 45 | ° |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 18,81 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 18,81 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | |
|---|---|---|
| $v_{Edi}$ = | 0,56 | N/mm² |
| $\nu$ = | 0,528 | |
| $0{,}5\,\nu f_{cd}$ = | 5,28 | N/mm² |
| $c f_{ctd}$ = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ = | 0,38 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ = | **0,23** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | |
| Horquilla ϕ | 12 | |
| en | 2 | micros |
| $A_s$ = | 4,52 | cm² |
| $\rho$ = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd}$ ($\mu$ sen $\alpha$ + ...) = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ = | **0,73** | N/mm² |
| **Cumple** | | |

**ÍNDICE**

1. NORMA Y MATERIALES
2. ACCIONES
3. DATOS GENERALES
4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO
5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO
6. GEOMETRÍA
7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA
8. ESQUEMA DE LAS FASES
9. CARGAS
10. ELEMENTOS DE APOYO
11. RESULTADOS DE LAS FASES
12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO
13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)
14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

APÉNDICE 8.3. NOTA DE CÁLCULO PASARELA 3+450
MURO DE CONTENCIÓN PROVISIONAL ESTRIBO 2 PASARELA
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: Código estructural

Hormigón: HA-30, Yc=1.5

# 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 85.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Cota de la roca: 77.50 m

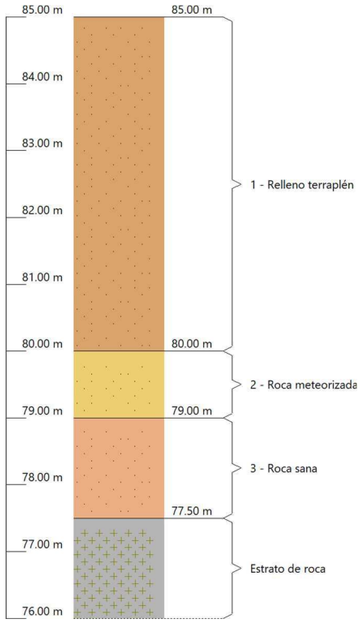
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Relleno terraplén | 85.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 33 grados<br>Cohesión: 0.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 45000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 45000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.29<br>Reposo trasdós: 0.46<br>Pasivo trasdós: 3.39<br>Activo intradós: 0.29<br>Reposo intradós: 0.46<br>Pasivo intradós: 3.39 |
| 2 - Roca meteorizada | 80.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 23 grados<br>Cohesión: 15.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 215000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 215000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.44<br>Reposo trasdós: 0.61<br>Pasivo trasdós: 2.28<br>Activo intradós: 0.44<br>Reposo intradós: 0.61<br>Pasivo intradós: 2.28 |
| 3 - Roca sana | 79.00 m | Densidad aparente: 2.4 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 30 grados<br>Cohesión: 100.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 1000000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 1000000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.33<br>Reposo trasdós: 0.50<br>Pasivo trasdós: 3.00<br>Activo intradós: 0.33<br>Reposo intradós: 0.50<br>Pasivo intradós: 3.00 |

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

| |
|---|
| Altura total: 8.00 m |
| Diámetro: 20.00 cm |
| Separación: 50.00 cm |
| Serie de micropilotes: Tuberia micropilotes |
| Perfil: Tubo 139,7x9 |

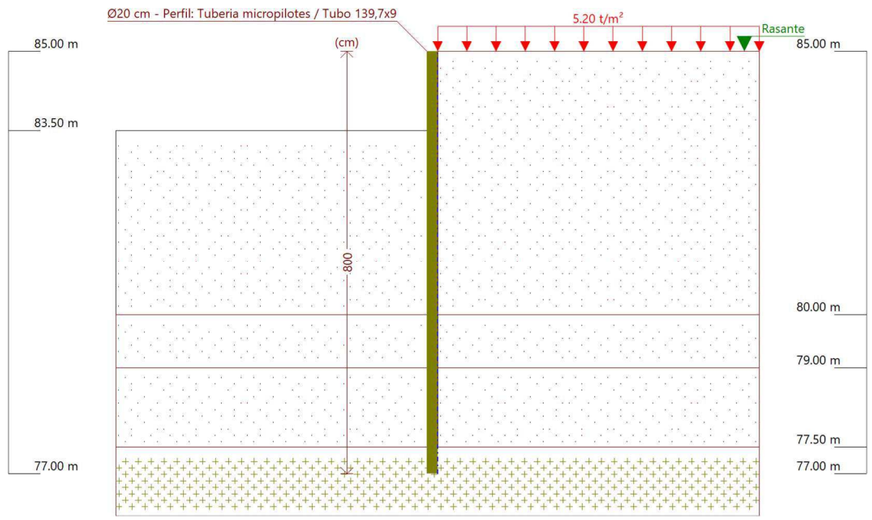
## 7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

| Referencia: pas3450estribo2 (Pasarela 3+450. Pantalla provisional estribo 2) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Esbeltez máxima: | Máximo: 200<br>Calculado: 75 | Cumple |
| Tensión máxima:<br>- Acero:<br>- Hormigón: | <br>Máximo: 5.6 t/cm²<br>Calculado: 4.902 t/cm²<br>Máximo: 0.122 t/cm²<br>Calculado: 0.122 t/cm² | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 12.89 t; Momento: 6.18 t·m; Cortante: 5.97 t | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 7.61 t; Momento: 5.42 t·m; Cortante: -2.90 t | | |
| - Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 20.00 cm) | | |

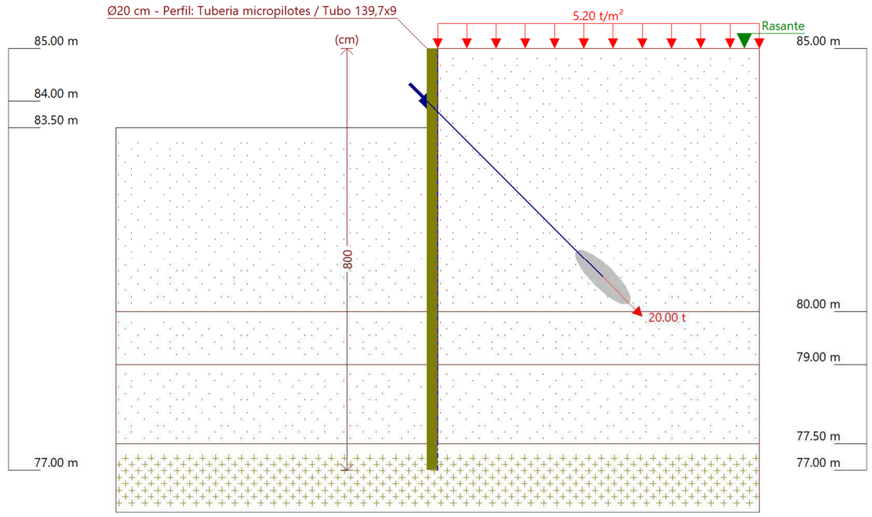




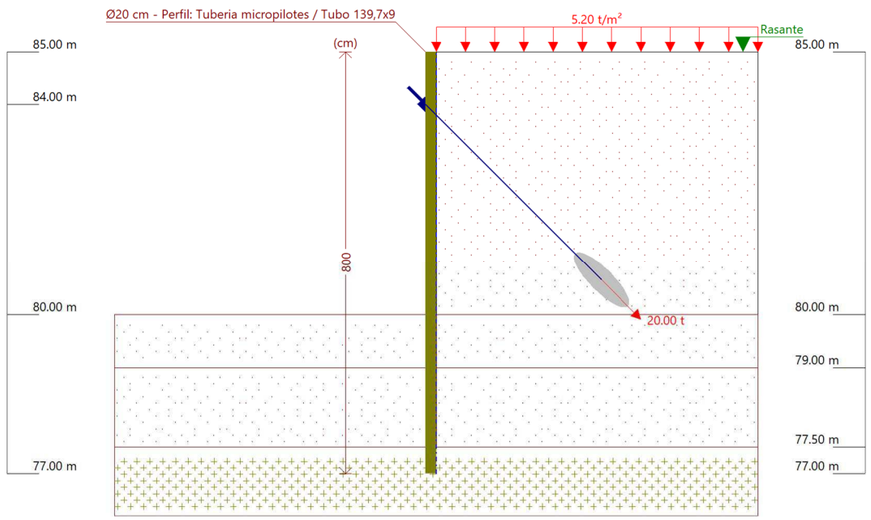
## 8. ESQUEMA DE LAS FASES



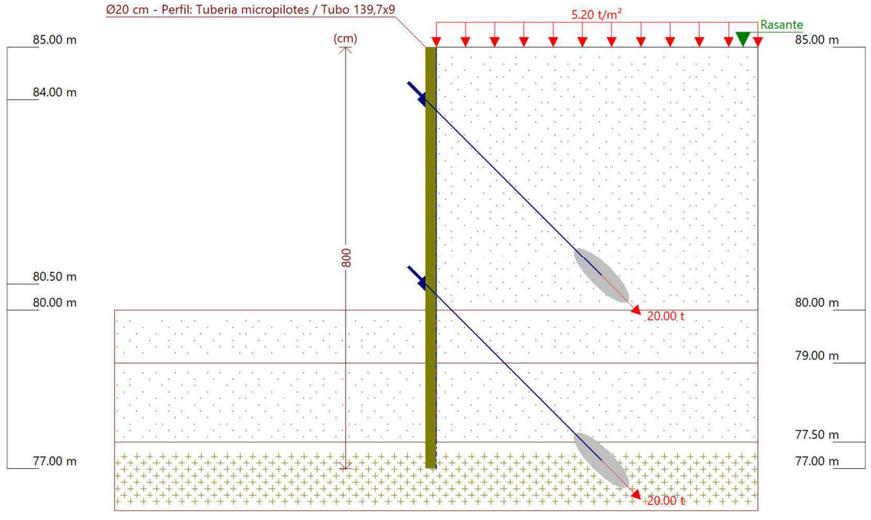

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 1 | Excavación inicial | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 83.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 2 | Anclajes 1 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 83.50 m |



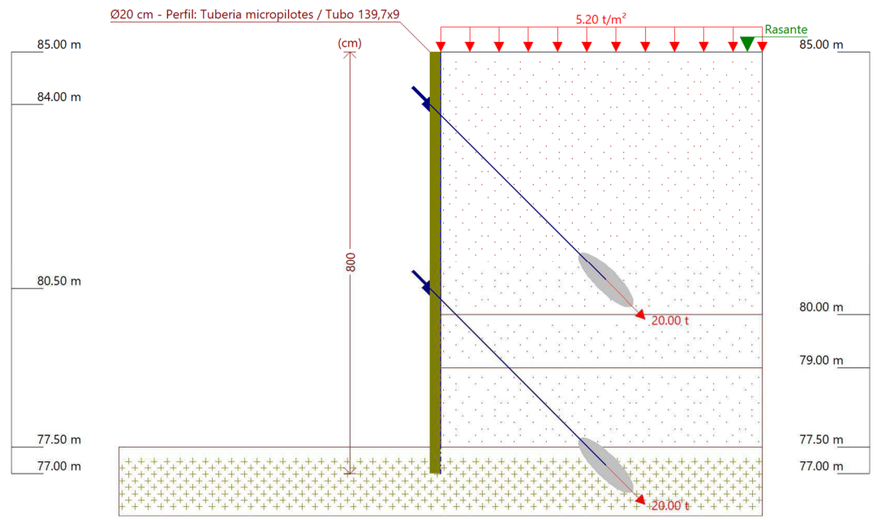

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 3 | Excavación 2 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 80.00 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 4 | Anclajes 2 | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 80.00 m |








| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 5 | Excavación final | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: 77.50 m |

# 9. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 5.2 t/m² | Excavación inicial | Excavación final |

# 10. ELEMENTOS DE APOYO

*ANCLAJES ACTIVOS*

| Descripción | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|
| Cota: 84.00 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 2.00 m | Anclajes 1 | Excavación final |
| Cota: 80.50 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 2.00 m | Anclajes 2 | Excavación final |

# 11. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

## *FASE 1: EXCAVACIÓN INICIAL*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -45.61 | -0.00 | 0.19 | -0.00 | 1.53 | 0.00 |
| 84.25 | -32.68 | 0.15 | 1.07 | 0.47 | 2.00 | 0.00 |
| 83.50 | -20.18 | 0.29 | 2.69 | 2.06 | 2.46 | 0.00 |
| 82.75 | -9.44 | 0.44 | 3.31 | 4.60 | -2.42 | 0.00 |
| 82.00 | -2.44 | 0.59 | 0.28 | 5.77 | -7.29 | 0.00 |
| 81.25 | -0.02 | 0.74 | -6.41 | 2.84 | 1.99 | 0.00 |
| 80.50 | 0.02 | 0.88 | -1.91 | -0.08 | 5.88 | 0.00 |
| 79.75 | -0.01 | 1.03 | 0.24 | -0.03 | -0.80 | 0.00 |
| 79.00 | -0.00 | 1.18 | 0.26 | 0.04 | -1.50 | 0.00 |
| 78.25 | -0.00 | 1.33 | -0.01 | -0.00 | -0.01 | 0.00 |
| 77.50 | 0.00 | 1.47 | 0.05 | 0.00 | 4.18 | 0.00 |
| Máximos | 0.08<br>Cota: 81.00 m | 1.57<br>Cota: 77.00 m | 3.51<br>Cota: 83.00 m | 5.77<br>Cota: 82.00 m | 8.28<br>Cota: 81.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -45.61<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -6.41<br>Cota: 81.25 m | -0.19<br>Cota: 80.25 m | -10.55<br>Cota: 81.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 2: ANCLAJES 1*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -45.67 | -0.00 | 0.19 | 0.00 | 1.53 | 0.00 |
| 84.25 | -32.54 | 0.15 | 1.96 | 0.71 | 8.06 | 0.00 |
| 83.50 | -20.11 | 7.37 | 1.57 | 1.97 | 5.61 | 0.00 |
| 82.75 | -9.48 | 7.51 | 3.42 | 4.48 | -2.42 | 0.00 |
| 82.00 | -2.47 | 7.66 | 0.39 | 5.73 | -7.29 | 0.00 |
| 81.25 | -0.03 | 7.81 | -6.30 | 2.88 | 1.44 | 0.00 |
| 80.50 | 0.02 | 7.96 | -1.96 | -0.07 | 5.93 | 0.00 |
| 79.75 | -0.01 | 8.10 | 0.24 | -0.03 | -0.80 | 0.00 |
| 79.00 | -0.00 | 8.25 | 0.26 | 0.04 | -1.51 | 0.00 |
| 78.25 | -0.00 | 8.40 | -0.01 | -0.00 | -0.01 | 0.00 |
| 77.50 | 0.00 | 8.55 | 0.05 | 0.00 | 4.18 | 0.00 |
| Máximos | 0.08<br>Cota: 81.00 m | 8.64<br>Cota: 77.00 m | 3.97<br>Cota: 84.00 m | 5.73<br>Cota: 82.00 m | 10.41<br>Cota: 84.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -45.67<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -6.30<br>Cota: 81.25 m | -0.19<br>Cota: 80.25 m | -10.55<br>Cota: 81.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 3: EXCAVACIÓN 2*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -44.38 | -0.00 | 2.20 | 0.00 | 17.64 | 0.00 |
| 84.25 | -38.06 | 0.15 | 3.09 | 1.98 | 2.00 | 0.00 |
| 83.50 | -33.30 | 9.36 | -4.37 | 0.55 | 2.46 | 0.00 |





| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 82.75 | -29.09 | 9.51 | -2.40 | -1.76 | 2.93 | 0.00 |
| 82.00 | -23.50 | 9.66 | -0.09 | -2.43 | 3.39 | 0.00 |
| 81.25 | -15.99 | 9.80 | 2.57 | -1.19 | 3.85 | 0.00 |
| 80.50 | -7.59 | 9.95 | 5.57 | 2.22 | 4.32 | 0.00 |
| 79.75 | -1.12 | 10.10 | 7.77 | 7.77 | -46.52 | 0.00 |
| 79.00 | 0.02 | 10.25 | -10.29 | 0.48 | 32.26 | 0.00 |
| 78.25 | -0.00 | 10.39 | 0.14 | -0.01 | -0.53 | 0.00 |
| 77.50 | 0.00 | 10.54 | 0.10 | 0.00 | 7.85 | 0.00 |
| Máximos | 0.04<br>Cota: 79.25 m | 10.54<br>Cota: 77.50 m | 7.77<br>Cota: 80.00 m | 7.77<br>Cota: 79.75 m | 32.26<br>Cota: 79.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -44.38<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -15.00<br>Cota: 79.25 m | -2.43<br>Cota: 82.00 m | -46.52<br>Cota: 79.75 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 4: ANCLAJES 2*

### *BÁSICA*

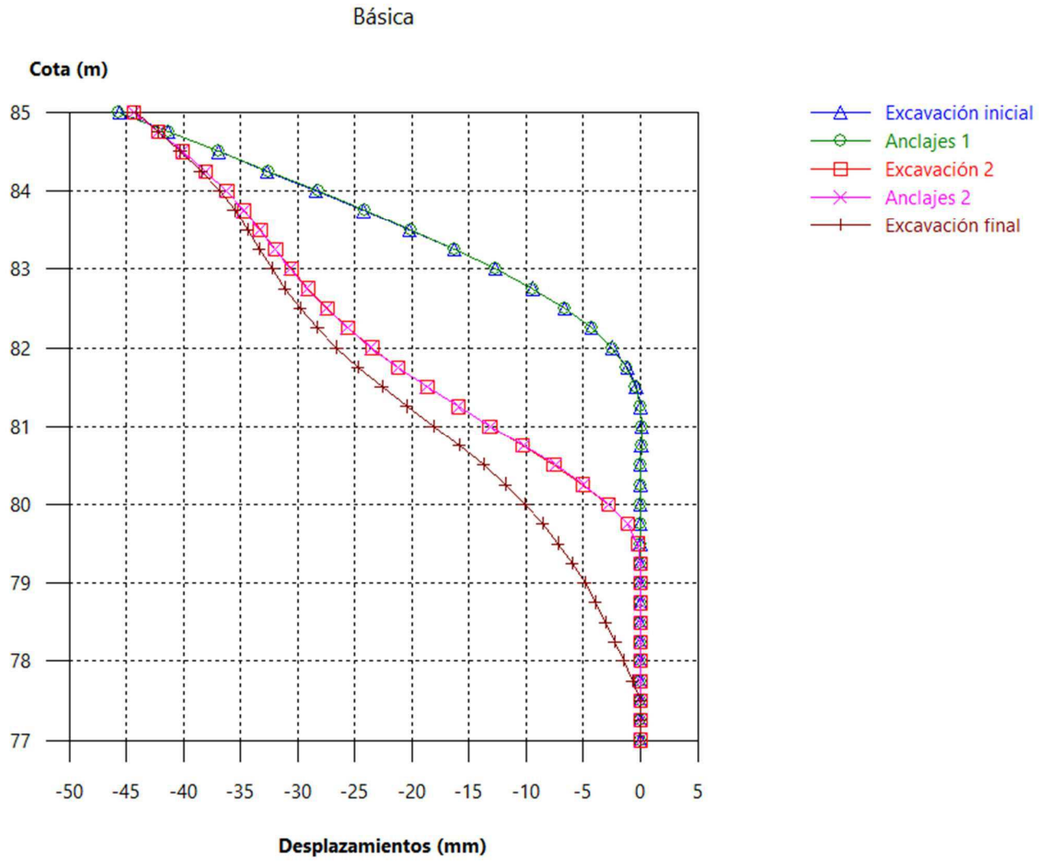
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -44.38 | -0.00 | 2.19 | 0.00 | 17.53 | 0.00 |
| 84.25 | -38.11 | 0.15 | 3.07 | 1.97 | 2.00 | 0.00 |
| 83.50 | -33.38 | 9.38 | -4.39 | 0.52 | 2.46 | 0.00 |
| 82.75 | -29.19 | 9.52 | -2.43 | -1.81 | 2.93 | 0.00 |
| 82.00 | -23.57 | 9.67 | -0.12 | -2.50 | 3.39 | 0.00 |
| 81.25 | -15.97 | 9.82 | 2.54 | -1.28 | 4.92 | 0.00 |
| 80.50 | -7.42 | 9.97 | 7.99 | 3.05 | 11.64 | 0.00 |
| 79.75 | -1.12 | 17.19 | 7.97 | 7.52 | -45.06 | 0.00 |
| 79.00 | 0.02 | 17.33 | -10.18 | 0.49 | 31.70 | 0.00 |
| 78.25 | -0.00 | 17.48 | 0.14 | -0.01 | -0.52 | 0.00 |
| 77.50 | 0.00 | 17.63 | 0.10 | 0.00 | 7.85 | 0.00 |
| Máximos | 0.04<br>Cota: 79.25 m | 17.63<br>Cota: 77.50 m | 7.99<br>Cota: 80.50 m | 7.52<br>Cota: 79.75 m | 31.70<br>Cota: 79.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |
| Mínimos | -44.38<br>Cota: 85.00 m | -0.00<br>Cota: 85.00 m | -14.65<br>Cota: 79.25 m | -2.50<br>Cota: 82.00 m | -45.39<br>Cota: 79.50 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

## *FASE 5: EXCAVACIÓN FINAL*

### *BÁSICA*

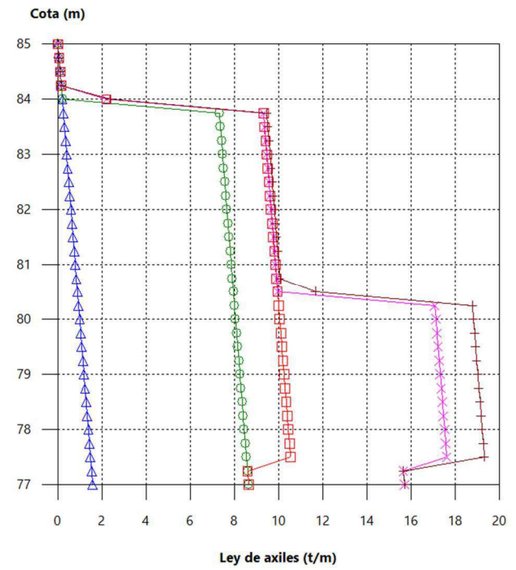
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 85.00 | -44.17 | -0.00 | 2.20 | 0.00 | 17.64 | 0.00 |
| 84.25 | -38.46 | 0.15 | 3.32 | 2.09 | 2.00 | 0.00 |
| 83.50 | -34.40 | 9.52 | -4.29 | 0.76 | 2.46 | 0.00 |
| 82.75 | -31.07 | 9.67 | -2.33 | -1.50 | 2.93 | 0.00 |
| 82.00 | -26.57 | 9.81 | -0.02 | -2.11 | 3.39 | 0.00 |
| 81.25 | -20.41 | 9.96 | 2.64 | -0.82 | 3.85 | 0.00 |
| 80.50 | -13.67 | 11.67 | 5.65 | 2.65 | 4.32 | 0.00 |
| 79.75 | -8.55 | 18.89 | -0.79 | 1.78 | 0.00 | 0.00 |
| 79.00 | -4.88 | 19.04 | -0.79 | 1.18 | 0.00 | 0.00 |
| 78.25 | -2.20 | 19.18 | -0.79 | 0.59 | 0.00 | 0.00 |
| 77.50 | 0.00 | 19.33 | -0.79 | 0.00 | 10.70 | 0.00 |
| Máximos | 0.00<br>Cota: 77.50 m | 19.33<br>Cota: 77.50 m | 5.65<br>Cota: 80.50 m | 3.05<br>Cota: 84.00 m | 17.64<br>Cota: 85.00 m | 0.00<br>Cota: 85.00 m |

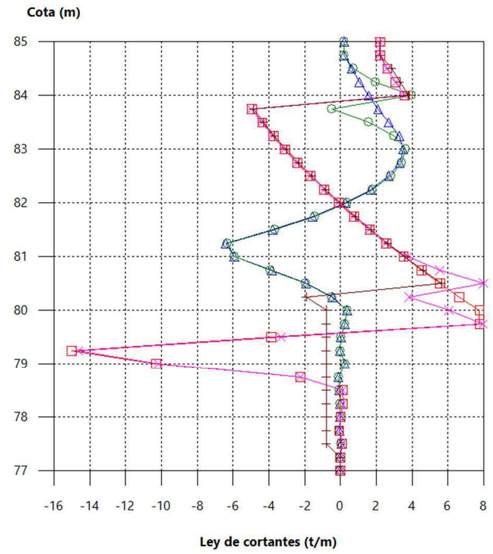
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mínimos | -44.17 Cota: 85.00 m | -0.00 Cota: 85.00 m | -4.87 Cota: 83.75 m | -2.11 Cota: 82.00 m | 0.00 Cota: 80.00 m | 0.00 Cota: 85.00 m |

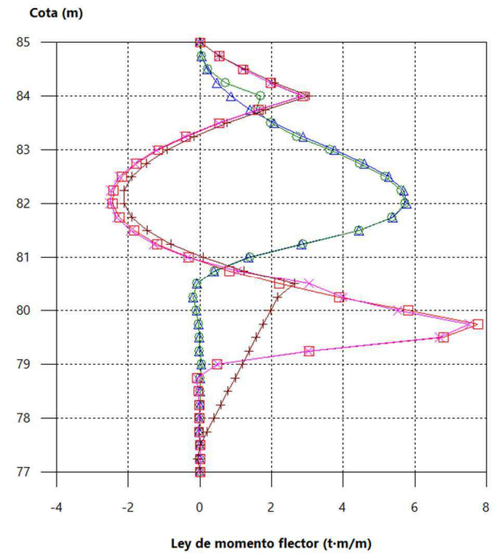


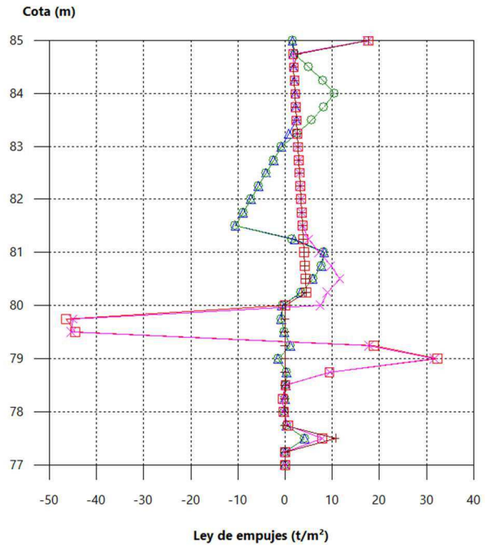




# 12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

## Anclajes activos

| Cota: 84.00 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Anclajes 1 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.07 t/m |
| Excavación 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 25.65 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 12.82 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 18.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 9.07 t/m |
| Anclajes 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 25.69 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 12.84 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 18.16 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 9.08 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 26.09 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 13.04 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 18.45 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 9.22 t/m |
| Cota: 80.50 m | |
| Fase | Resultado |
| Anclajes 2 | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.07 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 24.42 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 12.21 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 17.27 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 8.63 t/m |





**P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA**
**PASARELA 3+450 PANTALLA PROVISIONAL ESTRIBO 2**
**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Provisional |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{yk}$ (Kp/cm²) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{yk}$ | 1,10 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,25 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm²) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm²) | 7,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,45 |

**Comprobación de Anclajes**

$$P_{adm} \leq \begin{cases} \frac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \frac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$$

$$P_{Nd} = P_N \times F_1$$

$$P_{Nd} \leq P_{adm}$$

**Longitud del Bulbo**

$$a_{adm} = \frac{a_{\lim}}{F_3}$$

$$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$$

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ (cm²) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (°) | $\phi_{N\ bulbo}$ (mm) | Longitud mín (m) | | | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{N\,d}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | $L_{libre}$ | $L_{bulbo}$ mín | $L_{totalmín}$ | | | | | |
| 1 | -1,00 | 25 | 4,91 | 41,2 | 2,0 | 45 | 85 | 9 | 3,0 | 12,0 | 1145 | 20,0 | 26,1 | 39,1 | Correcto |
| 2 | -4,50 | 25 | 4,91 | 41,2 | 2,0 | 45 | 85 | 4 | 2,8 | 6,8 | 2577 | 20,0 | 24,4 | 36,6 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{N\,d}$: Carga nominal mayorada.

# 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): pas3450estribo2 (Pasarela 3+450. Pantalla provisional estribo 2) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:<br>- Hipótesis básica.<br>Excavación inicial:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67<br>Calculado: 11.337 | Cumple |
| - Anclajes 1: | | No procede(1) |
| - Excavación 2: | | No procede(1) |
| - Anclajes 2: | | No procede(1) |
| - Excavación final: | | No procede(1) |
| (1) *Existe más de un apoyo.* | | |
| Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:<br>Hipótesis básica:<br>- Excavación inicial:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67<br>Calculado: 21.006 | Cumple |

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): pas3450estribo2 (Pasarela 3+450. Pantalla provisional estribo 2) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Anclajes 1:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67<br>Calculado: 21.101 | Cumple |
| - Excavación 2:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67<br>Calculado: 22.994 | Cumple |
| - Anclajes 2:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67<br>Calculado: 22.982 | Cumple |
| - Excavación final:<br>*(1) No se ha movilizado el empuje pasivo en el intradós.* | | No procede(1) |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

**Empotramiento de micropilotes en roca**

**Cálculo de empotramiento de micropilotes**

$$N_d \leq \frac{1}{F} \cdot \left[ \sum_i (2 \cdot \pi \cdot R_m) \cdot L_i \cdot \tau_i + \sigma_R \cdot \pi \cdot R_t^2 \right]$$

| Características de los micropilotes | |
|---|---|
| Diámetro exterior $\phi_{ext}$ (cm) | |
| Micropilote | 20,00 |
| Armadura de tubo | 13,97 |
| Perímetro micro ($2\pi R_m$) | 62,8 |
| Área total tubo ($\pi R_t^2$) | 153,3 |
| Carga en micro $N_s$ (Mp/m) - CYPE | 19,3 |
| N° de micros pml | 2,0 |
| Carga en micro $N_d$ (Mp) | 15,5 |
| **Parámetros resistentes estimados del terreno (Kp/cm²)** | |
| Punta en roca $\sigma_R$ | 14,0 |
| Deslizamiento en roca $\tau_R$ | 3,0 |
| Deslizamiento en suelos $\tau_s$ | 0,0 |
| **Empotramiento en el terreno L (m)** | |
| En suelos | 0,0 |
| En roca | 2,5 |
| **Contribución a la resistencia (Mp)** | |
| Por punta en roca | 0,7 |
| Por fuste en roca | 15,7 |
| TOTAL | 16,42 Cumple |

Leyenda:
F: Coeficiente de seguridad (F=3)





# 14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

Carga repartida q= 13,045 t/m
Separación entre anclajes L= 2 m

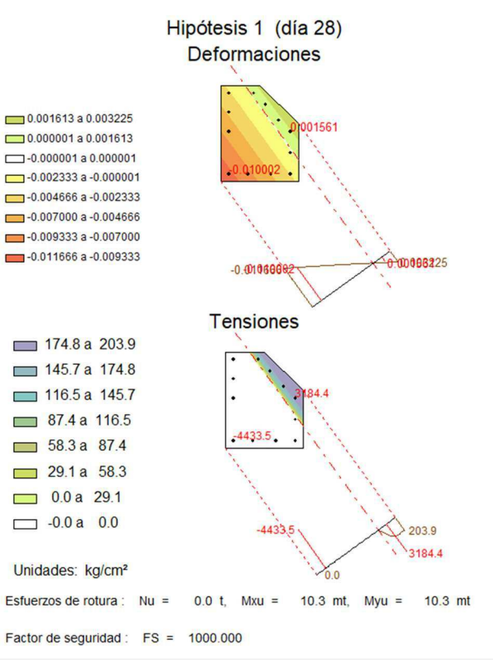
Esfuerzos $M = qL^2/10$ = 5,218 mt Md = 7,827 mt

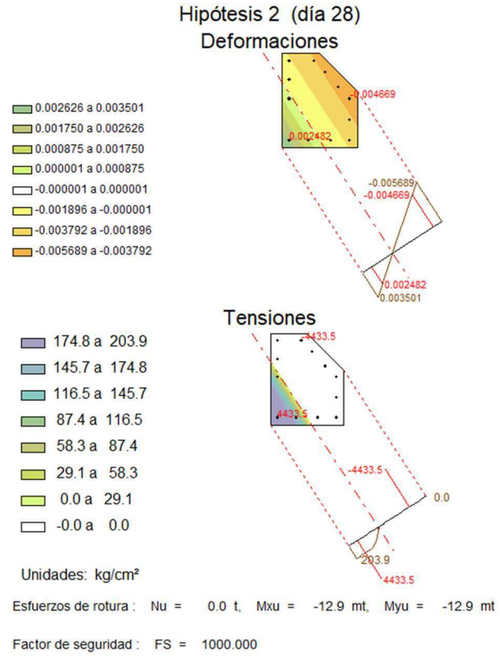
$V = 1{,}15qL/2$ = 15 t Vd = 22,503 t

Inclinación del anclaje:

α (°)= 45
Esfuerzos verticales Md = 5,53 mt Vd = 15,91 t
Esfuerzos horizontales Md = 5,53 mt Vd = 15,91 t

| | Esfuerzos totales de cálculo | | | Esfuerzos de rotura | | | F.S. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_d$ (t) | $M_{xd}$ (mt) | $M_{yd}$ (mt) | $N_u$ (t) | $M_{xu}$ (mt) | $M_{yu}$ (mt) | |
| Hipótesis 1 | 0.0 | 5.5 | 5.5 | 0.0 | 10.3 | 10.3 | 1000.00 |
| Hipótesis 2 | 0.0 | -5.5 | -5.5 | 0.0 | -12.9 | -12.9 | 1000.00 |



# Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
# Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 12**

**Datos**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² | $\gamma_c$ = 1,5 | $f_{cd}$ = | 20 | N/mm² |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 | N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 | N/mm² |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 | m | Recubrimiento | 0,040 | m | |
| | Canto | 0,450 | m | Canto útil d | 0,410 | m | |

*Armadura de tracción* $A_{sl}$ 8,04 cm²

*Axil de compresión* $N_{Ed}$ 0,00 t

**Resistencia a cortante sin armadura de cortante**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$k$ = 1,70 $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l$ = 0,0065 $\quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp}$ = 0 N/mm² $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c}$ = 0,12 $\quad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min}$ = 0,424 N/mm² $\quad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c}$ = 67.597 N 6,76 t

**Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)**

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$z$= 0,37 m $\quad \vartheta$= 45 ° $\quad \alpha_{cw}$ = 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $\quad \nu_1$ = 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,15 m | 15,07 cm²/m | 24,18 | **24,18** |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |





**Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE**

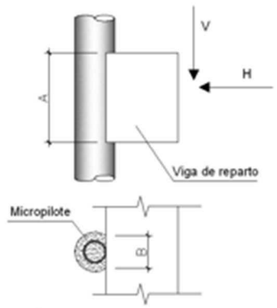
$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu sen\alpha + cos\alpha) \leq 0{,}5 \nu f_{cd}$$

$$\rho = A_s/A_i \qquad \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

| Materiales | | | |
|---|---|---|---|
| **Hormigón** | | HA-30 | |
| $f_{ck}$ | = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ | = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk,0,05}$ | = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ctd}$ | = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | ***** | |
| $f_{yk}$ | = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ | = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | | |
| $\alpha$ | = | 90 | ° |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 26,6 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 45 | ° |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 18,81 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 18,81 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | | |
|---|---|---|---|
| $v_{Edi}$ | = | 0,56 | N/mm² |
| $\nu$ | = | 0,528 | |
| $0{,}5\ \nu f_{cd}$ | = | 5,28 | N/mm² |
| $c f_{ctd}$ | = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ | = | 0,38 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ | = | **0,23** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | | |
| Horquilla ϕ | | 12 | |
| en | | 2 | micros |
| $A_s$ | = | 4,52 | cm² |
| $\rho$ | = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd} (\mu sen\alpha + \cos\alpha)$ | = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ | = | **0,73** | N/mm² |
| **Cumple** | | | |

APÉNDICE N°8.4

# Nota de Cálculo Muros

**ÍNDICE**

**8.4.1. NOTA DE CÁLCULO MURO 1**

**8.4.2. NOTA DE CÁLCULO MURO 2**

**8.4.3. NOTA DE CÁLCULO MURO 3**

**8.4.4. NOTA DE CÁLCULO MURO 4**

**8.4.5. NOTA DE CÁLCULO MURO 5**

**8.4.6. NOTA DE CÁLCULO MURO 6**

**8.4.7. NOTA DE CÁLCULO MURO 7**

**8.4.8. NOTA DE CÁLCULO MURO 8**

**8.4.9. NOTA DE CÁLCULO MURO 9**

**8.4.10. NOTA DE CÁLCULO MURO 10**

**8.4.11. NOTA DE CÁLCULO MURO 11**

**8.4.12. NOTA DE CÁLCULO MURO 12**

**8.4.13. NOTA DE CÁLCULO MURO 13**

**8.4.14. NOTA DE CÁLCULO DURMIENTE**

# Muro 1

## ÍNDICE

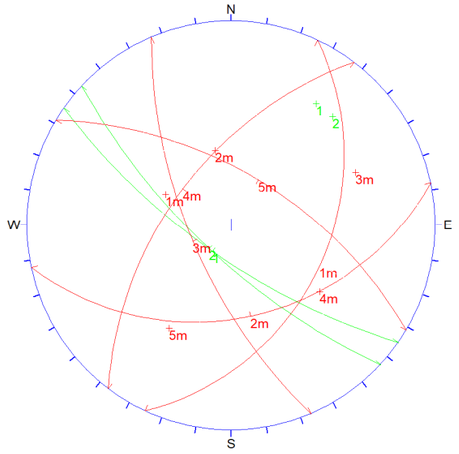
1.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 2
2.- MODELO DE CÁLCULO 3
3.- NORMAS Y MATERIALES 3
4.- ACCIONES 4
5.- COMBINACIONES 4
6.- ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO 5
7.- CUANTÍAS DE ARMADURA 8
8.- TENSIÓN MÁXIMA TRANSMITIDA AL TERRENO DEL TRASDÓS 10
9.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS ANCLAJES 11



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.1. MURO 1 ANCLADO POR BATACHES
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

## 1.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

En la zona del muro 1, el sustrato rocoso se encuentra afectado por varios sistemas de diaclasado y la estratificación de la que se encuentran dos direcciones preferentes.




Orientations

| ID | | Dip / Direction |
|---|---|---|
| 1 | | 72 / 215 |
| 2 | | 72 / 223 |
| 1 | m | 39 / 115 |
| 2 | m | 41 / 168 |
| 3 | m | 67 / 247 |
| 4 | m | 57 / 307 |
| 5 | m | 61 / 031 |

Equal Angle
Lower Hemisphere
29 Poles
29 Entries

Los empujes sobre el muro a proyectar vienen dados por la posibilidad de deslizamiento hacia la excavación de las intersecciones:

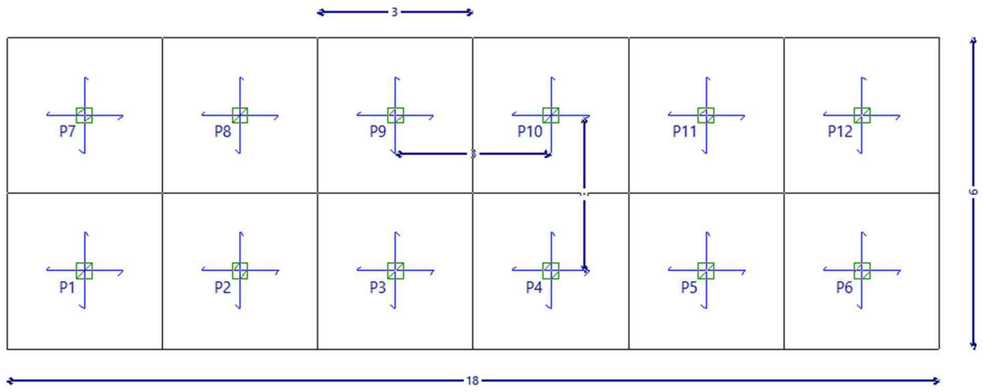
| Intersección | Talud que la elimina | Factor de Seguridad | Necesidad de anclaje F.S. =2 |
|---|---|---|---|
| E1/J1 | 35º | 1.43 | 1.2 t/m$^2$ |
| J1/J2 | 21º | 2.51 | - |
| E2/J1 | 45º | 0.51 | 2.6 t/m$^2$ |

En estas circunstancias, para anclajes $\phi$= 32 mm tesados a 23,1 t la malla de anclado recomendada sería de 3 x 3 m y una longitud de 8 m con 4 m de longitud de bulbo.

Se adopta un valor de 0,7MPa para la adherencia unitaria del bulo al terreno, obtenido a partir de las recomendaciones de la Guía Para el Diseño de Anclajes en Obras de Carretera y avalada por la experiencia en anclajes en la misma unidad geotécnica o unidades de similares características, donde en roca alterada a GM:III o incluso GM:IV se han ejecutado anclajes de manera satisfactoria con adherencias de diseño iguales o superiores.

## 2.- MODELO DE CÁLCULO

Se estudia en primer lugar un batache individual de 3Hx3V m y posteriormente una franja de muro completo ya dotado de continuidad estructural entre los distintos bataches, tal y como se muestra en la figura adjunta.




| |
|---|
| Altura muro: 6. m |
| Longitud muro: 18 m |
| Espesor muro: 45 cm |
| Batache tipo: 3.0Hx3.0V m |
| Separación entre anclajes: 3.0Hx3.0V m |
| Tipo de anclaje: permanente barra DW $\phi$26.5 mm |
| Carga de tesado: 24 T inclinado 30º con la horizontal |

| Coeficiente de balasto $K_{30}$ (Kp/cm$^3$) | Módulo de balasto $K_{BxL}$ (Mp/m$^3$) | Tensión admisible (Kp/cm$^2$) |
|---|---|---|
| 500 | Batache individual: 151.250<br>Muro completo: 107.187 | Media: 3,0<br>Punta: Mediax1,25: 3,75 |

## 3.- NORMAS Y MATERIALES

Normas:

- Código Estructural
- Guía de cimentaciones en obras de carretera
- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)

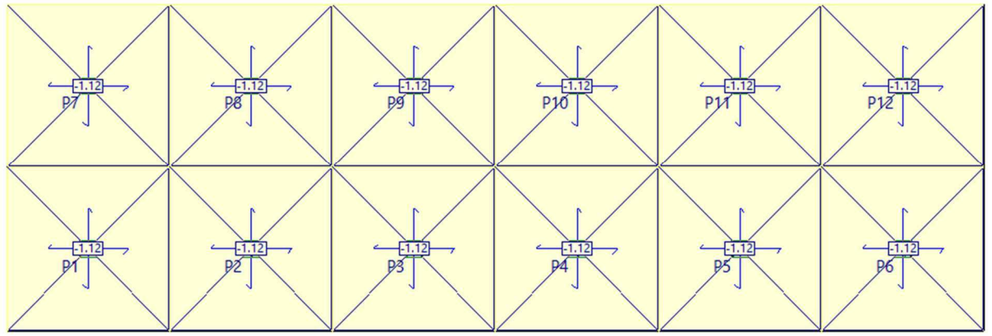
Materiales:

- Hormigón: HA-30/B/20/ XC2, $\gamma_c$=1.5; recubrimiento: 4.0 cm
- Acero de barras: B 500 S, $\gamma_s$=1.15
- Acero en anclajes: DW o similar (950/1050 N/mm$^2$)





## 4.- ACCIONES




- Una carga puntual por batache debida al anclaje, de valor 24 Mp (del lado de la seguridad no se ha proyectado a 30º)
- Al modelizar el muro como una losa apoyada en el terreno, se debe descontar el peso propio debido al mismo (2,5 Mp/m$^3$ x 0,45 m = 1,125 Mp/m$^2$) debido a que el programa lo introduce por defecto en el cálculo.

## 5.- COMBINACIONES

**▪ Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio
CM Cargas muertas
Qa Sobrecarga de uso

**▪ E.L.U. de rotura. Hormigón**

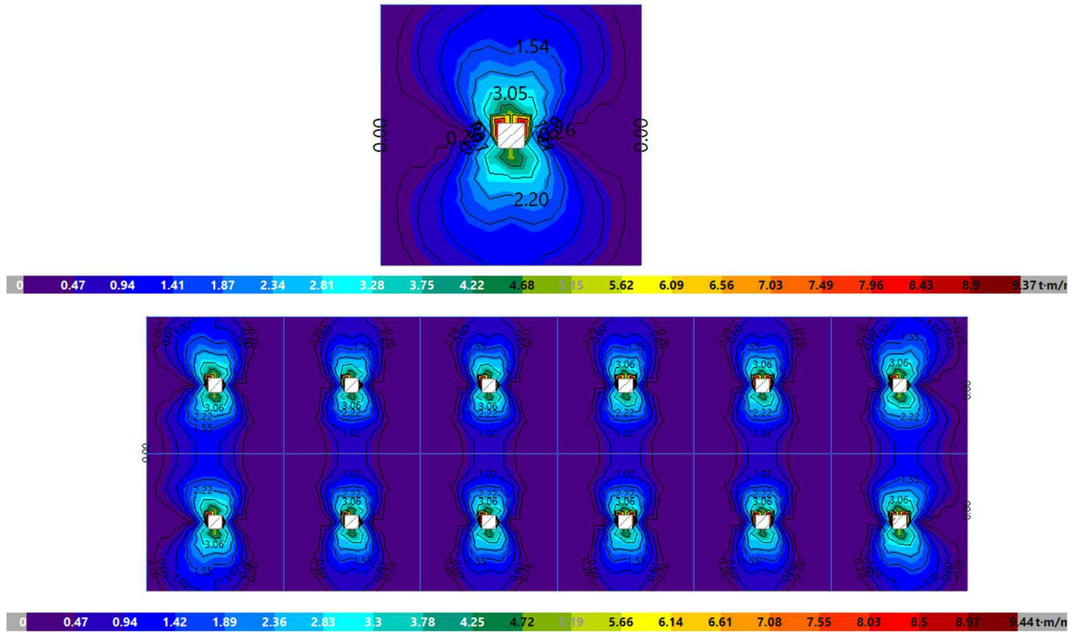
| Comb. | PP | CM | Qa |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | |
| 2 | 1.350 | 1.350 | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.500 |
| 4 | 1.350 | 1.350 | 1.500 |

**▪ Tensiones sobre el terreno y Desplazamientos**

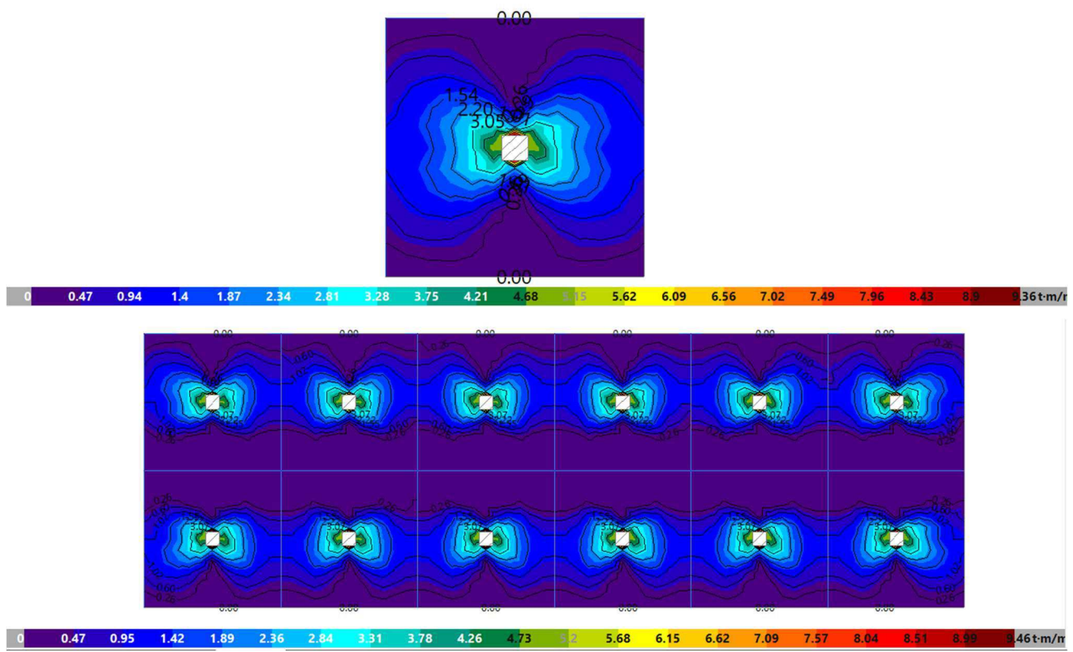
| Comb. | PP | CM | Qa |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

## 6.- ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO

MX inferior



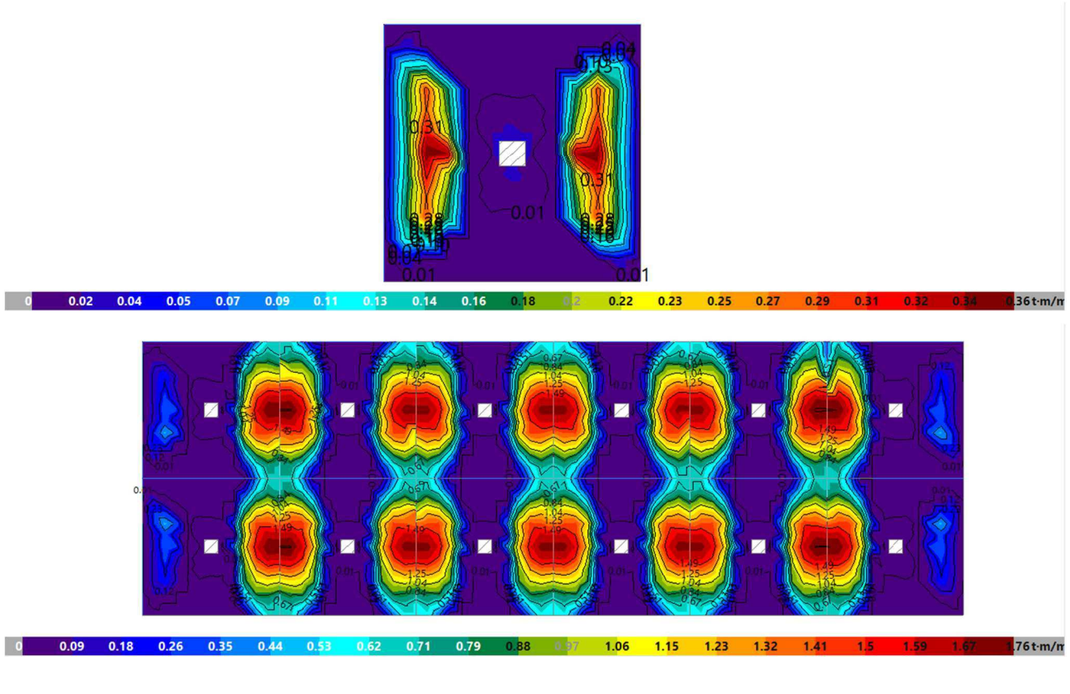

My inferior



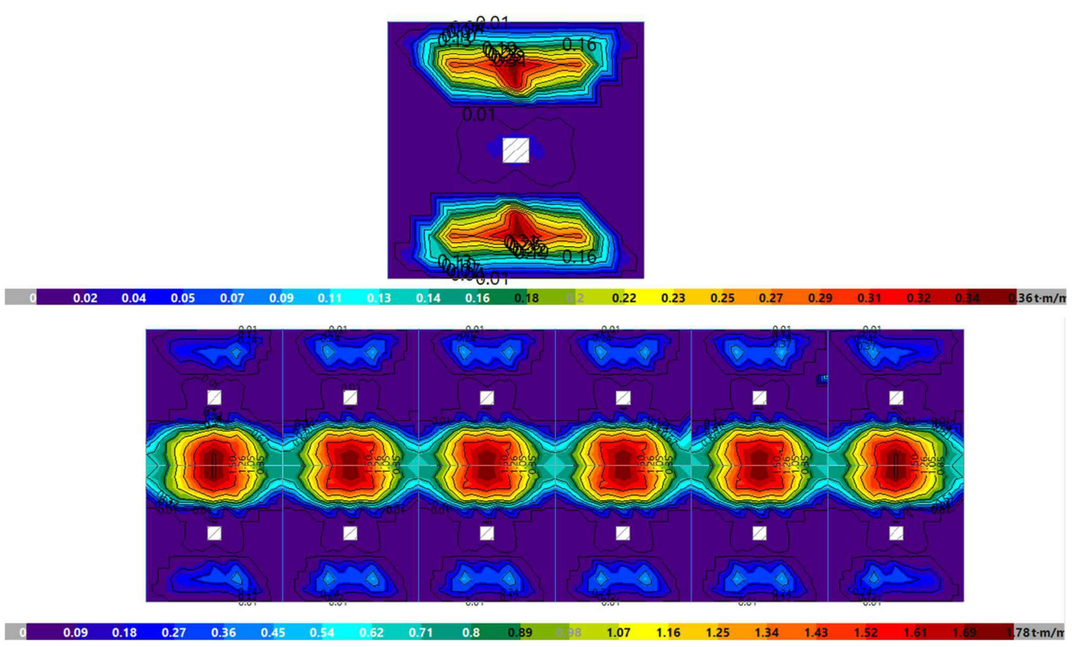




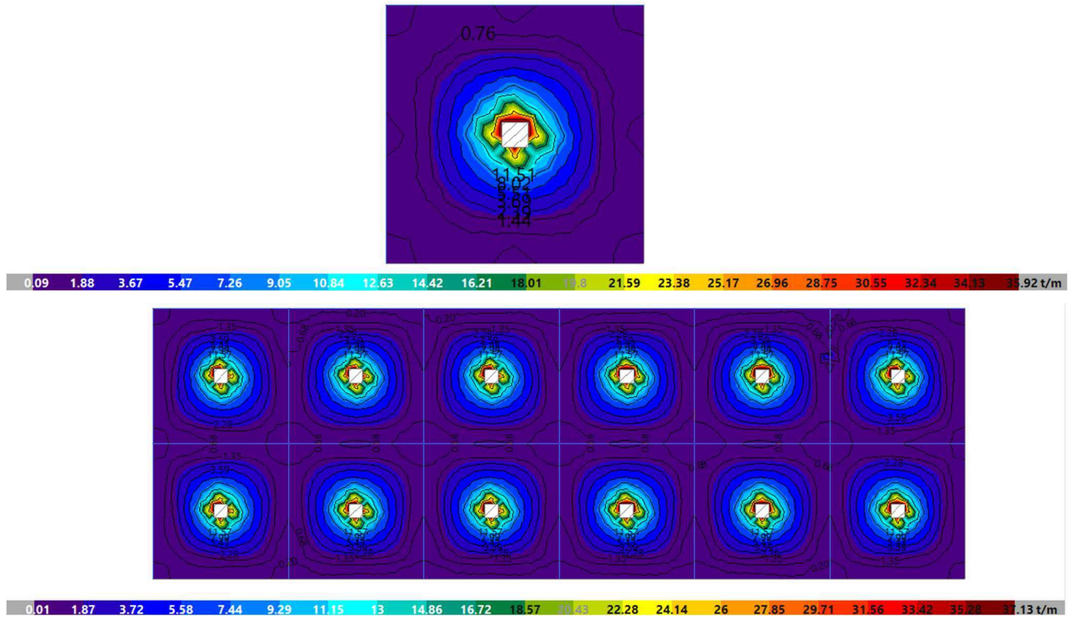

Mx superior




My superior

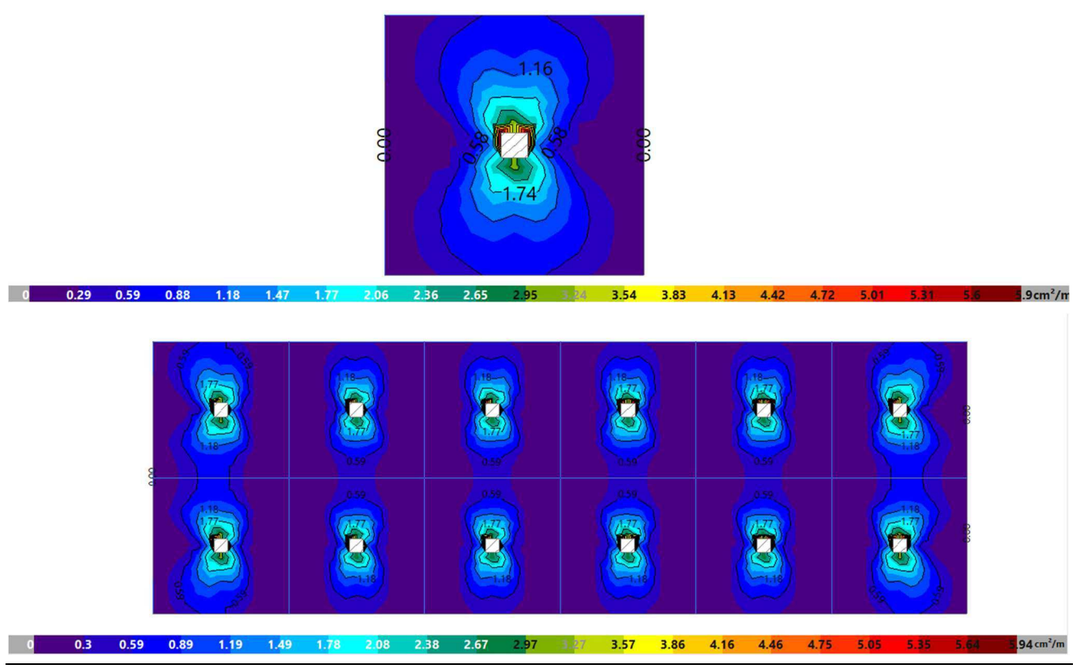


Cortante total




## 7.- CUANTÍAS DE ARMADURA

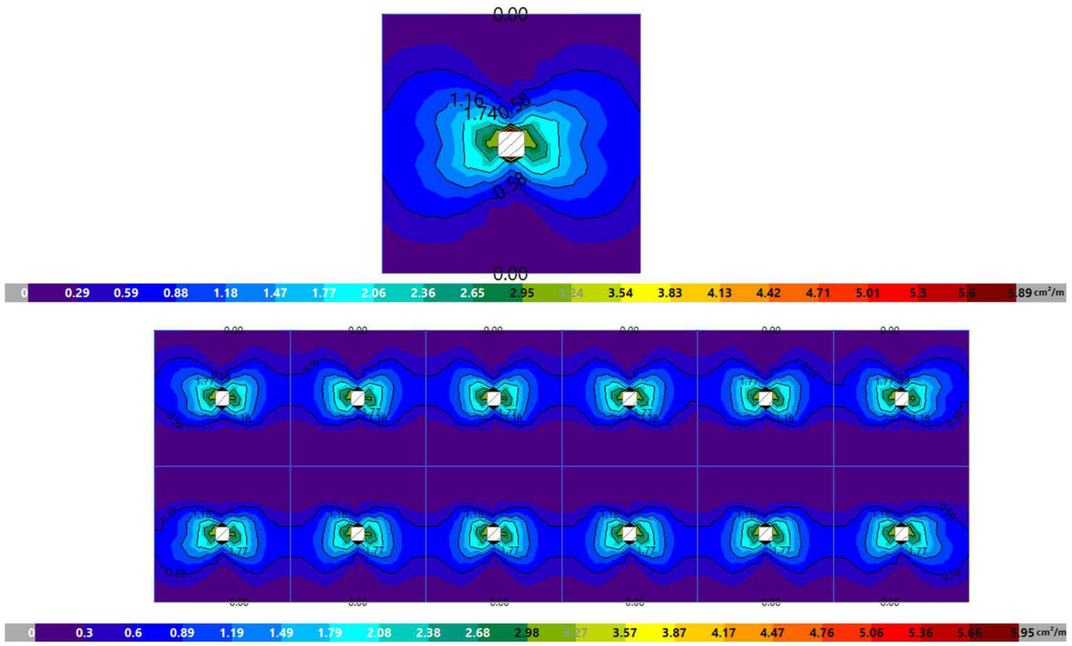
Inferior X



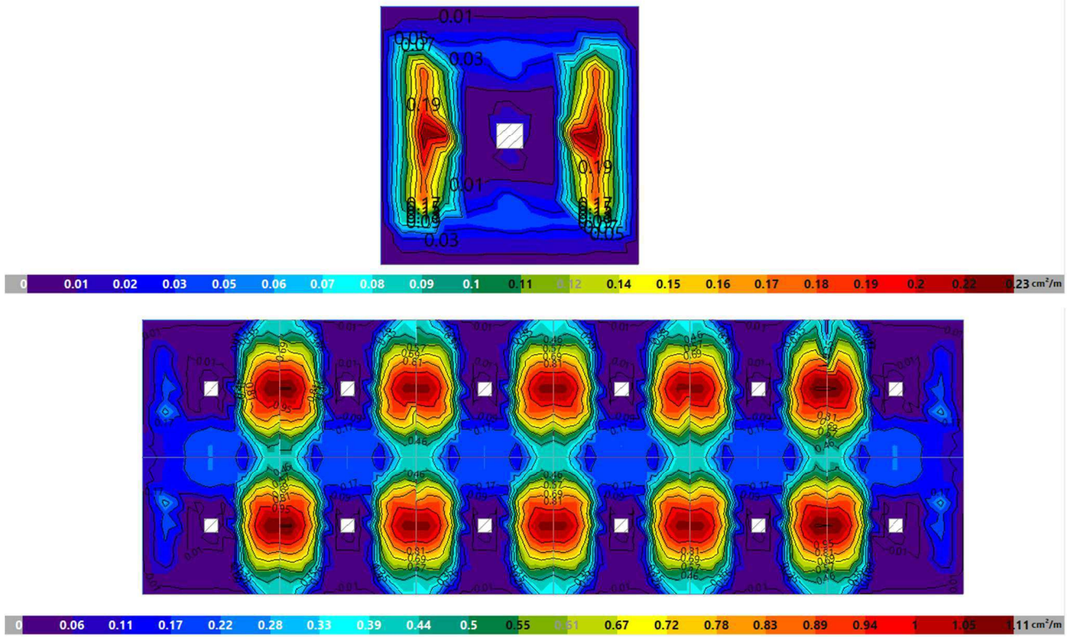




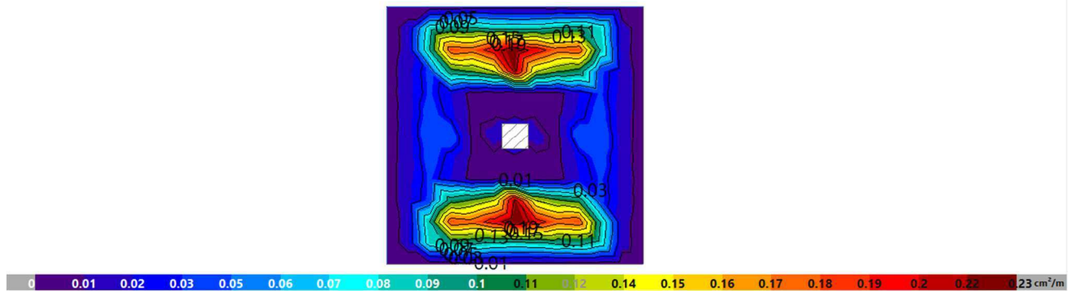

Inferior Y

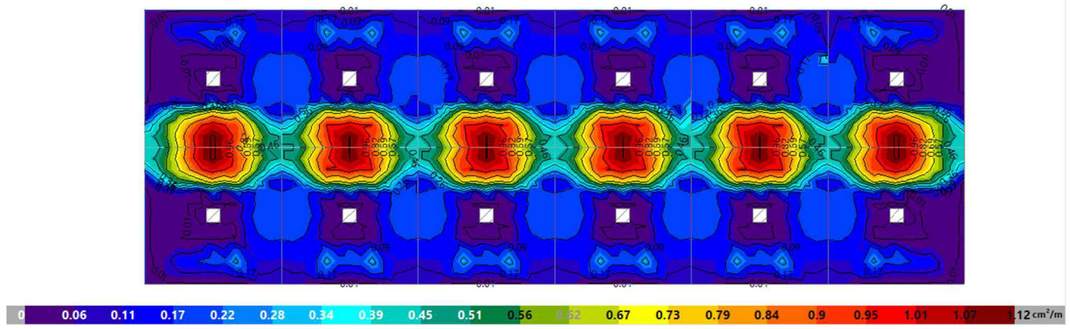



Superior X

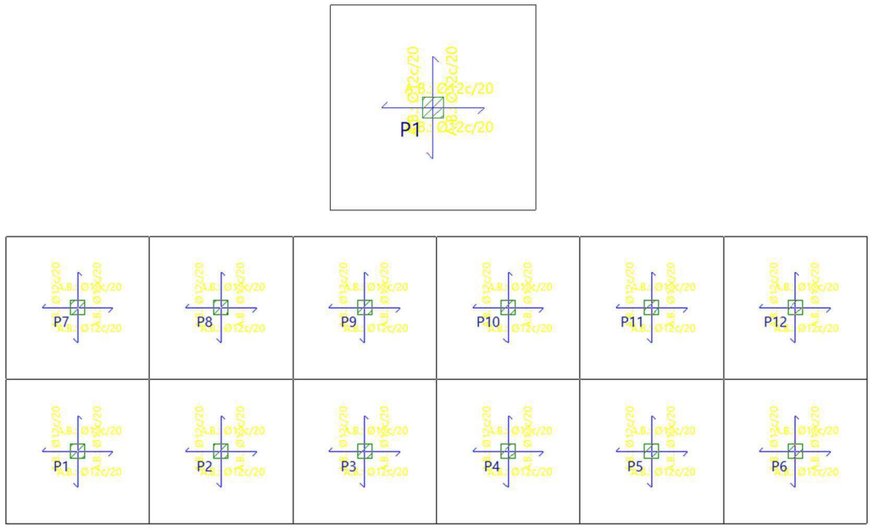


Superior Y



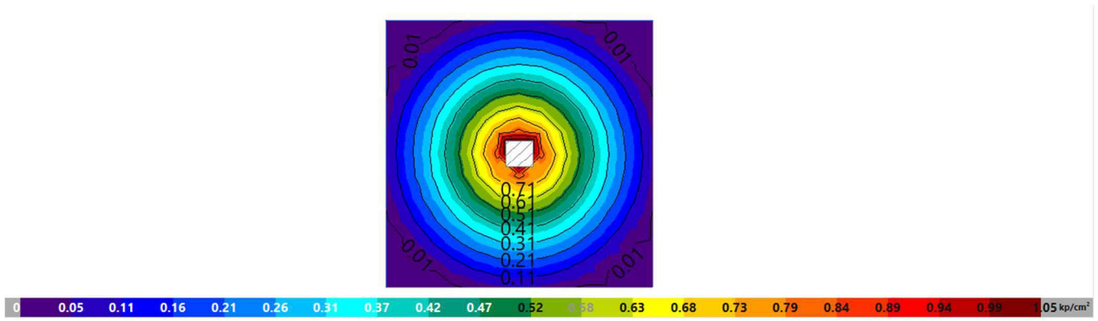

Despreciando los picos de concentración de tensiones que se producen tras las placas de anclaje, el armado de flexión propuesto por el programa para los bataches es #ϕ12c/0,20 tanto en el trasdós como en el intradós.

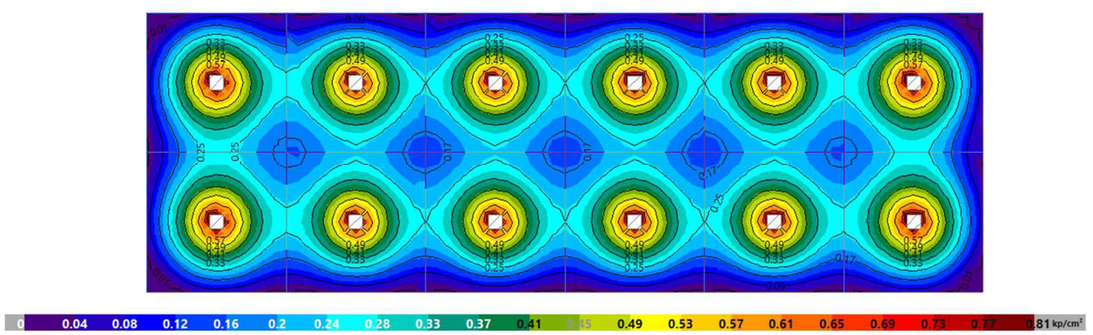







## 8.- TENSIÓN MÁXIMA TRANSMITIDA AL TERRENO DEL TRASDÓS



## 9.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS ANCLAJES

### Dimensionamiento de Anclajes

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Permanente |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{yk}$ (Kp/cm$^2$) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{yk}$ | 1,15 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm$^2$) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,30 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm$^2$) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm$^2$) | 7,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,65 |

**Comprobación de Anclajes**

$$P_{adm} \leq \begin{cases} \dfrac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \dfrac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$$

$$P_{Nd} = P_N \times F_1$$

$$P_{Nd} \leq P_{adm}$$

**Longitud del Bulbo**

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{F_3}$$

$$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \phi_N \times a_{adm}}$$

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ (cm$^2$) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (º) | $\phi_{N\ bulbo}$ (mm) | Longitud mín (m) | | | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{N\,d}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | $L_{libre}$ | $L_{bulbo\ mín}$ | $L_{total_{mín}}$ | | | | | |
| 1 | -1,50 | 26,5 | 5,52 | 44,5 | 3,0 | 30 | 105 | 4 | 2,6 | 6,6 | 2896 | 24,0 | 24,0 | 36,0 | Correcto |
| 2 | -4,50 | 26,5 | 5,52 | 44,5 | 3,0 | 30 | 105 | 4 | 2,6 | 6,6 | 2896 | 24,0 | 24,0 | 36,0 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.

| tipo de barra | Anclaje permanente y temporal diámetro nominal | acero tipo | carga en el límite elástico | carga en el límite de rotura |
|---|---|---|---|---|
| | mm | N/mm$^2$ | kN | kN |
| THREADBAR® con rosca a derechas | 26.5 | 950/1050WR | 525 | 580 |
| | 32 | 950/1050WR | 760 | 850 |
| | 36 | 950/1050WR | 960 | 1,070 |
| | 40 | 950/1050WR | 1,190 | 1,320 |
| | 47 | 950/1050WR | 1,648 | 1,822 |
| barra *GEWI®Plus* con rosca a derechas | 30 | 670/800 | 474 | 565 |
| | 35 | 670/800 | 645 | 770 |
| | 43 | 670/800 | 973 | 1,162 |
| | 57.5 | 670/800 | 1,740 | 2,077 |
| | 63.5 | 670/800 | 2,122 | 2,534 |
| barra *GEWI®* con rosca a izquierdas | 40 | 500/550 | 628 | 691 |
| | 50 | 500/550 | 982 | 1,080 |
| | 63.5 | 555/700 | 1,758 | 2,217 |

DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL DSI

# Muro 2

**ÍNDICE**

**1. NORMA Y MATERIALES** 2

**2. ACCIONES** 2

**3. DATOS GENERALES** 2

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO** 2

**5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO** 2

**6. GEOMETRÍA** 3

**7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA** 3

**8. ESQUEMA DE LAS FASES** 3

**9. CARGAS** 3

**10. ELEMENTOS DE APOYO** 6

**11. RESULTADOS DE LAS FASES** 6

**12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO** 10

**13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)** 10

**14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES** 13

APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.2. MURO 2. PANTALLA ANCLADA DE MICROPILOTES
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma: Código Estructural (España)

Hormigón: HA-30, Yc=1.5

# 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Cota de la roca: -6.00 m

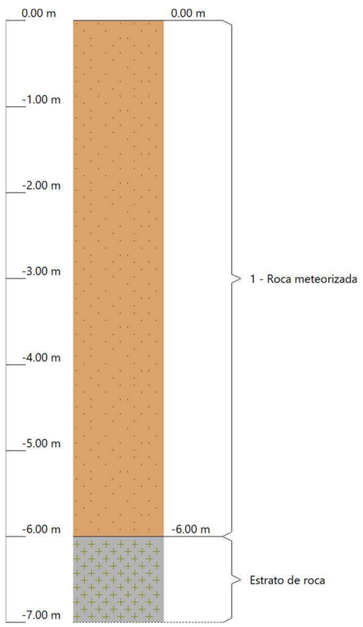
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Roca meteorizada | 0.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 23 grados<br>Cohesión: 15.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 4000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 4000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.44<br>Reposo trasdós: 0.61<br>Pasivo trasdós: 2.28<br>Activo intradós: 0.44<br>Reposo intradós: 0.61<br>Pasivo intradós: 2.28 |

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

Altura total: 4.00 m
Diámetro: 20.00 cm
Separación: 50.00 cm
Serie de micropilotes: Micropilotes
Perfil: 114,3x7

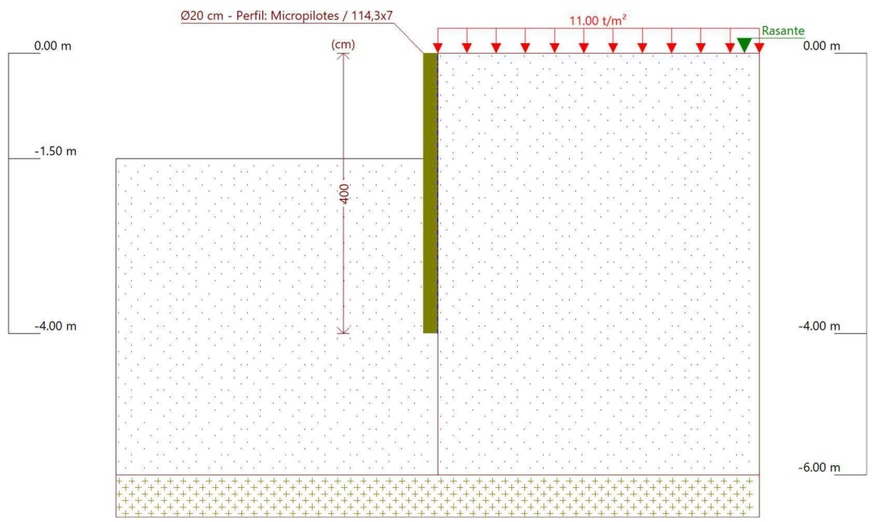
## 7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

| Referencia: Muro 2 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Esbeltez máxima: | Máximo: 200<br>Calculado: 50 | Cumple |
| Tensión máxima:<br>- Acero:<br>- Hormigón: | <br>Máximo: 5.5 t/cm²<br>Calculado: 2.332 t/cm²<br>Máximo: 0.122 t/cm²<br>Calculado: 0.1 t/cm² | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 0.00 t; Momento: 1.56 t·m; Cortante: 2.51 t | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 0.32 t; Momento: 1.57 t·m; Cortante: 2.51 t | | |
| - Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 20.00 cm) | | |

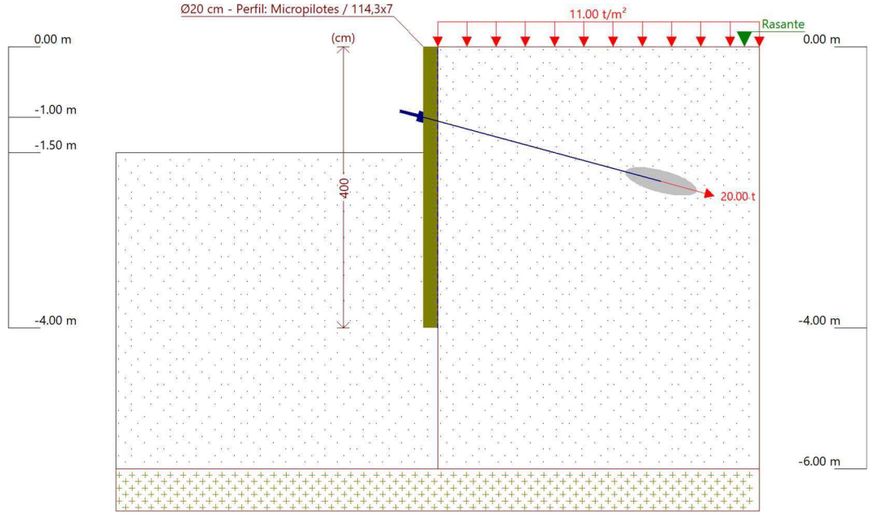
## 8. ESQUEMA DE LAS FASES



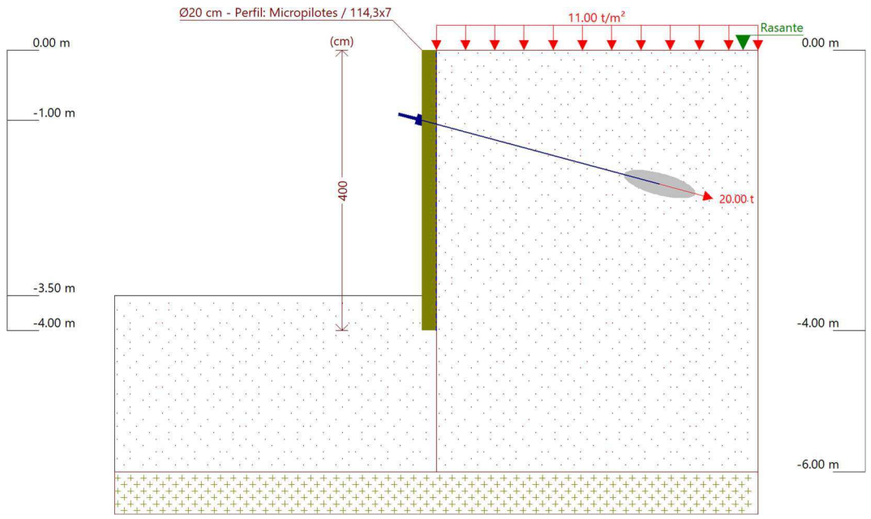




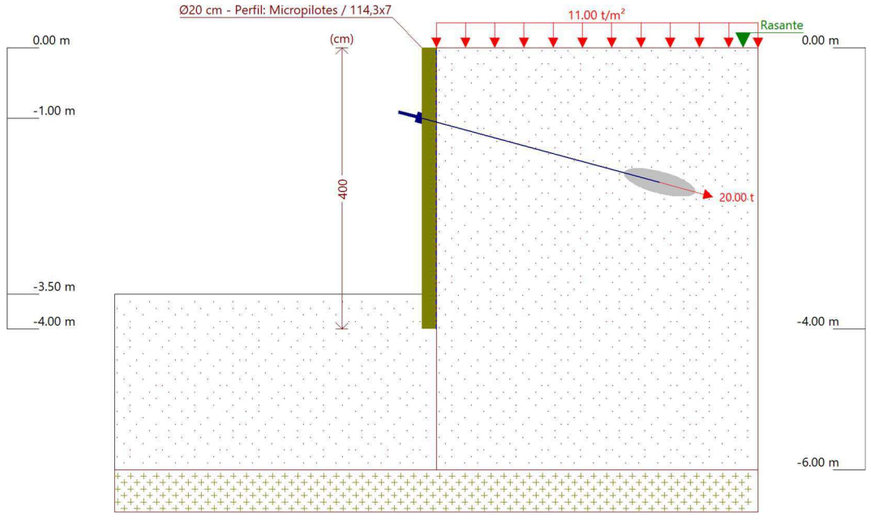

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 1 | Excavación inicial | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -1.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 2 | Anclaje | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -1.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 3 | Excavación final | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -3.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 4 | Servicio | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -3.50 m |





# 9. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 11 t/m² | Excavación inicial | Servicio |

# 10. ELEMENTOS DE APOYO

*ANCLAJES ACTIVOS*

| Descripción | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|
| Cota: -1.00 m<br>Rigidez axil: 10000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 15 grados<br>Separación: 2.50 m | Anclaje | Servicio |

# 11. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

*FASE 1: EXCAVACIÓN INICIAL*

*BASICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -2.73 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -0.25 | -2.54 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -0.50 | -2.35 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -0.75 | -2.16 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -1.00 | -1.97 | 0.18 | -0.00 | -0.00 | 0.10 | 0.00 |
| -1.25 | -1.78 | 0.23 | 0.02 | 0.01 | 1.17 | 0.00 |
| -1.50 | -1.59 | 0.27 | 0.32 | 0.09 | 2.26 | 0.00 |
| -1.75 | -1.40 | 0.32 | 0.88 | 0.31 | -2.61 | 0.00 |
| -2.00 | -1.26 | 0.36 | 0.23 | 0.36 | -1.44 | 0.00 |
| -2.25 | -1.16 | 0.41 | -0.13 | 0.33 | -0.62 | 0.00 |
| -2.50 | -1.09 | 0.46 | -0.29 | 0.26 | -0.12 | 0.00 |
| -2.75 | -1.06 | 0.50 | -0.32 | 0.18 | 0.16 | 0.00 |
| -3.00 | -1.04 | 0.55 | -0.28 | 0.11 | 0.27 | 0.00 |
| -3.25 | -1.04 | 0.59 | -0.21 | 0.06 | 0.29 | 0.00 |
| -3.50 | -1.05 | 0.64 | -0.14 | 0.02 | 0.26 | 0.00 |
| -3.75 | -1.05 | 0.68 | -0.07 | 0.01 | 0.21 | 0.00 |
| -4.00 | -1.06 | 0.73 | 0.00 | -0.00 | 0.16 | 0.00 |
| Máximos | -1.04<br>Cota: -3.25 m | 0.73<br>Cota: -4.00 m | 0.88<br>Cota: -1.75 m | 0.36<br>Cota: -2.00 m | 2.26<br>Cota: -1.50 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -2.73<br>Cota: 0.00 m | -0.00<br>Cota: 0.00 m | -0.32<br>Cota: -2.75 m | -0.00<br>Cota: -1.00 m | -2.61<br>Cota: -1.75 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

## *FASE 2: ANCLAJE*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -2.16 | 0.00 | 0.29 | -0.00 | 2.29 | 0.00 |
| -0.25 | -1.78 | 0.05 | 0.29 | 0.07 | 3.05 | 0.00 |
| -0.50 | -1.40 | 0.09 | 1.05 | 0.33 | 3.79 | 0.00 |
| -0.75 | -1.06 | 0.14 | 2.00 | 0.83 | 4.42 | 0.00 |
| -1.00 | -0.80 | 0.18 | 3.10 | 1.61 | 4.80 | 0.00 |
| -1.25 | -0.77 | 2.30 | -3.43 | 0.75 | 5.22 | 0.00 |
| -1.50 | -0.82 | 2.34 | -2.12 | 0.22 | 5.34 | 0.00 |
| -1.75 | -0.89 | 2.39 | -0.79 | 0.02 | 1.54 | 0.00 |
| -2.00 | -0.95 | 2.44 | -0.40 | -0.08 | 1.03 | 0.00 |
| -2.25 | -1.00 | 2.48 | -0.15 | -0.11 | 0.61 | 0.00 |
| -2.50 | -1.04 | 2.53 | 0.01 | -0.11 | 0.30 | 0.00 |
| -2.75 | -1.07 | 2.57 | 0.08 | -0.09 | 0.10 | 0.00 |
| -3.00 | -1.08 | 2.62 | 0.11 | -0.06 | -0.02 | 0.00 |
| -3.25 | -1.09 | 2.66 | 0.10 | -0.04 | -0.09 | 0.00 |
| -3.50 | -1.09 | 2.71 | 0.08 | -0.02 | -0.12 | 0.00 |
| -3.75 | -1.09 | 2.75 | 0.05 | -0.00 | -0.13 | 0.00 |
| -4.00 | -1.10 | 2.80 | 0.00 | -0.00 | -0.15 | 0.00 |
| Máximos | -0.77 Cota: -1.25 m | 2.80 Cota: -4.00 m | 3.10 Cota: -1.00 m | 1.61 Cota: -1.00 m | 5.34 Cota: -1.50 m | 0.00 Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -2.16 Cota: 0.00 m | 0.00 Cota: 0.00 m | -3.43 Cota: -1.25 m | -0.11 Cota: -2.25 m | -0.15 Cota: -4.00 m | 0.00 Cota: 0.00 m |

## *FASE 3: EXCAVACIÓN FINAL*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -1.88 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 3.38 | 0.00 |
| -0.25 | -1.59 | 0.05 | 0.42 | 0.11 | 3.79 | 0.00 |
| -0.50 | -1.31 | 0.09 | 1.37 | 0.45 | 4.18 | 0.00 |
| -0.75 | -1.06 | 0.14 | 2.41 | 1.05 | 4.40 | 0.00 |
| -1.00 | -0.93 | 0.31 | 3.51 | 1.93 | 4.28 | 0.00 |
| -1.25 | -1.07 | 2.43 | -3.63 | 1.02 | 4.03 | 0.00 |
| -1.50 | -1.32 | 2.47 | -2.62 | 0.37 | 3.35 | 0.00 |
| -1.75 | -1.60 | 2.52 | -1.78 | -0.08 | 2.53 | 0.00 |
| -2.00 | -1.87 | 2.56 | -1.15 | -0.37 | 1.77 | 0.00 |
| -2.25 | -2.10 | 2.61 | -0.71 | -0.54 | 1.19 | 0.00 |
| -2.50 | -2.26 | 2.66 | -0.41 | -0.64 | 0.86 | 0.00 |
| -2.75 | -2.35 | 2.70 | -0.19 | -0.69 | 0.84 | 0.00 |
| -3.00 | -2.35 | 2.75 | 0.01 | -0.69 | 1.13 | 0.00 |
| -3.25 | -2.28 | 2.79 | 0.30 | -0.62 | 1.74 | 0.00 |
| -3.50 | -2.13 | 2.84 | 0.73 | -0.43 | 2.65 | 0.00 |
| -3.75 | -1.93 | 2.88 | 1.40 | -0.08 | -4.26 | 0.00 |
| -4.00 | -1.73 | 2.93 | 0.33 | -0.00 | -2.65 | 0.00 |
| Máximos | -0.93 Cota: -1.00 m | 2.93 Cota: -4.00 m | 3.51 Cota: -1.00 m | 1.93 Cota: -1.00 m | 4.40 Cota: -0.75 m | 0.00 Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -2.35 Cota: -3.00 m | 0.00 Cota: 0.00 m | -3.63 Cota: -1.25 m | -0.69 Cota: -2.75 m | -4.26 Cota: -3.75 m | 0.00 Cota: 0.00 m |

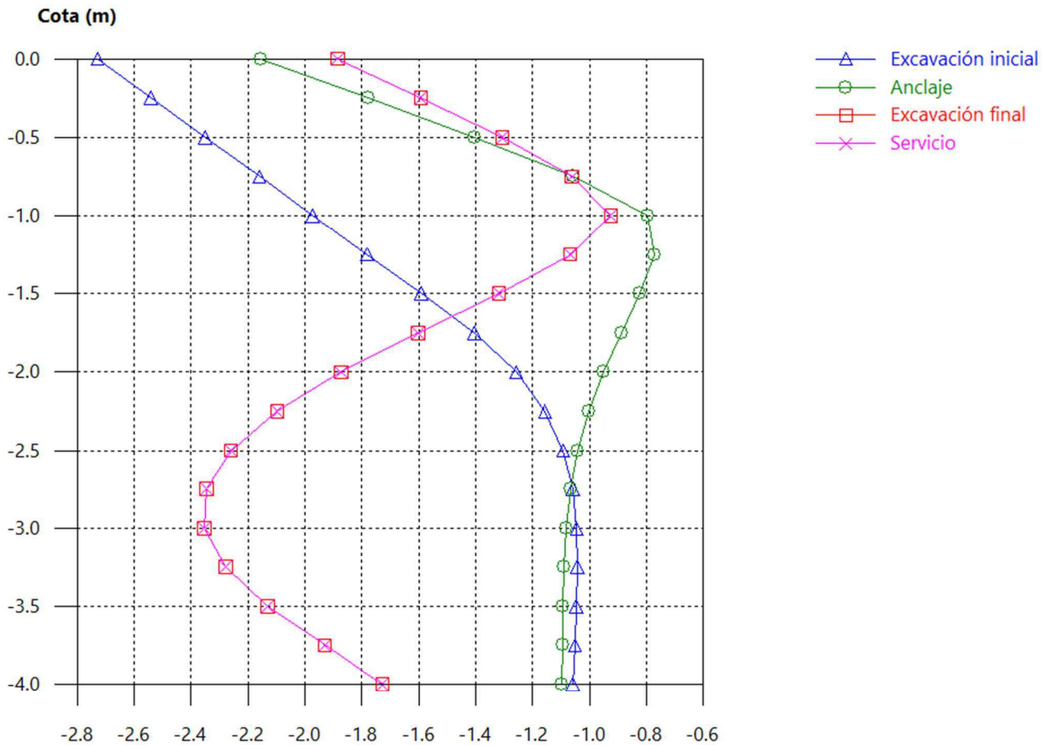


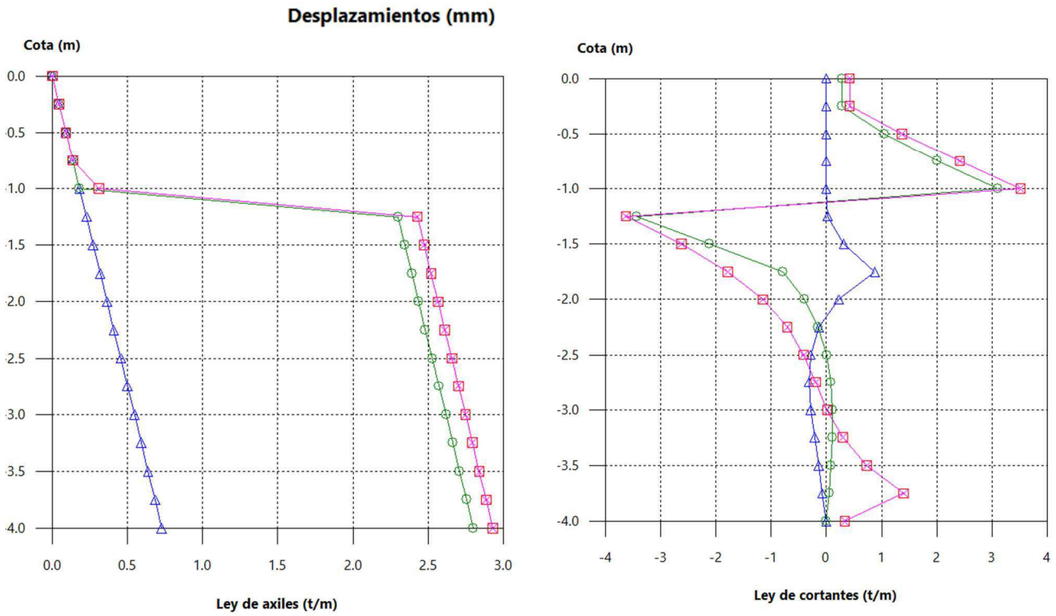


## *FASE 4: SERVICIO*

### *BÁSICA*

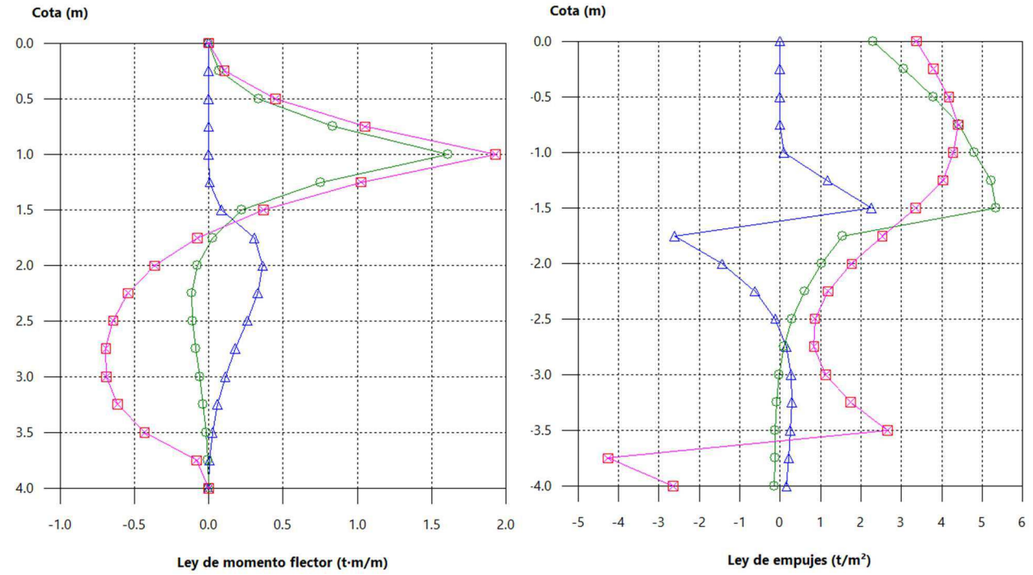
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -1.88 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 3.38 | 0.00 |
| -0.25 | -1.59 | 0.05 | 0.42 | 0.11 | 3.79 | 0.00 |
| -0.50 | -1.31 | 0.09 | 1.37 | 0.45 | 4.18 | 0.00 |
| -0.75 | -1.06 | 0.14 | 2.41 | 1.05 | 4.40 | 0.00 |
| -1.00 | -0.93 | 0.31 | 3.51 | 1.93 | 4.28 | 0.00 |
| -1.25 | -1.07 | 2.43 | -3.63 | 1.02 | 4.03 | 0.00 |
| -1.50 | -1.32 | 2.47 | -2.62 | 0.37 | 3.35 | 0.00 |
| -1.75 | -1.60 | 2.52 | -1.78 | -0.08 | 2.53 | 0.00 |
| -2.00 | -1.87 | 2.56 | -1.15 | -0.37 | 1.77 | 0.00 |
| -2.25 | -2.10 | 2.61 | -0.71 | -0.54 | 1.19 | 0.00 |
| -2.50 | -2.26 | 2.66 | -0.41 | -0.64 | 0.86 | 0.00 |
| -2.75 | -2.35 | 2.70 | -0.19 | -0.69 | 0.84 | 0.00 |
| -3.00 | -2.35 | 2.75 | 0.01 | -0.69 | 1.13 | 0.00 |
| -3.25 | -2.28 | 2.79 | 0.30 | -0.62 | 1.74 | 0.00 |
| -3.50 | -2.13 | 2.84 | 0.73 | -0.43 | 2.65 | 0.00 |
| -3.75 | -1.93 | 2.88 | 1.40 | -0.08 | -4.26 | 0.00 |
| -4.00 | -1.73 | 2.93 | 0.33 | -0.00 | -2.65 | 0.00 |
| Máximos | -0.93 Cota: -1.00 m | 2.93 Cota: -4.00 m | 3.51 Cota: -1.00 m | 1.93 Cota: -1.00 m | 4.40 Cota: -0.75 m | 0.00 Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -2.35 Cota: -3.00 m | 0.00 Cota: 0.00 m | -3.63 Cota: -1.25 m | -0.69 Cota: -2.75 m | -4.26 Cota: -3.75 m | 0.00 Cota: 0.00 m |








## 12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

Anclajes activos

| Cota: -1.00 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Anclaje | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 19.32 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.73 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 21.25 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.50 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 20.53 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 8.21 t/m |
| Servicio | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 21.25 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.50 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 20.53 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 8.21 t/m |

**P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA**
**MURO 2**
**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Definitivo |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{yk}$ (Kp/cm$^2$) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{yk}$ | 1,10 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm$^2$) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,25 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm$^2$) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm$^2$) | 3,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,45 |

**Comprobación de Anclajes**

$$P_{adm} \leq \begin{cases} \dfrac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \dfrac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$$

$$P_{Nd} = P_N \times F_1$$

$$P_{Nd} \leq P_{adm}$$

**Longitud del Bulbo**

$$a_{adm} = \frac{a_{\lim}}{F_3}$$

$$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$$

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ (cm$^2$) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (º) | $\phi_{N\ bulbo}$ (mm) | Longitud mín (m) $L_{libre}$ | Longitud mín (m) $L_{bulbo}$ mín | Longitud mín (m) $L_{total\,min}$ | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{N\,d}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -1,00 | 25 | 4,91 | 41,2 | 2,5 | 30 | 85 | 5 | 5,8 | 10,8 | 2062 | 20,0 | 21,3 | 31,9 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{N\,d}$: Carga nominal mayorada.

## 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro 2 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: | | |
| Hipótesis básica: | | |
| - Excavación inicial: | | No procede(1) |
| - Anclaje: | | No procede(1) |
| - Excavación final: | | No procede(1) |
| - Servicio: | | No procede(1) |
| *(1) El empuje activo en el trasdós no se moviliza o no produce momentos desequilibrantes.* | | |
| Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: | | |
| *Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67 | |
| Hipótesis básica: | | |
| - Excavación inicial: | Calculado: 8.355 | Cumple |
| - Anclaje: | Calculado: 8.859 | Cumple |
| - Excavación final: | Calculado: 5.956 | Cumple |
| - Servicio: | Calculado: 5.956 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |





**Empotramiento de micropilotes en roca**

**Cálculo de empotramiento de micropilotes**

$$N_d \leq \frac{1}{F} \cdot \left[ \sum_i (2 \cdot \pi \cdot R_m) \cdot L_i \cdot \tau_i + \sigma_R \cdot \pi \cdot R_t^{\,2} \right]$$

| Características de los micropilotes | |
|---|---|
| Diámetro exterior $\phi_{ext}$ (cm) | |
| Micropilote | 20,00 |
| Armadura de tubo | 11,43 |
| Perímetro micro ($2\pi R_m$) | 62,8 |
| Área total tubo ($\pi R_t^2$) | 102,6 |
| Carga en micro $N_s$ (Mp/m) - CYPE | 3,0 |
| N° de micros pml | 2,0 |
| Carga en micro $N_d$ (Mp) | 2,4 |
| **Parámetros resistentes estimados del terreno (Kp/cm$^2$)** | |
| Punta en roca $\sigma_R$ | 0,2 |
| Deslizamiento en roca $\tau_R$ | 1,4 |
| Deslizamiento en suelos $\tau_s$ | 0,0 |
| **Empotramiento en el terreno L (m)** | |
| En suelos | 0,0 |
| En roca | 1,0 |
| **Contribución a la resistencia (Mp)** | |
| Por punta en roca | 0,0 |
| Por fuste en roca | 2,9 |
| TOTAL | 2,94 Cumple |

Leyenda:
F: Coeficiente de seguridad (F=3)

## 14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

Carga repartida **q=** 8,604 t/m
Separación entre anclajes **L=** 2,5 m

Esfuerzos **M = qL²/10 =** 5,378 mt **Md =** 8,0663 mt
**V = 1,15qL/2 =** 12,37 t **Vd =** 18,552 t

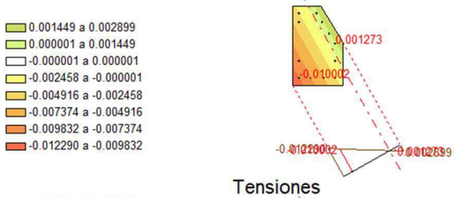
Inclinación del anclaje:

**α (°)=** 30

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Esfuerzos verticales | **Md =** | **4,03 mt** | **Vd =** | **9,28 t** |
| Esfuerzos horizontales | **Md =** | **6,99 mt** | **Vd =** | **16,07 t** |

| | Esfuerzos totales de cálculo | | | Esfuerzos de rotura | | | F.S. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_d$ (t) | $M_{xd}$ (mt) | $M_{yd}$ (mt) | $N_u$ (t) | $M_{xu}$ (mt) | $M_{yu}$ (mt) | |
| Hipótesis 1 | 0.0 | 6.9 | 4.3 | 0.0 | 13.0 | 8.1 | 1.88 |
| Hipótesis 2 | 0.0 | -6.9 | -4.3 | 0.0 | -16.5 | -10.3 | 2.39 |

Hipótesis 1 (día 28)
Deformaciones

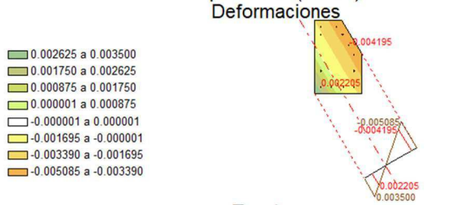



Tensiones

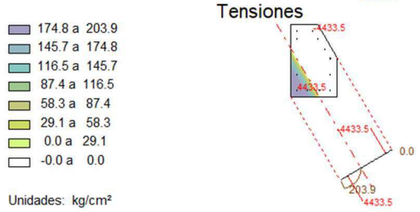



Unidades: kg/cm²
Esfuerzos de rotura : Nu = 0.0 t, Mxu = 13.0 mt, Myu = 8.1 mt
Factor de seguridad : FS = 1.879

Hipótesis 2 (día 28)
Deformaciones




Tensiones




Unidades: kg/cm²
Esfuerzos de rotura : Nu = 0.0 t, Mxu = -16.5 mt, Myu = -10.3 mt
Factor de seguridad : FS = 2.390





## Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
## Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 13**

**Datos**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 N/mm² | $\gamma_c$ = 1,5 | $f_{cd}$ = | 20 N/mm² | |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 N/mm² | |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 m | Recubrimiento | 0,040 m | | |
| | Canto | 0,450 m | Canto útil d | 0,410 m | | |

*Armadura de tracción* $A_{sl}$ 8,04 cm²
*Axil de compresión* $N_{Ed}$ 0,00 t

**Resistencia a cortante sin armadura de cortante**

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$k$ = 1,70 $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l$ = 0,0065 $\quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp}$ = 0 N/mm² $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c}$ = 0,12 $\quad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min}$ = 0,424 N/mm² $\quad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c}$ = 67.597 N **6,76 t**

## Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

z= 0,37 m  ϑ= 45 °  $\alpha_{cw}$ = 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$  $\nu_1$ = 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,2 m | 11,30 cm²/m | 18,14 | **18,14** |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |





**Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE**

$$v_{Edi} \le v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha) \le 0{,}5\nu f_{cd}$$

$\rho = A_s/A_i$  $\nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$

| Materiales | | |
|---|---|---|
| **Hormigón** | | **HA-30** |
| $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk,0,05}$ = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ctd}$ = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | **B 500 S** |
| $f_{yk}$ = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | |
| $\alpha$ = | 90 ° | |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 21 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 30 | ° |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 18,19 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 10,50 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | |
|---|---|---|
| $v_{Ed}$ = | 0,32 | N/mm² |
| $\nu$ = | 0,528 | |
| $0{,}5\,\nu f_{cd}$ = | 5,28 | N/mm² |
| $c f_{ctd}$ = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ = | 0,36 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ = | **0,22** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | |
| Horquilla ϕ | 12 | |
| en | 2 | micros |
| $A_s$ = | 4,52 | cm² |
| ρ = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha)$ = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ = | **0,72** | N/mm² |
| **Cumple** | | |

# Muro 3

# Muro 3 de sostenimiento - Sección Tipo 1
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

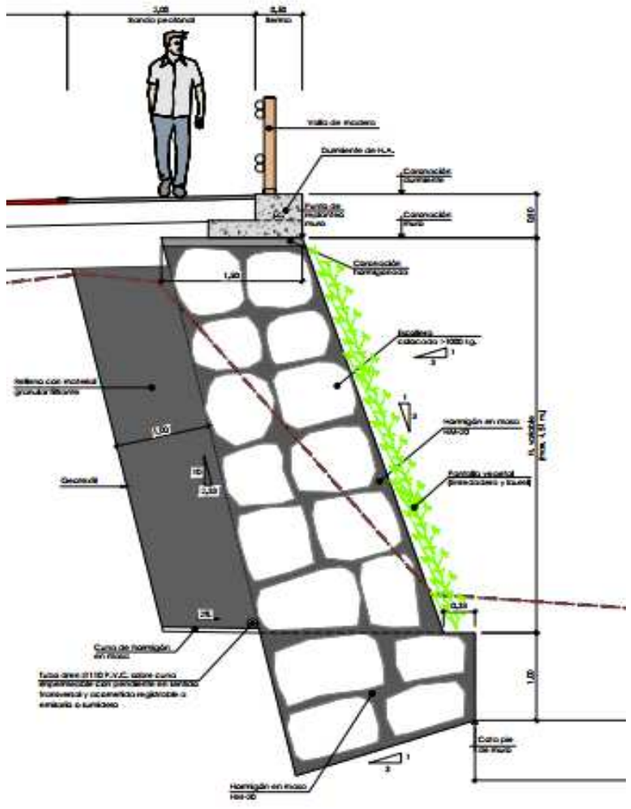
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 3,3 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,5 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 10 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 4,90 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 1,89 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 15,13 | 5,04 | 23,65 | - | 15,13 | 9,38 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 1,43 | -5,24 | - | 6,27 | 1,43 | -7,62 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 1,43 | -5,24 | - | 6,27 | 1,43 | -7,62 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,35 | -1,29 | - | 2,64 | 0,35 | -2,97 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,29 | -1,07 | - | 2,20 | 0,29 | -2,47 |
| 5. Carga permanente coronación | 1,78 | 0,59 | 4,09 | - | 1,78 | 2,41 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,71 | 0,24 | 1,64 | - | 0,71 | 0,97 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 0,88 | 0,05 | -1,04 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 47,49 | 3,88 | 6,58 | 6,07 |
| $F_{vuelco}$ | | 3,77 | 2,13 | 2,65 | 2,45 |
| N | (t/m) | 16,56 | 17,21 | 19,70 | 19,75 |
| M | (t*m/m) | 1,76 | -3,68 | -0,30 | -1,34 |
| e | (m) | 0,11 | -0,21 | -0,02 | -0,07 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,58 | 1,53 | 1,09 | 1,27 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,17 | 0,29 | 0,99 | 0,82 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 3 de sostenimiento - Sección Tipo 2
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

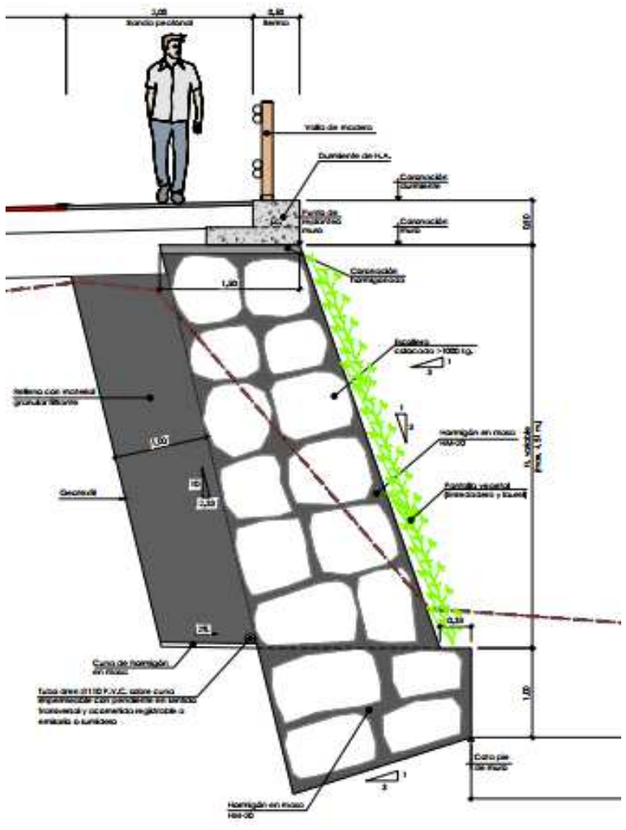
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,5 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,26 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,40 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 27,53 | 9,18 | 58,85 | - | 27,53 | 25,86 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,79 | -1,68 | - | 4,60 | 0,79 | -5,55 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,66 | -1,40 | - | 3,83 | 0,66 | -4,62 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,13 | 0,71 | 6,90 | - | 2,13 | 4,34 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,85 | 0,28 | 2,76 | - | 0,85 | 1,74 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,23 | 0,05 | -1,43 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 19,30 | 4,83 | 6,97 | 6,65 |
| $F_{vuelco}$ | | 4,00 | 2,54 | 2,96 | 2,81 |
| N | (t/m) | 32,33 | 33,78 | 36,77 | 36,82 |
| M | (t*m/m) | 5,41 | -4,76 | 1,32 | -0,12 |
| e | (m) | 0,17 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,78 | 1,91 | 1,40 | 1,55 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,91 | 0,91 | 1,67 | 1,52 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 3 de sostenimiento - Sección Tipo 3
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

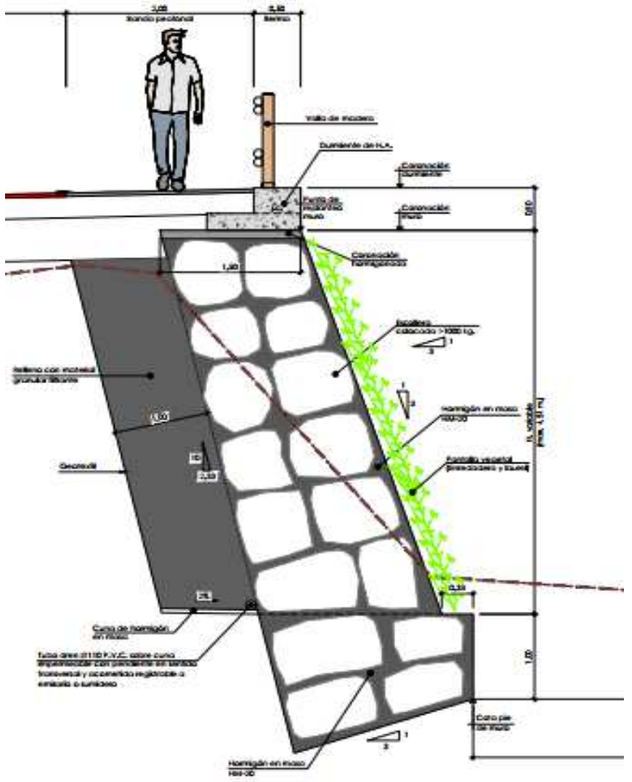
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 7,49 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 2,0 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 9,37 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,79 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 43,84 | 14,61 | 115,40 | - | 43,84 | 54,32 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 8,00 | -16,91 | - | 34,11 | 8,00 | -45,25 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 8,00 | -16,91 | - | 34,11 | 8,00 | -45,25 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 1,02 | -2,17 | - | 7,98 | 1,02 | -9,40 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,85 | -1,80 | - | 6,65 | 0,85 | -7,84 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,37 | 0,79 | 9,57 | - | 2,37 | 6,27 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,95 | 0,32 | 3,83 | - | 0,95 | 2,51 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,55 | 0,05 | -1,79 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 13,01 | 4,95 | 6,38 | 6,20 |
| $F_{vuelco}$ | | 3,38 | 2,37 | 2,64 | 2,56 |
| N | (t/m) | 51,84 | 53,71 | 57,03 | 57,08 |
| M | (t*m/m) | 9,07 | -8,18 | 0,60 | -1,18 |
| e | (m) | 0,17 | -0,15 | 0,01 | -0,02 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,16 | 2,56 | 2,00 | 2,14 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 2,56 | 1,30 | 2,09 | 1,96 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 4

**ÍNDICE**

**1. NORMA Y MATERIALES** 2

**2. ACCIONES** 2

**3. DATOS GENERALES** 3

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO** 3

**5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO** 3

**6. GEOMETRÍA** 4

**7. ESQUEMA DE LAS FASES** 4

**8. CARGAS** 5

**9. RESULTADOS DE LAS FASES** 5

**10. COMBINACIONES** 6

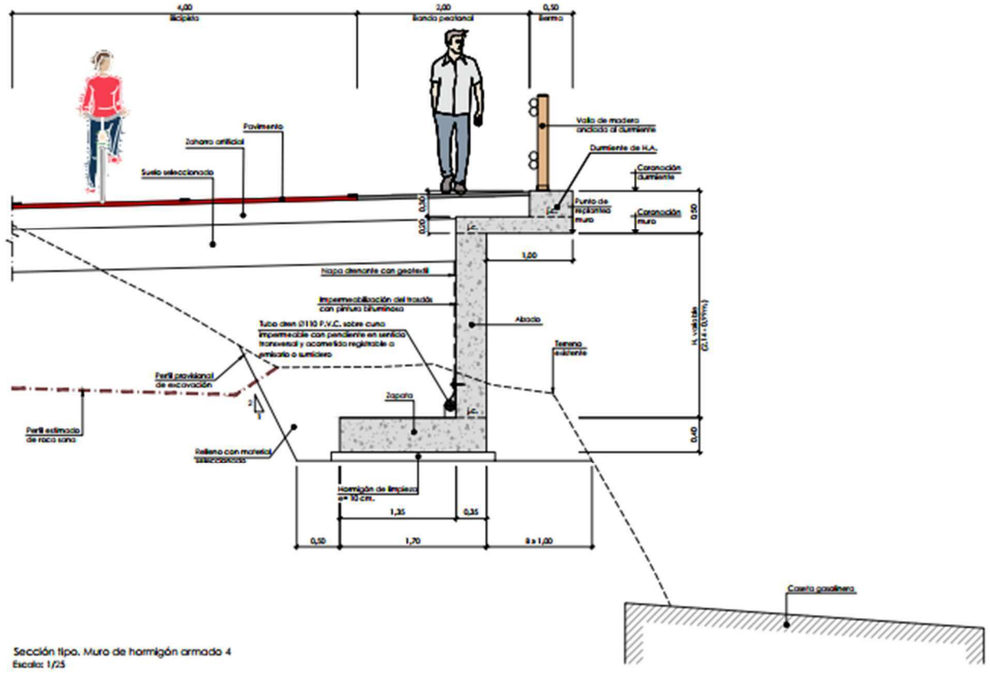
**11. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO** 7

**12. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA** 7

**13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)** 11

APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.4. MURO 4 MÉNSULA H.A. CON VOLADIZO
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

En el entorno del PK 2+340, junto a la gasolinera de la N-634, no es posible continuar con la solución tipo de muro de escollera para contener el terraplén de tierras necesario para la disposición de la plataforma de la bicipista, debido a que la propia caseta de la gasolinera está construida contra el terraplén de la AP-8.
Por ello, se ha dispuesto un muro en L de hormigón armado, cimentado directamente sobre el afloramiento de roca (Areniscas y Limolitas de GM: II-III) resuelto con zapata sin puntera, para conseguir una condición de borde mínima de 1,0 m respecto al terreno natural, y con un voladizo que permite dar continuidad al durmiente sobre el que se dispone la valla de madera.



Sección tipo. Muro de hormigón armado 4
Escala: 1/25

## 1. NORMA Y MATERIALES

Norma: Código Estructural (España)

Hormigón: HA-25, Yc=1.5

Acero de barras: B 500 S, Ys=1.15

Tipo de ambiente: XC2

Recubrimiento en el intradós del muro: 3.5 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 3.5 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 4.5 cm

Recubrimiento inferior de la cimentación: 4.5 cm

Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

## 2. ACCIONES

Empuje en el intradós: Sin empuje

Empuje en el trasdós: Activo

## 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Enrase: Trasdós

Longitud del muro en planta: 10.00 m

Sin juntas de retracción

Tipo de cimentación: Zapata corrida

## 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 33 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 33 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Tensión admisible: 3.00 kp/cm²

Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.70

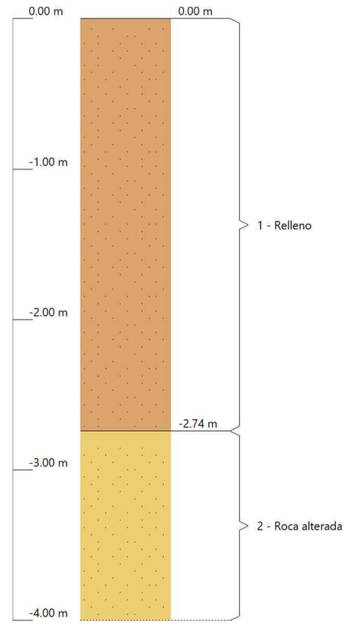
*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Relleno | 0.00 m | Densidad aparente: 2.00 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.10 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados<br>Cohesión: 0.00 t/m² | Activo trasdós: 0.30 |
| 2 - Roca alterada | -2.74 m | Densidad aparente: 2.00 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.10 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 35.00 grados<br>Cohesión: 1.00 t/m² | Activo trasdós: 0.25 |



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.4. MURO 4 MÉNSULA H.A. CON VOLADIZO
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

*MURO*

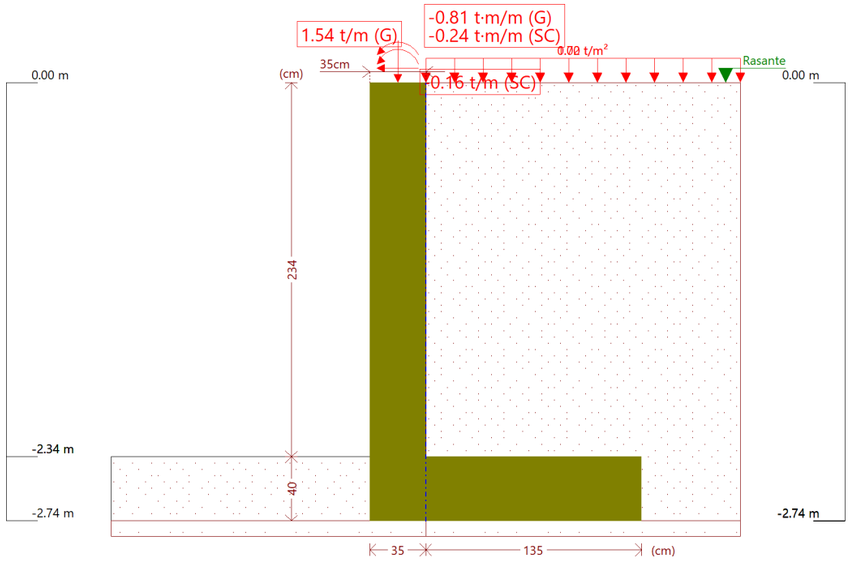
Altura: 2.34 m
Espesor superior: 35.0 cm
Espesor inferior: 35.0 cm

*ZAPATA CORRIDA*

Sin puntera
Canto: 40 cm
Vuelo en el trasdós: 135.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

# 7. ESQUEMA DE LAS FASES

Sobre la coronación del muro se disponen las cargas permanentes y sobrecargas asociadas al durmiente en voladizo.




***Fase 1: Fase***

# 8. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 0.72 t/m² | Fase | Fase |
| Uniforme | En superficie | Valor: 1 t/m² | Fase | Fase |

# 9. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

## *FASE 1: FASE*

*CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON SOBRECARGAS*

| Cota (m) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 1.54 | 0.16 | 1.05 | 0.52 | 0.00 |
| -0.22 | 1.76 | 0.29 | 1.10 | 0.66 | 0.00 |
| -0.45 | 1.99 | 0.46 | 1.18 | 0.80 | 0.00 |
| -0.68 | 2.22 | 0.66 | 1.30 | 0.94 | 0.00 |
| -0.91 | 2.47 | 0.89 | 1.47 | 1.08 | 0.00 |
| -1.14 | 2.72 | 1.16 | 1.70 | 1.22 | 0.00 |
| -1.38 | 2.97 | 1.46 | 1.99 | 1.36 | 0.00 |





| Cota (m) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|
| -1.61 | 3.23 | 1.79 | 2.35 | 1.50 | 0.00 |
| -1.84 | 3.50 | 2.15 | 2.80 | 1.64 | 0.00 |
| -2.07 | 3.77 | 2.54 | 3.32 | 1.78 | 0.00 |
| -2.30 | 4.04 | 2.97 | 3.95 | 1.92 | 0.00 |
| Máximos | 4.09<br>Cota: -2.34 m | 3.05<br>Cota: -2.34 m | 4.07<br>Cota: -2.34 m | 1.95<br>Cota: -2.34 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | 1.54<br>Cota: 0.00 m | 0.16<br>Cota: 0.00 m | 1.05<br>Cota: 0.00 m | 0.52<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

*CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS*

| Cota (m) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 1.54 | 0.00 | 0.81 | -0.00 | 0.00 |
| -0.22 | 1.74 | 0.01 | 0.81 | 0.13 | 0.00 |
| -0.45 | 1.95 | 0.06 | 0.82 | 0.27 | 0.00 |
| -0.68 | 2.16 | 0.14 | 0.84 | 0.42 | 0.00 |
| -0.91 | 2.38 | 0.25 | 0.88 | 0.56 | 0.00 |
| -1.14 | 2.61 | 0.40 | 0.95 | 0.70 | 0.00 |
| -1.38 | 2.84 | 0.58 | 1.06 | 0.84 | 0.00 |
| -1.61 | 3.08 | 0.79 | 1.21 | 0.98 | 0.00 |
| -1.84 | 3.33 | 1.03 | 1.41 | 1.12 | 0.00 |
| -2.07 | 3.58 | 1.30 | 1.67 | 1.26 | 0.00 |
| -2.30 | 3.83 | 1.61 | 1.99 | 1.40 | 0.00 |
| Máximos | 3.88<br>Cota: -2.34 m | 1.66<br>Cota: -2.34 m | 2.06<br>Cota: -2.34 m | 1.42<br>Cota: -2.34 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | 1.54<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | 0.81<br>Cota: -0.06 m | -0.00<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

# 10. COMBINACIONES

*HIPÓTESIS*

| |
|---|
| 1 - Carga permanente |
| 2 - Empuje de tierras |
| 3 - Sobrecarga |

*COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS*

| | Hipótesis | | |
|---|---|---|---|
| Combinación | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | |
| 2 | 1.35 | 1.00 | |
| 3 | 1.00 | 1.50 | |
| 4 | 1.35 | 1.50 | |
| 5 | 1.00 | 1.00 | 1.50 |
| 6 | 1.35 | 1.00 | 1.50 |
| 7 | 1.00 | 1.50 | 1.50 |
| 8 | 1.35 | 1.50 | 1.50 |

*COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO*

| | Hipótesis | | |
|---|---|---|---|
| Combinación | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | |
| 2 | 1.00 | 1.00 | 0.60 |

## 11. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

| **CORONACIÓN** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Armadura superior / 2Ø12: inferior / 2Ø12<br>Estribos: Ø12c/15<br>Canto viga: 25 cm<br>Anclaje intradós / trasdós: 26 / 25 cm | | | | |
| **TRAMOS** | | | | |
| Núm. | Intradós | | Trasdós | |
| | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal |
| 1 | Ø10c/15<br>Solape: 0.5 m | Ø12c/20 | Ø12c/15<br>Solape: 0.6 m | Ø12c/20 |
| **ZAPATA** | | | | |
| Armadura | Longitudinal | Transversal | | |
| Superior | Ø12c/20 | Ø12c/15<br>Patilla Intradós / Trasdós: 20 / 20 cm | | |
| Inferior | Ø12c/20 | Ø12c/15<br>Patilla intradós / trasdós: 20 / 20 cm | | |
| Longitud de pata en arranque: 30 cm | | | | |

## 12. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

| Referencia: Muro: muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Comprobación a rasante en arranque muro:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.5* | Máximo: 59.75 t/m<br>Calculado: 4.57 t/m | Cumple |
| Espesor mínimo del tramo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 35 cm | Cumple |
| Separación libre mínima armaduras horizontales:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)*<br>- Trasdós:<br>- Intradós: | Mínimo: 2.5 cm<br>Calculado: 18.8 cm<br>Calculado: 18.8 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima armaduras horizontales:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)*<br>- Trasdós:<br>- Intradós: | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple<br>Cumple |
| Cuantía geométrica mínima horizontal por cara:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.3 (1)* | Mínimo: 0.0016 | |





| Referencia: Muro: muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Trasdós (-2.34 m):<br>- Intradós (-2.34 m): | Calculado: 0.00161<br>Calculado: 0.00161 | Cumple<br>Cumple |
| Cuantía mínima mecánica horizontal por cara:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)*<br>- Trasdós:<br>- Intradós: | Calculado: 0.00161<br>Mínimo: 0.00043<br>Mínimo: 0.00029 | Cumple<br>Cumple |
| Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada:<br>- Trasdós (-2.34 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)* | Mínimo: 0.0012<br>Calculado: 0.00215 | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada:<br>- Trasdós (-2.34 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)* | Mínimo: 0.0012<br>Calculado: 0.00215 | Cumple |
| Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida:<br>- Intradós (-2.34 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)* | Mínimo: 0.0008<br>Calculado: 0.00149 | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida:<br>- Intradós (-2.34 m):<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 1e-005<br>Calculado: 0.00149 | Cumple |
| Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total:<br>- (0.00 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)* | Máximo: 0.04<br>Calculado: 0.00365 | Cumple |
| Separación libre mínima armaduras verticales:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)*<br>- Trasdós, vertical:<br>- Intradós, vertical: | Mínimo: 2.5 cm<br>Calculado: 12.6 cm<br>Calculado: 13 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)*<br>- Armadura vertical Trasdós, vertical:<br>- Armadura vertical Intradós, vertical: | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm | Cumple<br>Cumple |
| Comprobación a flexión compuesta:<br>*Comprobación realizada por unidad de longitud de muro* | | Cumple |
| Comprobación a cortante:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2* | Máximo: 13.88 t/m<br>Calculado: 3.71 t/m | Cumple |
| Comprobación de fisuración: | Máximo: 0.3 mm<br>Calculado: 0 mm | Cumple |
| Longitud de solapes:<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5.2*<br>- Base trasdós: | Mínimo: 0.42 m<br>Calculado: 0.6 m | Cumple |

| Referencia: Muro: muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Base intradós: | Mínimo: 0.25 m<br>Calculado: 0.5 m | Cumple |
| Comprobación del anclaje del armado base en coronación:<br>*Criterio de CYPE* | | |
| - Trasdós: | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| - Intradós: | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple |
| Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 2.2 cm²<br>Calculado: 2.2 cm² | Cumple |
| Canto mínimo viga coronación:<br>*Criterio de CYPE: el canto de la viga debe ser mayor que el ancho de la viga o 25 cm* | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 25 cm | Cumple |
| Área mínima estribos viga coronación:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.2 (5)* | Mínimo: 8 cm²/m<br>Calculado: 15.08 cm²/m | Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.2 (6)* | Máximo: 18.7 cm<br>Calculado: 15 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -2.34 m | | |
| - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -2.34 m | | |
| - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -2.34 m, Md: 5.98 t·m/m, Nd: 5.60 t/m, Vd: 4.57 t/m, Tensión máxima del acero: 2.303 t/cm² | | |
| - Sección crítica a cortante: Cota: -2.04 m | | |

| Referencia: Zapata corrida: muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Comprobación de estabilidad:<br>*Valor introducido por el usuario.* | | |
| - Coeficiente de seguridad al vuelco: | Mínimo: 2<br>Calculado: 2 | Cumple |
| - Coeficiente de seguridad al deslizamiento: | Mínimo: 1.5<br>Calculado: 2.61 | Cumple |
| Canto mínimo:<br>- Zapata:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Valor introducido por el usuario.* | | |
| - Tensión media: | Máximo: 3.0 kp/cm²<br>Calculado: 0.848 kp/cm² | Cumple |
| - Tensión máxima: | Máximo: 3.750 kp/cm²<br>Calculado: 2.493 kp/cm² | Cumple |
| Flexión en zapata:<br>*Comprobación basada en criterios resistentes* | Calculado: 7.54 cm²/m | |





| Referencia: Zapata corrida: muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado superior trasdós: | Mínimo: 5.14 cm²/m | Cumple |
| - Armado inferior trasdós: | Mínimo: 0 cm²/m | Cumple |
| Esfuerzo cortante:<br>- Trasdós:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2* | Máximo: 14.52 t/m<br>Calculado: 7.54 t/m | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>- Arranque trasdós:<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 32.6 cm | Cumple |
| - Arranque intradós:<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1* | Mínimo: 17 cm<br>Calculado: 32.6 cm | Cumple |
| - Armado inferior trasdós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior intradós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior trasdós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior intradós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| Recubrimiento:<br>- Lateral:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.4.4.1.3* | Mínimo: 7 cm<br>Calculado: 7 cm | Cumple |
| Diámetro mínimo:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1.* | Mínimo: Ø12 | |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: Ø12 | Cumple |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: Ø12 | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: Ø12 | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: Ø12 | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)* | Mínimo: 2.5 cm | |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 15 cm | Cumple |

| Referencia: Zapata corrida: muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 20 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (1)* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 0.00141 | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 0.00188 | Cumple |
| Cuantía mecánica mínima: | | |
| - Armadura longitudinal superior:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)* | Mínimo: 0.00037<br>Calculado: 0.00141 | Cumple |
| - Armadura transversal superior:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1* | Mínimo: 0.00122<br>Calculado: 0.00188 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional:<br>- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 7.37 t·m/m | | |

## 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): muro 4 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Círculo de deslizamiento pésimo:<br>Combinaciones sin sismo:<br>- Fase: Coordenadas del centro del círculo (-0.58 m ; 0.36 m) - Radio: 3.66 m:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.8<br>Calculado: 2.204 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

# Muro 5

# Muro 5 de sostenimiento
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

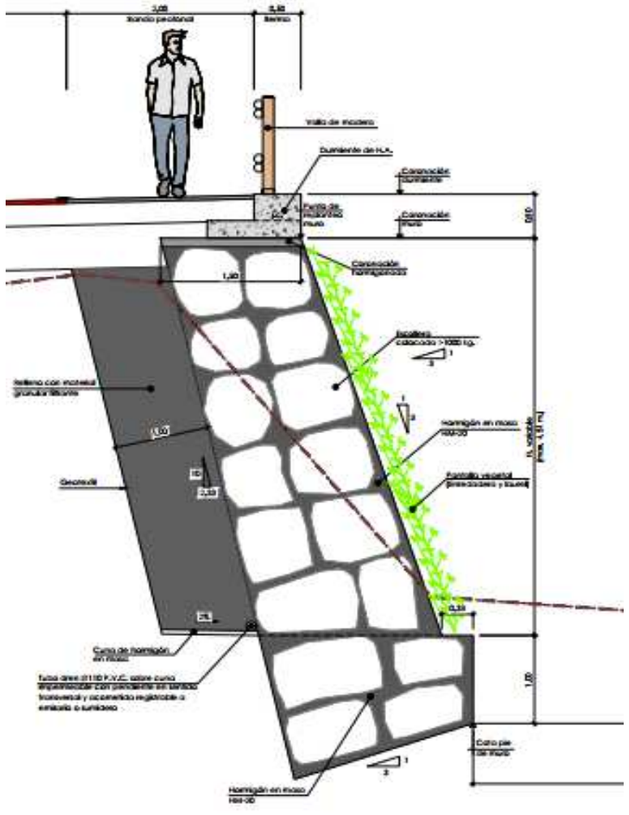
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 4,51 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,5 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 35 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,70 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 6,14 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,01 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 19,64 | 6,55 | 35,13 | - | 19,64 | 15,43 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 3,44 | -7,27 | - | 9,00 | 3,44 | -12,45 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 3,44 | -7,27 | - | 9,00 | 3,44 | -12,45 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,67 | -1,42 | - | 3,31 | 0,67 | -3,98 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,56 | -1,18 | - | 2,76 | 0,56 | -3,32 |
| 5. Carga permanente coronación | 1,78 | 0,59 | 4,85 | - | 1,78 | 3,07 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,71 | 0,24 | 1,94 | - | 0,71 | 1,23 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,07 | 0,05 | -1,24 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 22,32 | 5,12 | 7,51 | 7,10 |
| $F_{vuelco}$ | | 3,90 | 2,33 | 2,78 | 2,60 |
| N | (t/m) | 23,08 | 24,31 | 26,80 | 26,85 |
| M | (t*m/m) | 2,98 | -4,32 | -0,03 | -1,27 |
| e | (m) | 0,13 | -0,18 | 0,00 | -0,05 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,71 | 1,86 | 1,34 | 1,53 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,59 | 0,57 | 1,33 | 1,15 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 6

# Muro 6 de sostenimiento - Sección Tipo 1
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

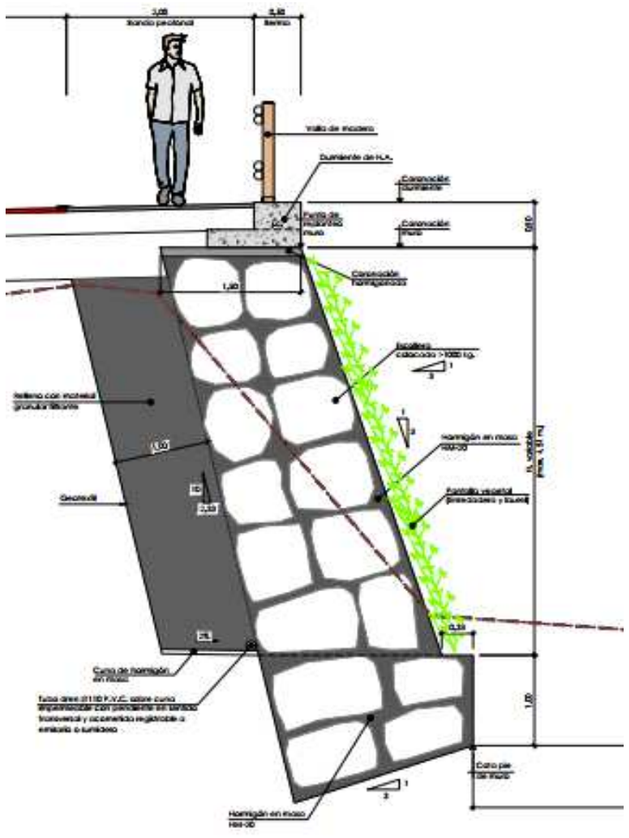
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 3,5 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,5 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 18 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 5,10 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 1,91 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 15,69 | 5,23 | 25,08 | - | 15,69 | 10,12 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 2,18 | -5,18 | - | 5,20 | 2,18 | -7,28 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 2,18 | -5,18 | - | 5,20 | 2,18 | -7,28 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,51 | -1,22 | - | 2,32 | 0,51 | -2,81 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,43 | -1,01 | - | 1,94 | 0,43 | -2,34 |
| 5. Carga permanente coronación | 1,78 | 0,59 | 4,22 | - | 1,78 | 2,52 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,71 | 0,24 | 1,69 | - | 0,71 | 1,01 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 0,91 | 0,05 | -1,07 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | -192,80 | 4,98 | 9,12 | 8,22 |
| $F_{vuelco}$ | | 4,82 | 2,65 | 3,27 | 2,99 |
| N | (t/m) | 17,87 | 18,80 | 21,29 | 21,34 |
| M | (t*m/m) | 2,84 | -2,32 | 1,22 | 0,14 |
| e | (m) | 0,16 | -0,12 | 0,06 | 0,01 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,47 | 1,37 | 0,92 | 1,10 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,40 | 0,60 | 1,32 | 1,14 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 6 de sostenimiento - Sección Tipo 2
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

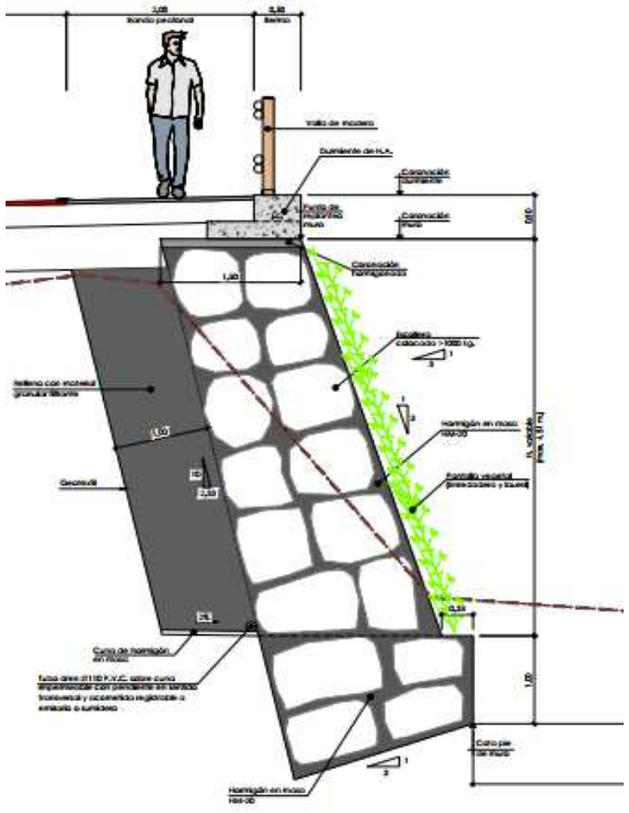
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,85 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,62 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,43 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 29,15 | 9,72 | 64,18 | - | 29,15 | 28,76 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 5,28 | -11,18 | - | 17,46 | 5,28 | -23,88 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 5,28 | -11,18 | - | 17,46 | 5,28 | -23,88 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,83 | -1,76 | - | 5,14 | 0,83 | -6,15 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,69 | -1,47 | - | 4,28 | 0,69 | -5,12 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,13 | 0,71 | 7,16 | - | 2,13 | 4,57 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,85 | 0,28 | 2,86 | - | 0,85 | 1,83 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,29 | 0,05 | -1,49 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | **13,60** | **4,43** | **6,09** | **5,85** |
| $F_{vuelco}$ | | **3,68** | **2,39** | **2,76** | **2,64** |
| N | (t/m) | 34,43 | 35,96 | 38,95 | 39,00 |
| M | (t*m/m) | 4,88 | -6,39 | 0,00 | -1,49 |
| e | (m) | 0,14 | -0,18 | 0,00 | -0,04 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | **0,92** | **2,13** | **1,60** | **1,76** |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | **1,91** | **0,83** | **1,60** | **1,45** |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 7

# Muro 7 de sostenimiento - Sección Tipo 1
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

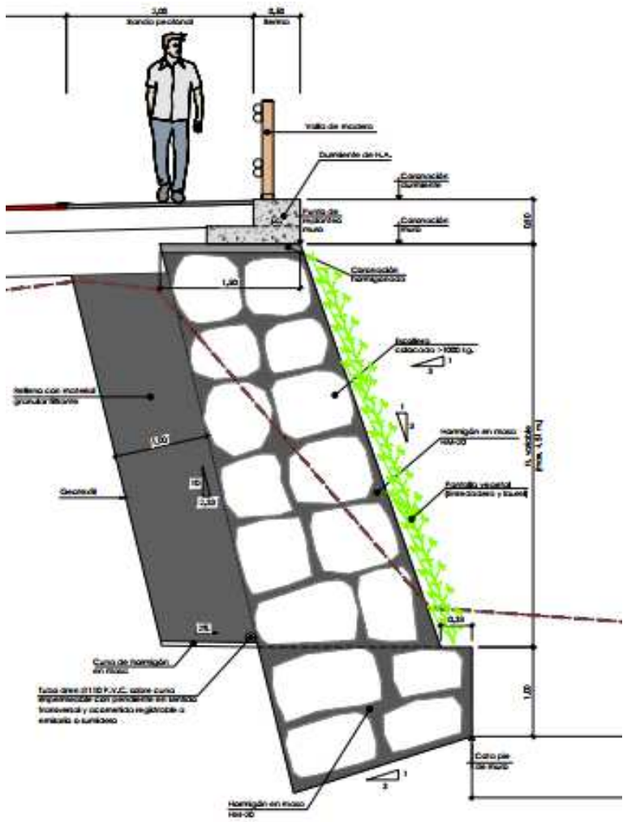
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 3,3 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,5 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 18 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 4,90 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 1,89 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 15,02 | 5,01 | 23,47 | - | 15,02 | 9,29 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 2,02 | -4,75 | - | 4,44 | 2,02 | -6,34 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 2,02 | -4,75 | - | 4,44 | 2,02 | -6,34 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,49 | -1,17 | - | 2,10 | 0,49 | -2,56 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,41 | -0,97 | - | 1,75 | 0,41 | -2,14 |
| 5. Carga permanente coronación | 1,78 | 0,59 | 4,09 | - | 1,78 | 2,41 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,71 | 0,24 | 1,64 | - | 0,71 | 0,97 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 0,88 | 0,05 | -1,04 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | **-38,76** | **5,51** | **11,22** | **9,83** |
| $F_{vuelco}$ | | **5,29** | **2,83** | **3,52** | **3,19** |
| N | (t/m) | 17,04 | 17,95 | 20,44 | 20,49 |
| M | (t*m/m) | 2,94 | -1,76 | 1,62 | 0,58 |
| e | (m) | 0,17 | -0,10 | 0,08 | 0,03 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | **0,41** | **1,25** | **0,81** | **0,99** |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | **1,40** | **0,65** | **1,36** | **1,18** |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 7 de sostenimiento - Sección Tipo 2
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

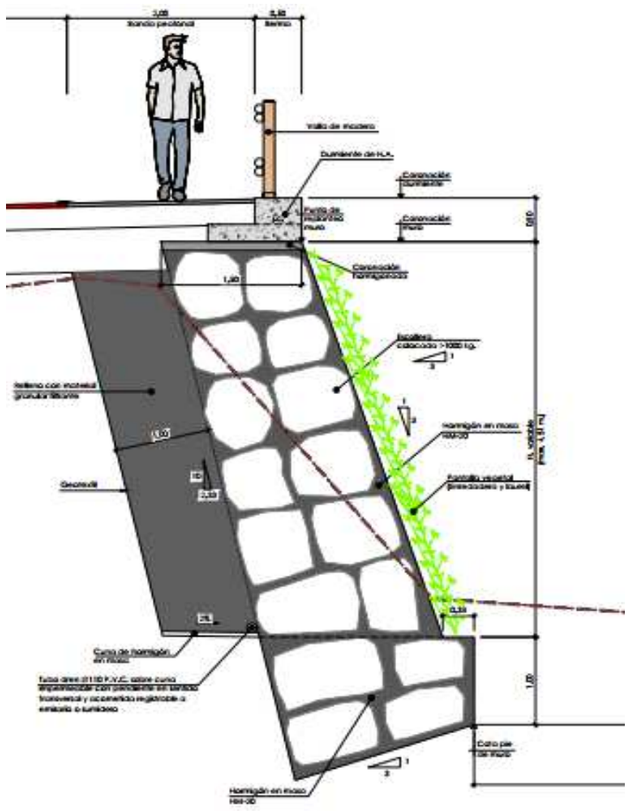
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,5 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,26 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,40 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 27,53 | 9,18 | 58,85 | - | 27,53 | 25,86 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,79 | -1,68 | - | 4,60 | 0,79 | -5,55 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,66 | -1,40 | - | 3,83 | 0,66 | -4,62 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,13 | 0,71 | 6,90 | - | 2,13 | 4,34 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,85 | 0,28 | 2,76 | - | 0,85 | 1,74 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,23 | 0,05 | -1,43 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 19,30 | 4,83 | 6,97 | 6,65 |
| $F_{vuelco}$ | | 4,00 | 2,54 | 2,96 | 2,81 |
| N | (t/m) | 32,33 | 33,78 | 36,77 | 36,82 |
| M | (t*m/m) | 5,41 | -4,76 | 1,32 | -0,12 |
| e | (m) | 0,17 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,78 | 1,91 | 1,40 | 1,55 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,91 | 0,91 | 1,67 | 1,52 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 7 de sostenimiento - Sección Tipo 3
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

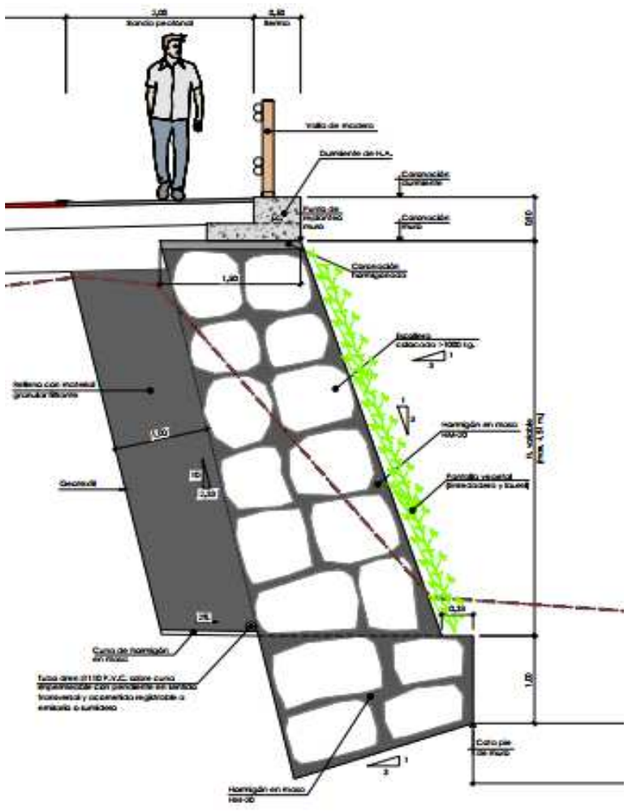
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 6,8 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 2,0 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 8,61 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,71 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 36,57 | 12,19 | 90,62 | - | 36,57 | 40,99 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 6,75 | -14,27 | - | 25,40 | 6,75 | -34,55 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 6,75 | -14,27 | - | 25,40 | 6,75 | -34,55 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,94 | -1,99 | - | 6,59 | 0,94 | -7,86 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,78 | -1,66 | - | 5,49 | 0,78 | -6,55 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,37 | 0,79 | 8,96 | - | 2,37 | 5,74 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,95 | 0,32 | 3,58 | - | 0,95 | 2,30 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,43 | 0,05 | -1,66 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 12,02 | 4,54 | 6,04 | 5,86 |
| $F_{vuelco}$ | | 3,57 | 2,42 | 2,75 | 2,65 |
| N | (t/m) | 43,32 | 45,04 | 48,36 | 48,42 |
| M | (t*m/m) | 6,44 | -7,98 | 0,06 | -1,61 |
| e | (m) | 0,15 | -0,18 | 0,00 | -0,03 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,07 | 2,31 | 1,78 | 1,91 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 2,12 | 1,01 | 1,79 | 1,65 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 8

# Muro 8 de sostenimiento - Sección Tipo 1
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

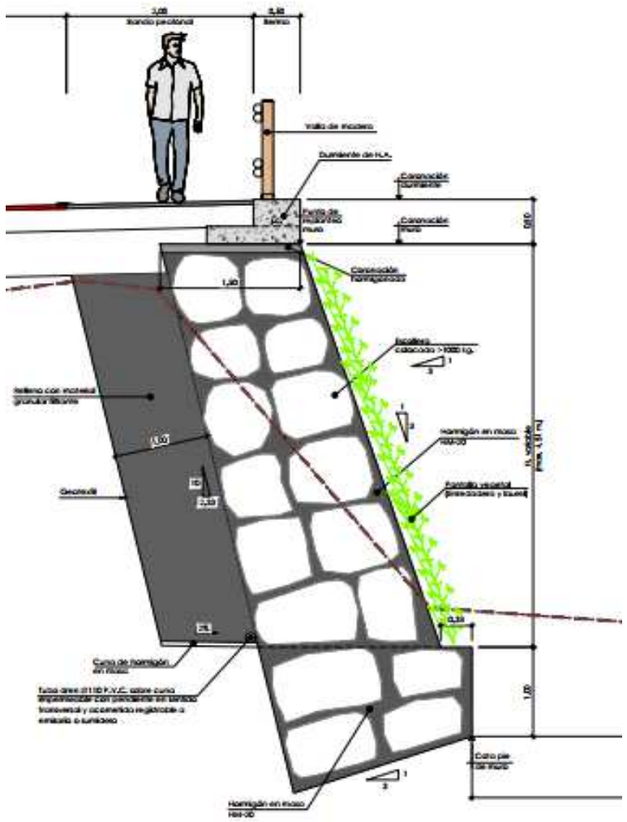
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 3,3 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,5 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 18 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 4,90 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 1,89 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 15,02 | 5,01 | 23,47 | - | 15,02 | 9,29 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 2,02 | -4,75 | - | 4,44 | 2,02 | -6,34 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 2,02 | -4,75 | - | 4,44 | 2,02 | -6,34 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,49 | -1,17 | - | 2,10 | 0,49 | -2,56 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,41 | -0,97 | - | 1,75 | 0,41 | -2,14 |
| 5. Carga permanente coronación | 1,78 | 0,59 | 4,09 | - | 1,78 | 2,41 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,71 | 0,24 | 1,64 | - | 0,71 | 0,97 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 0,88 | 0,05 | -1,04 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | **-38,76** | **5,51** | **11,22** | **9,83** |
| $F_{vuelco}$ | | **5,29** | **2,83** | **3,52** | **3,19** |
| N | (t/m) | 17,04 | 17,95 | 20,44 | 20,49 |
| M | (t*m/m) | 2,94 | -1,76 | 1,62 | 0,58 |
| e | (m) | 0,17 | -0,10 | 0,08 | 0,03 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | **0,41** | **1,25** | **0,81** | **0,99** |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | **1,40** | **0,65** | **1,36** | **1,18** |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 8 de sostenimiento - Sección Tipo 2
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

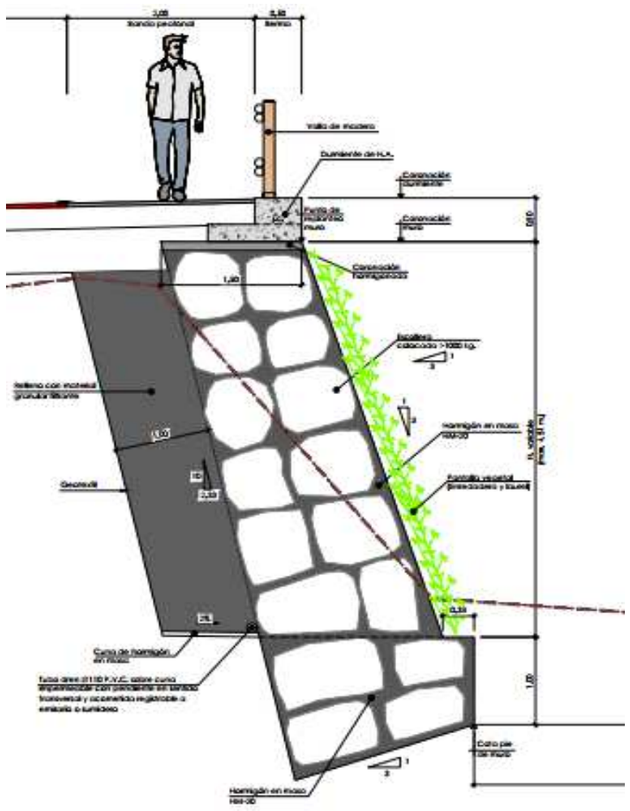
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,5 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,26 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,40 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 27,53 | 9,18 | 58,85 | - | 27,53 | 25,86 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,79 | -1,68 | - | 4,60 | 0,79 | -5,55 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,66 | -1,40 | - | 3,83 | 0,66 | -4,62 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,13 | 0,71 | 6,90 | - | 2,13 | 4,34 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,85 | 0,28 | 2,76 | - | 0,85 | 1,74 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,23 | 0,05 | -1,43 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 19,30 | 4,83 | 6,97 | 6,65 |
| $F_{vuelco}$ | | 4,00 | 2,54 | 2,96 | 2,81 |
| N | (t/m) | 32,33 | 33,78 | 36,77 | 36,82 |
| M | (t*m/m) | 5,41 | -4,76 | 1,32 | -0,12 |
| e | (m) | 0,17 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,78 | 1,91 | 1,40 | 1,55 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,91 | 0,91 | 1,67 | 1,52 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 8 de sostenimiento - Sección Tipo 3
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

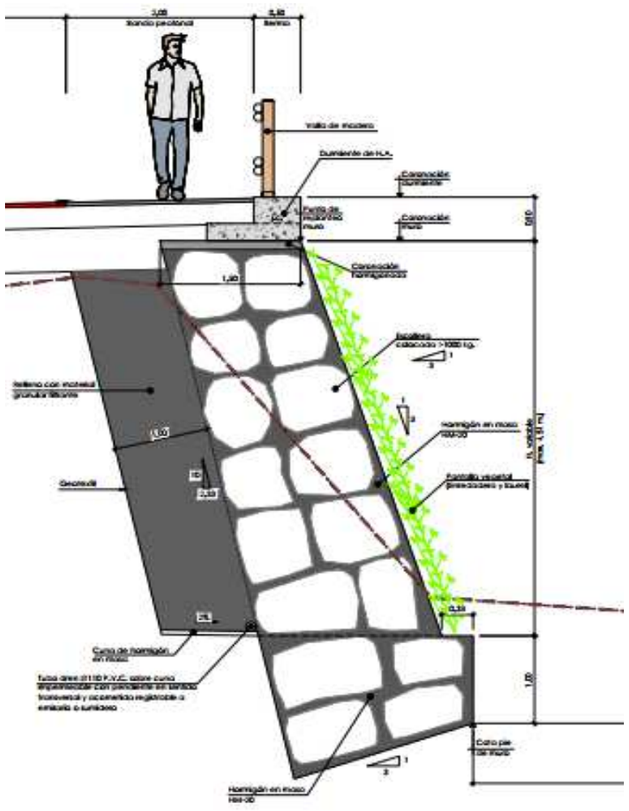
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 6,4 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 2,0 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 8,23 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,68 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 34,67 | 11,56 | 83,54 | - | 34,67 | 37,12 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 6,16 | -13,04 | - | 21,65 | 6,16 | -29,90 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 6,16 | -13,04 | - | 21,65 | 6,16 | -29,90 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,90 | -1,90 | - | 5,94 | 0,90 | -7,14 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,75 | -1,58 | - | 4,95 | 0,75 | -5,95 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,37 | 0,79 | 8,65 | - | 2,37 | 5,47 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,95 | 0,32 | 3,46 | - | 0,95 | 2,19 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,37 | 0,05 | -1,60 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 15,93 | 4,94 | 6,85 | 6,60 |
| $F_{vuelco}$ | | 3,86 | 2,57 | 2,94 | 2,82 |
| N | (t/m) | 40,83 | 42,47 | 45,80 | 45,85 |
| M | (t*m/m) | 7,22 | -5,88 | 1,79 | 0,19 |
| e | (m) | 0,18 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,92 | 2,08 | 1,56 | 1,70 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 2,13 | 1,09 | 1,86 | 1,73 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 9

# Muro 9 de sostenimiento - Sección Tipo 1
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

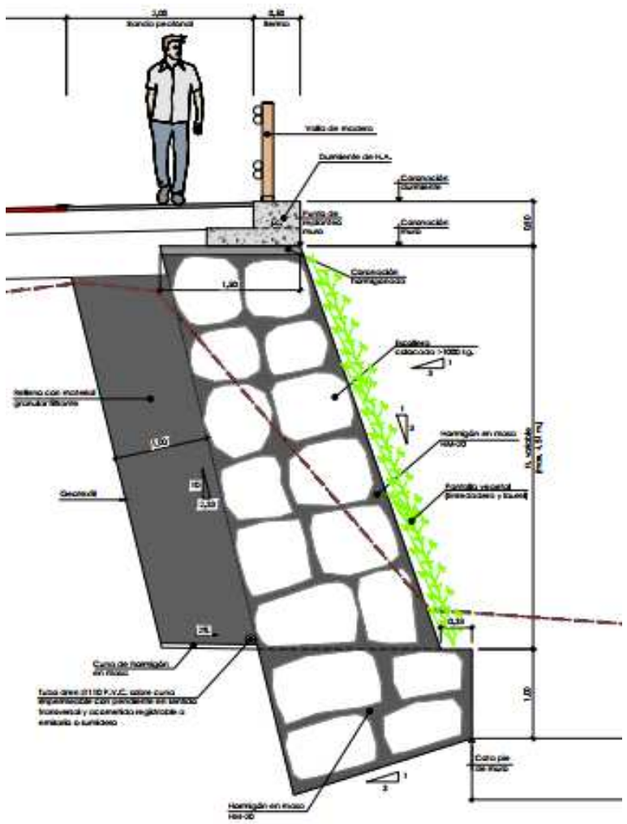
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 3,3 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,5 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 18 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 4,90 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 1,89 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 15,02 | 5,01 | 23,47 | - | 15,02 | 9,29 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 2,02 | -4,75 | - | 4,44 | 2,02 | -6,34 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 2,02 | -4,75 | - | 4,44 | 2,02 | -6,34 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,49 | -1,17 | - | 2,10 | 0,49 | -2,56 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,41 | -0,97 | - | 1,75 | 0,41 | -2,14 |
| 5. Carga permanente coronación | 1,78 | 0,59 | 4,09 | - | 1,78 | 2,41 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,71 | 0,24 | 1,64 | - | 0,71 | 0,97 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 0,88 | 0,05 | -1,04 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | **-38,76** | **5,51** | **11,22** | **9,83** |
| $F_{vuelco}$ | | **5,29** | **2,83** | **3,52** | **3,19** |
| N | (t/m) | 17,04 | 17,95 | 20,44 | 20,49 |
| M | (t*m/m) | 2,94 | -1,76 | 1,62 | 0,58 |
| e | (m) | 0,17 | -0,10 | 0,08 | 0,03 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | **0,41** | **1,25** | **0,81** | **0,99** |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | **1,40** | **0,65** | **1,36** | **1,18** |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 9 de sostenimiento - Sección Tipo 2
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

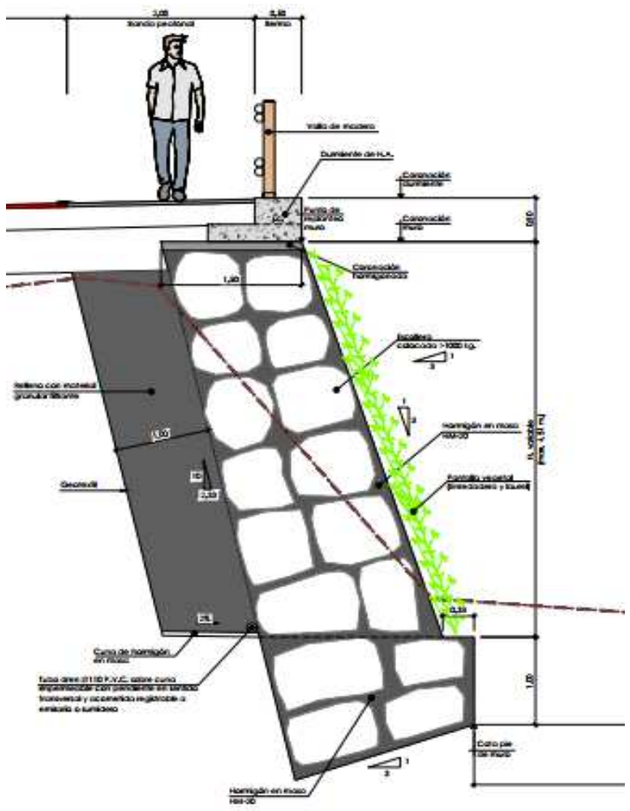
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,5 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,26 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,40 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 27,53 | 9,18 | 58,85 | - | 27,53 | 25,86 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,79 | -1,68 | - | 4,60 | 0,79 | -5,55 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,66 | -1,40 | - | 3,83 | 0,66 | -4,62 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,13 | 0,71 | 6,90 | - | 2,13 | 4,34 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,85 | 0,28 | 2,76 | - | 0,85 | 1,74 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,23 | 0,05 | -1,43 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 19,30 | 4,83 | 6,97 | 6,65 |
| $F_{vuelco}$ | | 4,00 | 2,54 | 2,96 | 2,81 |
| N | (t/m) | 32,33 | 33,78 | 36,77 | 36,82 |
| M | (t*m/m) | 5,41 | -4,76 | 1,32 | -0,12 |
| e | (m) | 0,17 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,78 | 1,91 | 1,40 | 1,55 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,91 | 0,91 | 1,67 | 1,52 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 9 de sostenimiento - Sección Tipo 3
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

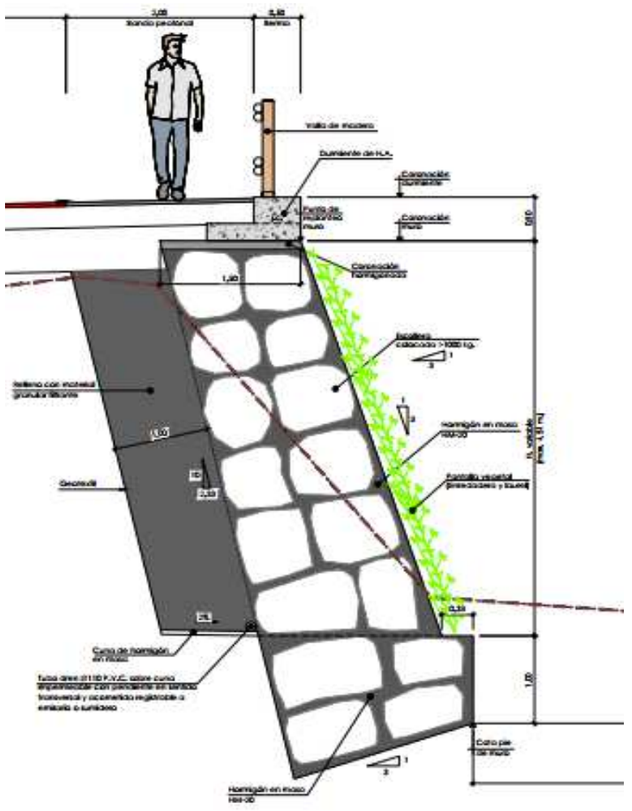
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 6,55 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 2,0 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 8,40 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,69 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 35,54 | 11,85 | 86,75 | - | 35,54 | 38,87 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 6,43 | -13,60 | - | 23,32 | 6,43 | -31,98 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 6,43 | -13,60 | - | 23,32 | 6,43 | -31,98 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,92 | -1,94 | - | 6,23 | 0,92 | -7,47 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,76 | -1,62 | - | 5,19 | 0,76 | -6,23 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,37 | 0,79 | 8,79 | - | 2,37 | 5,60 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,95 | 0,32 | 3,52 | - | 0,95 | 2,24 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,40 | 0,05 | -1,63 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | **13,84** | **4,75** | **6,45** | **6,23** |
| $F_{vuelco}$ | | **3,72** | **2,50** | **2,85** | **2,74** |
| N | (t/m) | 41,97 | 43,65 | 46,97 | 47,02 |
| M | (t*m/m) | 6,89 | -6,81 | 1,03 | -0,60 |
| e | (m) | 0,16 | -0,16 | 0,02 | -0,01 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | **0,99** | **2,18** | **1,66** | **1,79** |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | **2,13** | **1,06** | **1,83** | **1,70** |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 10

# Muro 10 de sostenimiento - Sección Tipo 1
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

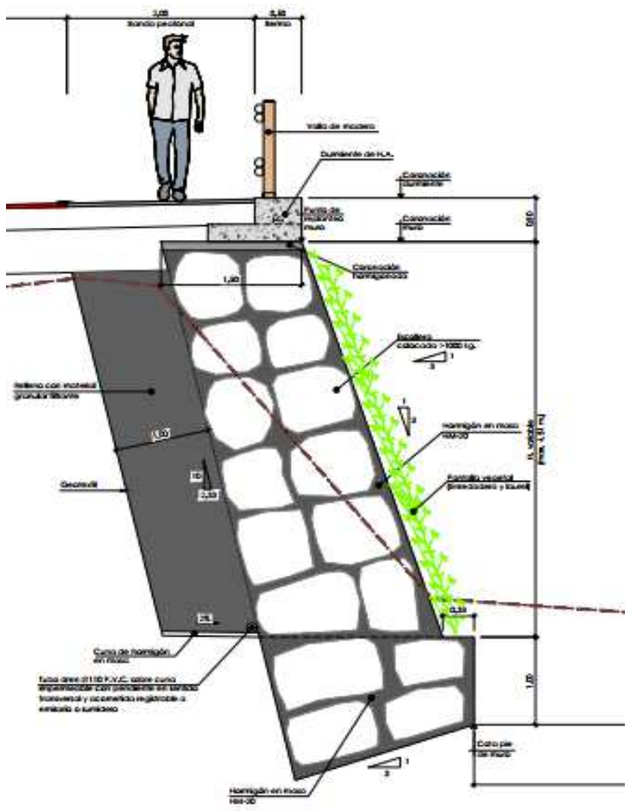
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 5,5 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 1,8 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 7,26 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,40 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 27,53 | 9,18 | 58,85 | - | 27,53 | 25,86 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 4,80 | -10,15 | - | 14,70 | 4,80 | -20,45 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,79 | -1,68 | - | 4,60 | 0,79 | -5,55 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,66 | -1,40 | - | 3,83 | 0,66 | -4,62 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,13 | 0,71 | 6,90 | - | 2,13 | 4,34 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,85 | 0,28 | 2,76 | - | 0,85 | 1,74 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,23 | 0,05 | -1,43 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 19,30 | 4,83 | 6,97 | 6,65 |
| $F_{vuelco}$ | | 4,00 | 2,54 | 2,96 | 2,81 |
| N | (t/m) | 32,33 | 33,78 | 36,77 | 36,82 |
| M | (t*m/m) | 5,41 | -4,76 | 1,32 | -0,12 |
| e | (m) | 0,17 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,78 | 1,91 | 1,40 | 1,55 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 1,91 | 0,91 | 1,67 | 1,52 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



# Muro 10 de sostenimiento - Sección Tipo 2
# P.C. bicipista del Ibaizabal. Tramos: Erletxe - Boroa

## Entrada de datos

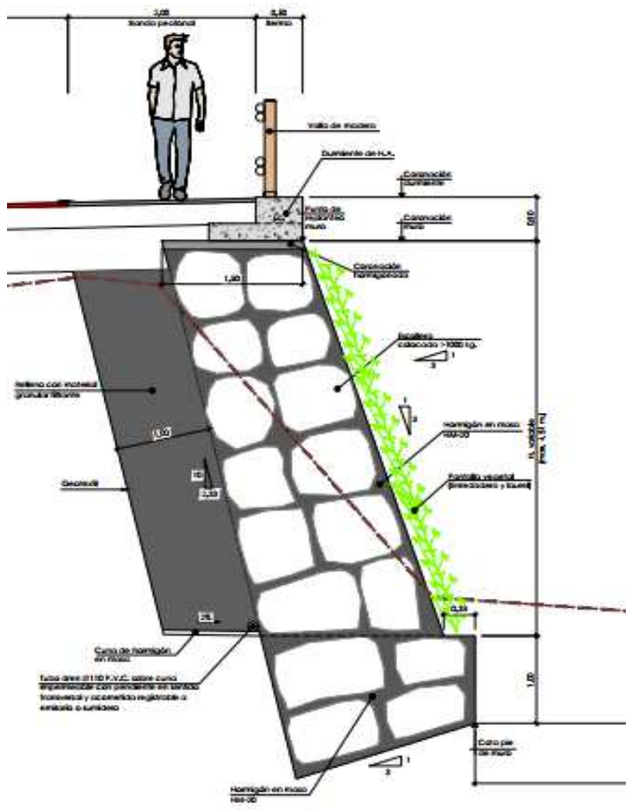
| | | |
|---|---|---|
| Altura máxima del alzado del muro h | 6,42 | m |
| Anchura del muro en coronación a | 2,0 | m |
| Espesor mínimo de la zapata en la puntera $e_{mín}$ | 1 | m |
| Talud del paramento del trasdós (nH:10V) | 2,3 | (13,13º) |
| Talud del paramento del intrados ((n+1)H:10V) | 3,3 | (18,43º) |
| Talud del plano del cimiento (n*H;1V) | 3,0 | (18,43º) |
| Longitud de la puntera del muro $x_0$ | 0,33 | m |
| Densidad aparente del alzado de la escollera $\gamma_{escollera}$ | 1,9 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del cimiento de la escollera $\gamma_{cimiento}$ | 2,1 | t/m$^3$ |
| Densidad aparente del terreno del trasdós $\gamma_{trasdós}$ | 2,0 | t/m$^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del trasdós $\varphi$ (º) | 30 | º |
| Cohesión del relleno c | 0 | t/m$^2$ |
| Ángulo de rozamiento trasdós-escollera $\delta$ (º) | 20 | º |
| Inclinación del terreno del trasdós respecto de la horizontal $\beta$ (º) | 0 | º |
| Ángulo de rozamiento cimiento-escollera $\varphi_{cimiento}$ (º) | 30 | º |
| Coeficiente de rozamiento cimiento-escollera $\mu$=tan($\varphi_{cimiento}$) | 0,58 | |
| Valor de la carga permanente sobre el trasdós $q_{cp\ trasdós}$ | 1,2 | t/m$^2$ |
| Valor de la sobrecarga sobre el trasdós $q_{sc\ trasdós}$ | 1,0 | t/m$^2$ |
| Carga permanente uniforme sobre la coronación del muro $q_{cp}$ | 1,3 | t/m$^2$ |
| Sobrecarga uniforme sobre la coronación del muro $q_{sc}$ | 0,5 | t/m$^2$ |
| Fuerza horizontal de impacto sobre pretil $F_{hi}$ | 3,20 | t |
| Distancia mínima entre juntas de dilatación durmiente | 20,0 | m |
| Fuerza horizontal sobre coronación $F_h$ | 0,16 | t/m |
| Altura de aplicación sobre coronación $d_{Fh}$ | 1,20 | m |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación persistente o transitoria) | 1,5 | |
| Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situación accidental) | 1,1 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación persistente o transitoria) | 2,0 | |
| Coeficiente de seguridad al vuelco (Situación accidental) | 1,5 | |
| Altura total de cálculo del muro H (trasdós) | 8,27 | m |
| Longitud de cálculo del cimiento L | 2,68 | m |

| | $F_n$ (t/m) | $F_t$ (t/m) | $M_{est\ v}$ (t*m/m) | $M_{desest\ v}$ (t*m/m) | N (t/m) | M (t*m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Peso propio del muro | 34,87 | 11,62 | 84,29 | - | 34,87 | 37,53 |
| 2A. Empuje trasdos (sin cohesión) | 6,22 | -13,17 | - | 22,04 | 6,22 | -30,38 |
| 2B. Empuje trasdos (con cohesión) | 6,22 | -13,17 | - | 22,04 | 6,22 | -30,38 |
| 3. Empuje carga permanente trasdós | 0,90 | -1,91 | - | 6,01 | 0,90 | -7,22 |
| 4. Empuje sobrecarga trasdós | 0,75 | -1,59 | - | 5,01 | 0,75 | -6,02 |
| 5. Carga permanente coronación | 2,37 | 0,79 | 8,68 | - | 2,37 | 5,50 |
| 6. Sobrecarga coronación | 0,95 | 0,32 | 3,47 | - | 0,95 | 2,20 |
| 7. Choque accidental barrera | 0,05 | -0,15 | - | 1,38 | 0,05 | -1,61 |

## Resultados

| Hipótesis de carga | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F_{deslizamiento}$ | | 15,38 | 4,89 | 6,75 | 6,51 |
| $F_{vuelco}$ | | 3,82 | 2,55 | 2,92 | 2,80 |
| N | (t/m) | 41,09 | 42,75 | 46,07 | 46,12 |
| M | (t*m/m) | 7,15 | -6,09 | 1,61 | 0,01 |
| e | (m) | 0,17 | -0,14 | 0,04 | 0,00 |
| $\sigma_{puntera}$ | (Kp/cm$^2$) | 0,94 | 2,10 | 1,58 | 1,72 |
| $\sigma_{talón}$ | (Kp/cm$^2$) | 2,13 | 1,09 | 1,85 | 1,72 |

Hipótesis de carga 1: PP escollera + E tierras
Hipótesis de carga 2: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós
Hipótesis de carga 3: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación
Hipótesis de carga 4: PP escollera + E tierras + CP tradós + SC trasdós + CP coronación + SC coronación + Impacto



**ÍNDICE**

**1. NORMA Y MATERIALES** 2

**2. ACCIONES** 2

**3. DATOS GENERALES** 2

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO** 2

**5. GEOMETRÍA** 2

**6. ESQUEMA DE LAS FASES** 3

**7. CARGAS** 3

**8. RESULTADOS DE LAS FASES** 3

**9. COMBINACIONES** 4

**10. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO** 5

**11. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA** 5

APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.10. MURO 10. SECCIÓN TIPO 3
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

En la parte final del muro 10, es necesario sustituir la solución de muro de escollera hormigonada por muro en L de hormigón armado, debido a la cercanía de una edificación. Esta solución constituye la sección tipo 3 de este muro, y los cálculos asociados se recogen a continuación:

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma: Código Estructural (España)

Hormigón: HA-25, Yc=1.5

Acero de barras: B 500 S, Ys=1.15

Tipo de ambiente: XC2

Recubrimiento en el intradós del muro: 3.5 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 3.5 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 4.5 cm

Recubrimiento inferior de la cimentación: 4.5 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

# 2. ACCIONES

Empuje en el intradós: Sin empuje

Empuje en el trasdós: Activo

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Enrase: Trasdós

Sin juntas de retracción

Tipo de cimentación: Zapata corrida

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 33 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 33 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Tensión admisible: 2.50 kp/cm²

Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.70

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Relleno | 0.00 m | Densidad aparente: 2.00 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.10 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados<br>Cohesión: 0.00 t/m² | Activo trasdós: 0.30 |

## 5. GEOMETRÍA

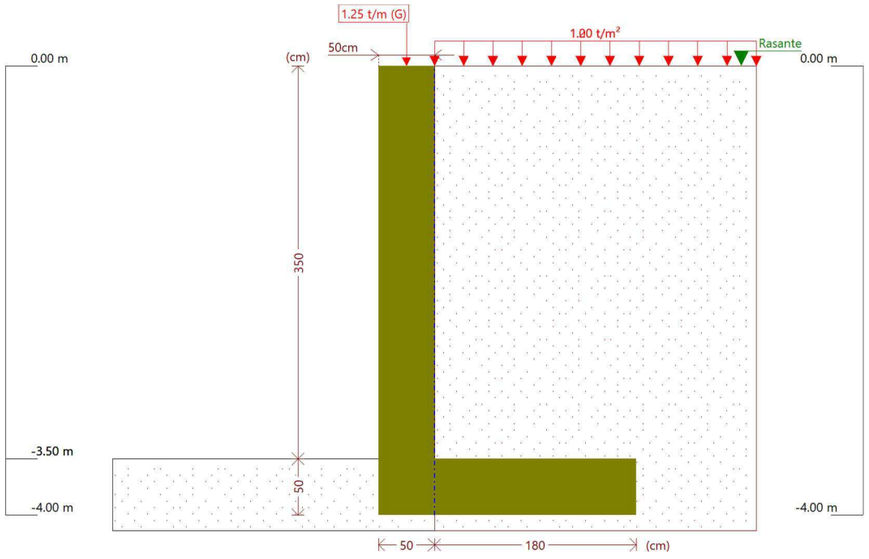
*MURO*

Altura: 3.50 m
Espesor superior: 50.0 cm
Espesor inferior: 50.0 cm

*ZAPATA CORRIDA*

Sin puntera
Canto: 50 cm
Vuelo en el trasdós: 180.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

## 6. ESQUEMA DE LAS FASES




***Fase 1: Fase***

## 7. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 1 t/m² | Fase | Fase |
| Uniforme | En superficie | Valor: 1.2 t/m² | Fase | Fase |





## 8. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

*FASE 1: FASE*

*CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON SOBRECARGAS*

| Cota (m) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.67 | 0.00 |
| -0.34 | 1.72 | 0.26 | 0.03 | 0.88 | 0.00 |
| -0.69 | 2.22 | 0.61 | 0.17 | 1.09 | 0.00 |
| -1.04 | 2.73 | 1.02 | 0.43 | 1.30 | 0.00 |
| -1.39 | 3.25 | 1.52 | 0.85 | 1.51 | 0.00 |
| -1.74 | 3.79 | 2.08 | 1.46 | 1.73 | 0.00 |
| -2.09 | 4.34 | 2.73 | 2.27 | 1.94 | 0.00 |
| -2.44 | 4.90 | 3.44 | 3.31 | 2.15 | 0.00 |
| -2.79 | 5.48 | 4.23 | 4.62 | 2.37 | 0.00 |
| -3.14 | 6.06 | 5.10 | 6.21 | 2.58 | 0.00 |
| -3.49 | 6.67 | 6.04 | 8.12 | 2.79 | 0.00 |
| Máximos | 6.68<br>Cota: -3.50 m | 6.07<br>Cota: -3.50 m | 8.18<br>Cota: -3.50 m | 2.80<br>Cota: -3.50 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | 1.25<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -0.00<br>Cota: -0.04 m | 0.67<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

*CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS*

| Cota (m) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -0.34 | 1.68 | 0.04 | 0.00 | 0.21 | 0.00 |
| -0.69 | 2.14 | 0.14 | 0.03 | 0.42 | 0.00 |
| -1.04 | 2.61 | 0.33 | 0.10 | 0.63 | 0.00 |
| -1.39 | 3.09 | 0.59 | 0.25 | 0.85 | 0.00 |
| -1.74 | 3.59 | 0.92 | 0.49 | 1.06 | 0.00 |
| -2.09 | 4.09 | 1.33 | 0.87 | 1.27 | 0.00 |
| -2.44 | 4.62 | 1.81 | 1.39 | 1.48 | 0.00 |
| -2.79 | 5.15 | 2.37 | 2.10 | 1.70 | 0.00 |
| -3.14 | 5.70 | 3.00 | 3.01 | 1.91 | 0.00 |
| -3.49 | 6.26 | 3.70 | 4.15 | 2.12 | 0.00 |
| Máximos | 6.28<br>Cota: -3.50 m | 3.72<br>Cota: -3.50 m | 4.18<br>Cota: -3.50 m | 2.13<br>Cota: -3.50 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | 1.25<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -0.00<br>Cota: -0.09 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

# 9. COMBINACIONES

*HIPÓTESIS*

| |
|---|
| 1 - Carga permanente |
| 2 - Empuje de tierras |
| 3 - Sobrecarga |

*COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS*

| | Hipótesis | | |
|---|---|---|---|
| Combinación | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | |
| 2 | 1.35 | 1.00 | |
| 3 | 1.00 | 1.50 | |
| 4 | 1.35 | 1.50 | |
| 5 | 1.00 | 1.00 | 1.50 |
| 6 | 1.35 | 1.00 | 1.50 |
| 7 | 1.00 | 1.50 | 1.50 |
| 8 | 1.35 | 1.50 | 1.50 |

*COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO*

| | Hipótesis | | |
|---|---|---|---|
| Combinación | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | |
| 2 | 1.00 | 1.00 | 0.60 |

# 10. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

| **CORONACIÓN** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Armadura superior: 3Ø16<br>Anclaje intradós / trasdós: 40 / 40 cm | | | | |
| **TRAMOS** | | | | |
| Núm. | Intradós | | Trasdós | |
| | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal |
| 1 | Ø12c/15<br>Solape: 0.6 m | Ø16c/25 | Ø16c/15<br>Solape: 0.8 m | Ø16c/25 |
| **ZAPATA** | | | | |
| Armadura | Longitudinal | Transversal | | |
| Superior | Ø16c/25 | Ø16c/15<br>Patilla Intradós / Trasdós: 20 / 20 cm | | |
| Inferior | Ø16c/25 | Ø12c/15<br>Patilla intradós / trasdós: 20 / 20 cm | | |
| Longitud de pata en arranque: 30 cm | | | | |



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.10. MURO 10. SECCIÓN TIPO 3
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 11. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

| Referencia: Muro: muro 10 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Comprobación a rasante en arranque muro:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.5* | Máximo: 94.42 t/m<br>Calculado: 9.09 t/m | Cumple |
| Espesor mínimo del tramo:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 50 cm | Cumple |
| Separación libre mínima armaduras horizontales:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)* | Mínimo: 2.5 cm | |
| -Trasdós: | Calculado: 23.4 cm | Cumple |
| -Intradós: | Calculado: 23.4 cm | Cumple |
| Separación máxima armaduras horizontales:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)* | Máximo: 30 cm | |
| -Trasdós: | Calculado: 25 cm | Cumple |
| -Intradós: | Calculado: 25 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima horizontal por cara:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.3 (1)* | Mínimo: 0.0016 | |
| -Trasdós (-3.50 m): | Calculado: 0.0016 | Cumple |
| -Intradós (-3.50 m): | Calculado: 0.0016 | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica horizontal por cara:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)* | Calculado: 0.0016 | |
| -Trasdós: | Mínimo: 0.00053 | Cumple |
| -Intradós: | Mínimo: 0.0003 | Cumple |
| Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada:<br>-Trasdós (-3.50 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)* | Mínimo: 0.0012<br>Calculado: 0.00268 | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada:<br>-Trasdós (-3.50 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2(1)* | Mínimo: 0.0012<br>Calculado: 0.00268 | Cumple |
| Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida:<br>-Intradós (-3.50 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)* | Mínimo: 0.0008<br>Calculado: 0.0015 | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida:<br>-Intradós (-3.50 m):<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 2e-005<br>Calculado: 0.0015 | Cumple |
| Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total:<br>- (0.00 m):<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.6.2 (1)* | Máximo: 0.04<br>Calculado: 0.00418 | Cumple |
| Separación libre mínima armaduras verticales:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)* | Mínimo: 2.5 cm | |

| Referencia: Muro: muro 10 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Trasdós, vertical: | Calculado: 11.8 cm | Cumple |
| - Intradós, vertical: | Calculado: 12.6 cm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura vertical Trasdós, vertical: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura vertical Intradós, vertical: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Comprobación a flexión compuesta:<br>*Comprobación realizada por unidad de longitud de muro* | | Cumple |
| Comprobación a cortante:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2* | Máximo: 18.91 t/m<br>Calculado: 7.27 t/m | Cumple |
| Comprobación de fisuración: | Máximo: 0.3 mm<br>Calculado: 0 mm | Cumple |
| Longitud de solapes:<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5.2* | | |
| - Base trasdós: | Mínimo: 0.8 m<br>Calculado: 0.8 m | Cumple |
| - Base intradós: | Mínimo: 0.3 m<br>Calculado: 0.6 m | Cumple |
| Comprobación del anclaje del armado base en coronación:<br>*Criterio de CYPE* | Calculado: 40 cm | |
| - Trasdós: | Mínimo: 39 cm | Cumple |
| - Intradós: | Mínimo: 0 cm | Cumple |
| Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 2.2 cm²<br>Calculado: 6 cm² | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Información adicional:
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -3.50 m
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -3.50 m
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -3.50 m, Md: 12.27 t·m/m, Nd: 7.21 t/m, Vd: 9.10 t/m, Tensión máxima del acero: 1.832 t/cm²
- Sección crítica a cortante: Cota: -3.05 m

| Referencia: Zapata corrida: muro 10 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Comprobación de estabilidad:<br>*Valor introducido por el usuario.* | | |
| - Coeficiente de seguridad al vuelco: | Mínimo: 2<br>Calculado: 2.4 | Cumple |
| - Coeficiente de seguridad al deslizamiento: | Mínimo: 1.5<br>Calculado: 2.42 | Cumple |





| Referencia: Zapata corrida: muro 10 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Canto mínimo:<br>- Zapata:<br>*Criterio de CYPE* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 50 cm | Cumple |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Valor introducido por el usuario.* | | |
| - Tensión media: | Máximo: 2.5 kp/cm²<br>Calculado: 1.135 kp/cm² | Cumple |
| - Tensión máxima: | Máximo: 3.125 kp/cm²<br>Calculado: 2.741 kp/cm² | Cumple |
| Flexión en zapata:<br>*Comprobación basada en criterios resistentes* | | |
| - Armado superior trasdós: | Mínimo: 8.53 cm²/m<br>Calculado: 13.4 cm²/m | Cumple |
| - Armado inferior trasdós: | Mínimo: 0 cm²/m<br>Calculado: 7.54 cm²/m | Cumple |
| Esfuerzo cortante:<br>- Trasdós:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.6.2.2* | Máximo: 17.91 t/m<br>Calculado: 11.29 t/m | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>- Arranque trasdós:<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1* | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 42.2 cm | Cumple |
| - Arranque intradós:<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5.1* | Mínimo: 20 cm<br>Calculado: 42.2 cm | Cumple |
| - Armado inferior trasdós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado inferior intradós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior trasdós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| - Armado superior intradós (Patilla):<br>*Norma Código Estructural. Artículo 49.5* | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| Recubrimiento:<br>- Lateral:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.4.4.1.3* | Mínimo: 7 cm<br>Calculado: 7 cm | Cumple |
| Diámetro mínimo:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1.* | Mínimo: Ø12 | |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: Ø12 | Cumple |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: Ø16 | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: Ø16 | Cumple |

| Referencia: Zapata corrida: muro 10 L (P.C. Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe-Boroa) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: Ø16 | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (3)* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: 25 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 25 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)* | Mínimo: 2.5 cm | |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: 25 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 25 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (1)* | Mínimo: 0.0013 | |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 0.0016 | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 0.00268 | Cumple |
| Cuantía mecánica mínima:<br>- Armadura longitudinal superior:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.3.1.1 (2)* | Mínimo: 0.00053<br>Calculado: 0.0016 | Cumple |
| - Armadura transversal superior:<br>*Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1* | Mínimo: 0.00122<br>Calculado: 0.00268 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 15.84 t·m/m | | |

# Muro 11

## ÍNDICE

1. DESCRICIÓN DE LA ESTRUCTURA

2. NORMATIVA, MATERIALES Y PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS

3. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES

4. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.11. MURO 11
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

EL muro 11 es una pantalla anclada de micropilotes que sostiene un desmonte en la margen izquierda de la bicipista. El tramo de desmonte tiene un total de 160 metros de longitud, entre los pp.kk. 4+000 y 4+152,6 del eje 11. Se excavará en areniscas y limolitas, sana, salvo en un a capa de hasta 2 metros de espesor en el final, en la que la roca está alterada. Desde el p.k. 4+000 hasta el p.k. 4+137,6, donde no hay roca alterada, se proyecta un talud 1:2 con anclajes de 20 t. En el otro tramo, entre los pp.kk. 4+137,6 y 4+152,6 se pasa a un talud vertical con pantalla de micropilotes, anclado con el mismo tipo de anclajes.

Los anclajes son tipo Dywidag de 25m de diámetro y con doble protección. Los micropilotes tienen 200mm de diámetro con armadura tubular de 114,3 x 7 mm de acero N80.

## 2. NORMATIVA, MATERIALES Y PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS

Normativa:

- Código estructural
- Código técnico de edificación
- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera IAP-11
- Guía de cimentaciones en obras de carretera

Materiales:

- Hormigón en zuncho de micropilotes: HA-30/B/20/XS1, Yc=1.5, rnom=50 mm
- Acero micropilotes: N-80, Yc=1.30
- Acero pasivo: B 500 S, Yc=1.15

## 3. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES

En el tramo con talud 2:1 los anaclajes deben aportar una carga de 1,7 t/m2. Se disponen anclajes de 20 t en malla de 2,5 x 2,5 metros. La carga es de:

20 t cos30 /(2,5m x 2,5m) = 2,8 t/m2

En el tramo con pantalla se debe llegar hasta las 3,3 t/m2. Los anclajes están separados 2,0m en vertical y s,5m en horizontal.

20 t cos30 /(2,0m x 2,5m) = 3,46 t/m2

## P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA

MURO 11 - PANTALLA DE MICROPILOTES

**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Permanente |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,15 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,30 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm²) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm²) | 7,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,65 |

**Comprobación de Anclajes**

$$P_{adm} \leq \begin{cases} \dfrac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \dfrac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$$

$$P_{Nd} = P_N \times F_1$$

$$P_{Nd} \leq P_{adm}$$

**Longitud del Bulbo**

$$a_{adm} = \frac{a_{\lim}}{F_3}$$

$$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$$

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ♦ (mm) | Área $A_T$ ($cm^2$) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (°) | ♦N bulbo (mm) | Longitud mín (m) $L_{libre}$ | $L_{bulbo}$ mín | $L_{totalmín}$ | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{Nd}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -1,00 | 25 | 4,91 | 39,6 | 2,0 | 30 | 85 | 4 | 2,6 | 6,6 | 2577 | 20,0 | 20,0 | 30,0 | Correcto |
| 2 | -1,00 | 25 | 4,91 | 39,6 | 2,0 | 30 | 85 | 4 | 2,6 | 6,6 | 2577 | 20,0 | 20,0 | 30,0 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{Nd}$: Carga nominal mayorada.

## 4. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

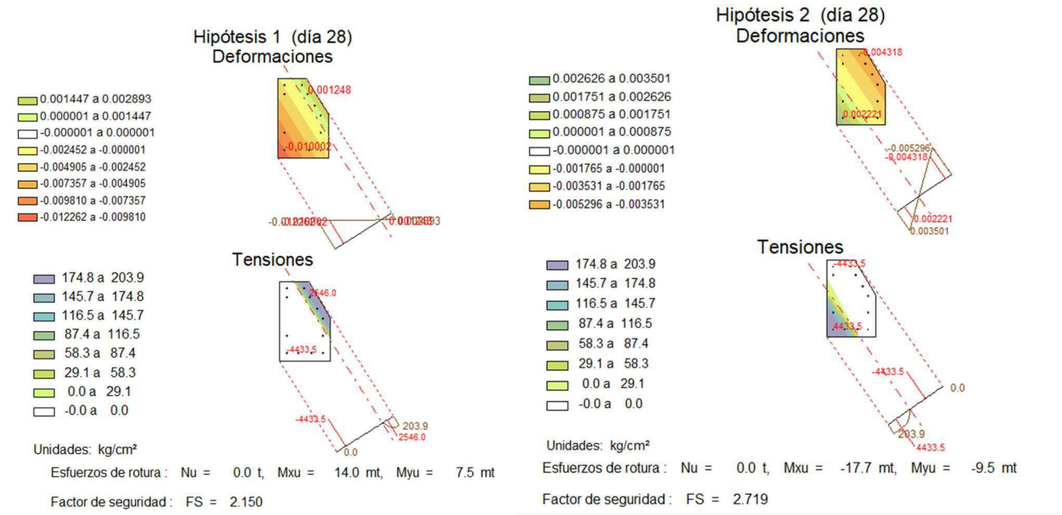
**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Carga repartida | q= | 8 t/m | | | |
| Separación entre anclajes | L= | 2,5 m | | | |
| Esfuerzos | M = qL²/10 = | 5 mt | Md = | 7,5 mt | |
| | V = 1,15qL/2 = | 11,5 t | Vd = | 17,25 t | |
| Inclinación del anclaje: | | | | | |
| α (°)= | 30 | | | | |
| Esfuerzos verticales | Md = | 3,75 mt | Vd = | 8,63 t | |
| Esfuerzos horizontales | Md = | 6,50 mt | Vd = | 14,94 t | |





| | Esfuerzos totales de cálculo | | | Esfuerzos de rotura | | | F.S. | Figura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_d$ (t) | $M_{xd}$ (mt) | $M_{yd}$ (mt) | $N_u$ (t) | $M_{xu}$ (mt) | $M_{yu}$ (mt) | | |
| Hipótesis 1 | 0.0 | 6.5 | 3.5 | 0.0 | 14.0 | 7.5 | 2.15 | Mostrar |
| Hipótesis 2 | 0.0 | -6.5 | -3.5 | 0.0 | -17.7 | -9.5 | 2.72 | Mostrar |




## Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
## Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 11**

**Datos**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 N/mm² | $\gamma_c$ = 1,5 | $f_{cd}$ = | 20 N/mm² | |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 N/mm² | |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 m | Recubrimiento | 0,040 m | | |
| | Canto | 0,450 m | Canto útil d | 0,410 m | | |

| | | |
|---|---|---|
| *Armadura de tracción $A_{sl}$* | 8,04 | cm² |
| *Axil de compresión $N_{Ed}$* | 0,00 | t |

## Resistencia a cortante sin armadura de cortante

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$k =$ 1,70 $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l =$ 0,0065 $\quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp} =$ 0 N/mm² $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c} =$ 0,12 $\quad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min} =$ 0,424 N/mm² $\quad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c} =$ 67.597 N **6,76 t**

## Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$z =$ 0,37 m $\quad \vartheta =$ 45 ° $\quad \alpha_{cw} =$ 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $\quad \nu_1 =$ 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,2 | m | 11,30 cm²/m | 18,14 | **18,14** |
| | ϕ | | cada | | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | | m | cm²/m | | |





### Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu sen\alpha + cos\alpha) \leq 0{,}5 \nu f_{cd}$$

$$\rho = A_s/A_i \qquad \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

| Materiales | | |
|---|---|---|
| **Hormigón** | | HA-30 |
| $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk;0,05}$ = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ct,d}$ = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | ##### |
| $f_{yk}$ = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | |
| $\alpha$ = | 90 | ° |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 20 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 30 | ° |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 17,32 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 10,00 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | |
|---|---|---|
| $v_{Edi}$ = | 0,30 | N/mm² |
| $\nu$ = | 0,528 | |
| $0{,}5\ \nu f_{cd}$ = | 5,28 | N/mm² |
| $c f_{ctd}$ = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ = | 0,35 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ = | **0,21** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | |
| Horquilla ϕ | 12 | |
| en | 2 | micros |
| $A_s$ = | 4,52 | cm² |
| ρ = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd}$ ($\mu$ sen α + cos α) = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ = | **0,71** | N/mm² |
| **Cumple** | | |

# Muro 12

**ÍNDICE**

1. NORMA Y MATERIALES 2
2. ACCIONES 2
3. DATOS GENERALES 2
4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO 2
5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO 3
6. GEOMETRÍA 3
7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA 3
8. ESQUEMA DE LAS FASES 4
9. CARGAS 6
10. ELEMENTOS DE APOYO 6
11. RESULTADOS DE LAS FASES 6
12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO 9
13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD) 10
14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES 11



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.12. MURO 12. PANTALLA ANCLADA DE MICROPILOTES
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: Código estructural

Hormigón: HA-30, Yc=1.5

# 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Cota de la roca: -7.00 m

Ángulo talud: 33 grados

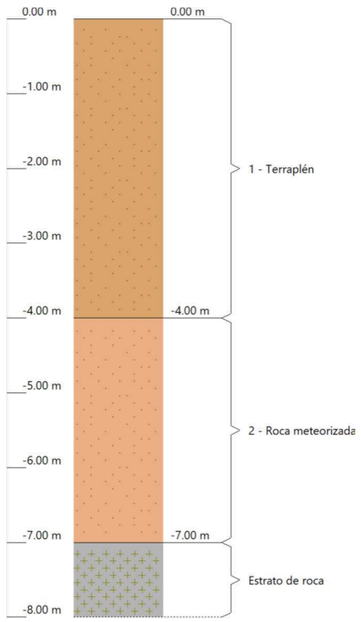
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Terraplén | 0.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 33 grados<br>Cohesión: 0.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 3000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 3000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.29<br>Reposo trasdós: 0.46<br>Pasivo trasdós: 3.39<br>Activo intradós: 0.29<br>Reposo intradós: 0.46<br>Pasivo intradós: 3.39 |
| 2 - Roca meteorizada | -4.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 23 grados<br>Cohesión: 15.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 4000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 4000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.44<br>Reposo trasdós: 0.61<br>Pasivo trasdós: 2.28<br>Activo intradós: 0.44<br>Reposo intradós: 0.61<br>Pasivo intradós: 2.28 |

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

Altura total: 5.00 m
Diámetro: 20.00 cm
Separación: 50.00 cm
Serie de micropilotes: Micropilotes
Perfil: 114,3x7

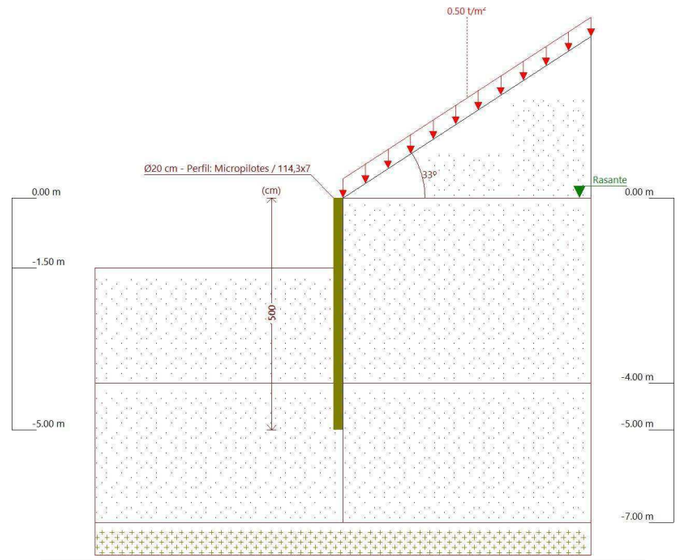
## 7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

| Referencia: Muro 12 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Esbeltez máxima: | Máximo: 200<br>Calculado: 60 | Cumple |
| Tensión máxima:<br>-Acero:<br>-Hormigón: | <br>Máximo: 5.5 t/cm²<br>Calculado: 5.237 t/cm²<br>Máximo: 0.122 t/cm²<br>Calculado: 0.122 t/cm² | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 4.65 t; Momento: 3.58 t·m; Cortante: 0.65 t | | |
| - Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 0.48 t; Momento: 2.84 t·m; Cortante: -1.90 t | | |
| - Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 20.00 cm) | | |

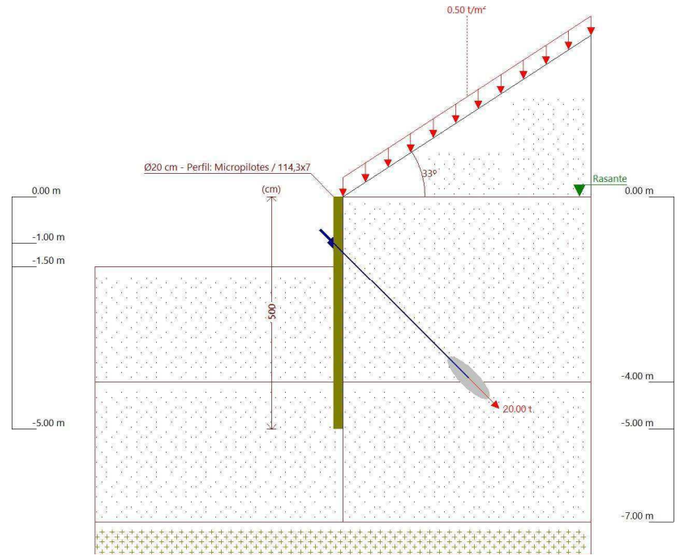




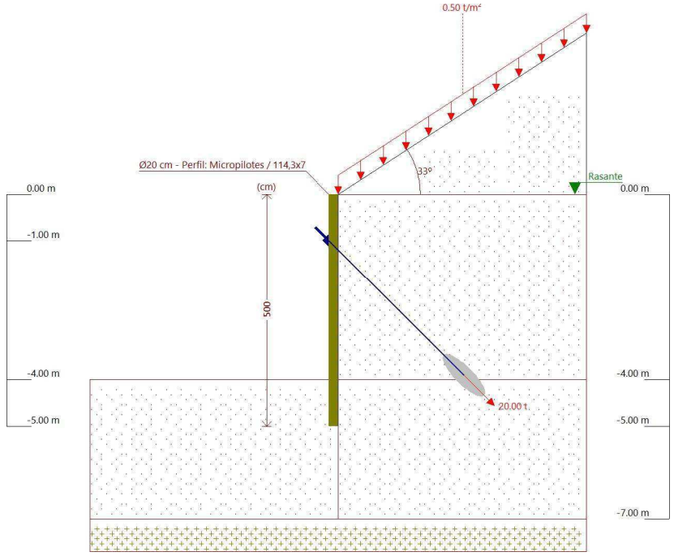
## 8. ESQUEMA DE LAS FASES



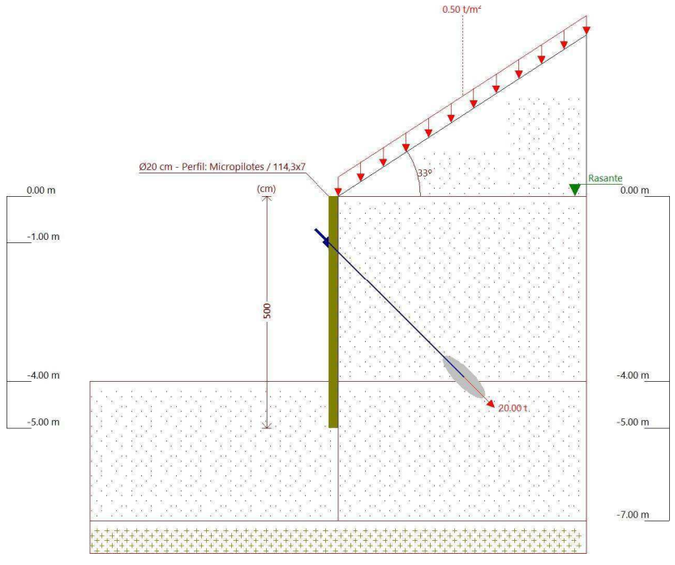

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 1 | Excavación inicial | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -1.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 2 | Anclaje | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -1.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 3 | Excavación final | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -4.00 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 4 | Servicio | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -4.00 m |





## 9. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 0.5 t/m² | Excavación inicial | Servicio |

## 10. ELEMENTOS DE APOYO

*ANCLAJES ACTIVOS*

| Descripción | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|
| Cota: -1.00 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 2.50 m | Anclaje | Servicio |

## 11. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

### *FASE 1: EXCAVACIÓN INICIAL*

*BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -51.96 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.42 | 0.00 |
| -0.50 | -43.02 | 0.09 | 0.25 | 0.08 | 1.16 | 0.00 |
| -1.00 | -34.11 | 0.18 | 0.92 | 0.44 | 1.90 | 0.00 |
| -1.50 | -25.39 | 0.27 | 1.96 | 1.28 | 2.63 | 0.00 |
| -2.00 | -17.26 | 0.36 | 2.93 | 2.67 | -0.19 | 0.00 |
| -2.50 | -10.33 | 0.46 | 2.48 | 4.01 | -3.01 | 0.00 |
| -3.00 | -5.22 | 0.55 | 0.62 | 4.59 | -5.83 | 0.00 |
| -3.50 | -2.19 | 0.64 | -2.54 | 3.75 | -2.90 | 0.00 |
| -4.00 | -0.87 | 0.73 | -3.34 | 2.10 | 0.14 | 0.00 |
| -4.50 | -0.50 | 0.82 | -2.68 | 0.60 | 3.71 | 0.00 |
| -5.00 | -0.39 | 0.91 | -0.64 | 0.00 | 5.13 | 0.00 |
| Máximos | -0.39<br>Cota: -5.00 m | 0.91<br>Cota: -5.00 m | 2.93<br>Cota: -2.00 m | 4.59<br>Cota: -3.00 m | 5.13<br>Cota: -5.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -51.96<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -3.34<br>Cota: -4.00 m | 0.00<br>Cota: -5.00 m | -6.80<br>Cota: -3.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

### *FASE 2: ANCLAJE*

*BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -51.30 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 2.41 | 0.00 |
| -0.50 | -42.09 | 0.09 | 1.09 | 0.35 | 3.93 | 0.00 |
| -1.00 | -33.04 | 0.18 | 3.23 | 1.68 | 5.10 | 0.00 |
| -1.50 | -24.67 | 5.93 | 0.11 | 1.41 | 4.79 | 0.00 |
| -2.00 | -16.94 | 6.02 | 2.36 | 2.33 | 1.69 | 0.00 |
| -2.50 | -10.26 | 6.11 | 2.63 | 3.69 | -2.63 | 0.00 |
| -3.00 | -5.26 | 6.20 | 0.87 | 4.40 | -5.83 | 0.00 |

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -3.50 | -2.25 | 6.30 | -2.33 | 3.67 | -3.08 | 0.00 |
| -4.00 | -0.91 | 6.39 | -3.21 | 2.09 | -0.15 | 0.00 |
| -4.50 | -0.51 | 6.48 | -2.68 | 0.61 | 3.62 | 0.00 |
| -5.00 | -0.38 | 6.57 | -0.65 | 0.00 | 5.23 | 0.00 |
| Máximos | -0.38<br>Cota: -5.00 m | 6.57<br>Cota: -5.00 m | 3.23<br>Cota: -1.00 m | 4.40<br>Cota: -3.00 m | 5.23<br>Cota: -5.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -51.30<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -3.25<br>Cota: -4.25 m | 0.00<br>Cota: -5.00 m | -6.97<br>Cota: -3.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

## *FASE 3: EXCAVACIÓN FINAL*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -49.02 | 0.00 | 0.99 | -0.00 | 7.94 | 0.00 |
| -0.50 | -45.57 | 0.09 | 1.35 | 0.59 | 1.16 | 0.00 |
| -1.00 | -42.39 | 2.05 | 2.02 | 1.50 | 1.90 | 0.00 |
| -1.50 | -39.79 | 7.80 | -4.47 | -0.88 | 2.63 | 0.00 |
| -2.00 | -36.80 | 7.89 | -3.06 | -2.59 | 3.37 | 0.00 |
| -2.50 | -32.63 | 7.98 | -1.28 | -3.47 | 4.11 | 0.00 |
| -3.00 | -26.88 | 8.07 | 0.87 | -3.31 | 4.85 | 0.00 |
| -3.50 | -19.63 | 8.16 | 3.39 | -1.94 | 5.59 | 0.00 |
| -4.00 | -11.49 | 8.26 | 6.27 | 0.82 | 0.00 | 0.00 |
| -4.50 | -3.77 | 8.35 | -1.27 | 2.07 | -15.72 | 0.00 |
| -5.00 | 3.01 | 8.44 | -3.10 | -0.00 | 24.77 | 0.00 |
| Máximos | 3.01<br>Cota: -5.00 m | 8.44<br>Cota: -5.00 m | 6.27<br>Cota: -4.25 m | 2.39<br>Cota: -4.25 m | 24.77<br>Cota: -5.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -49.02<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -5.20<br>Cota: -4.75 m | -3.53<br>Cota: -2.75 m | -30.17<br>Cota: -4.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

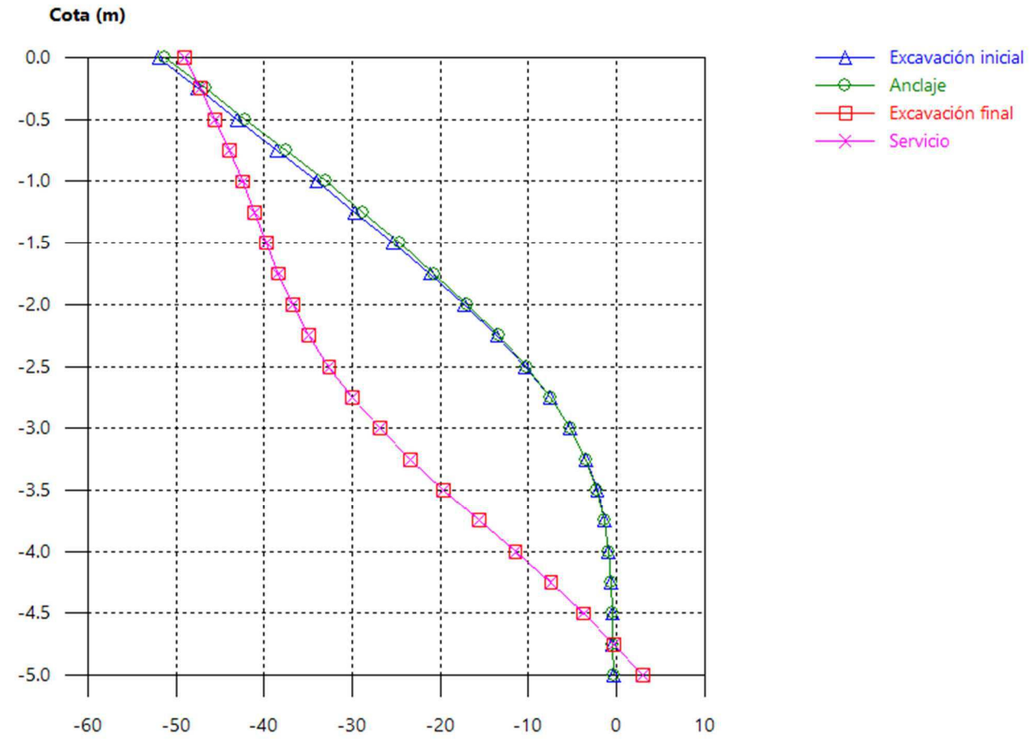
## *FASE 4: SERVICIO*

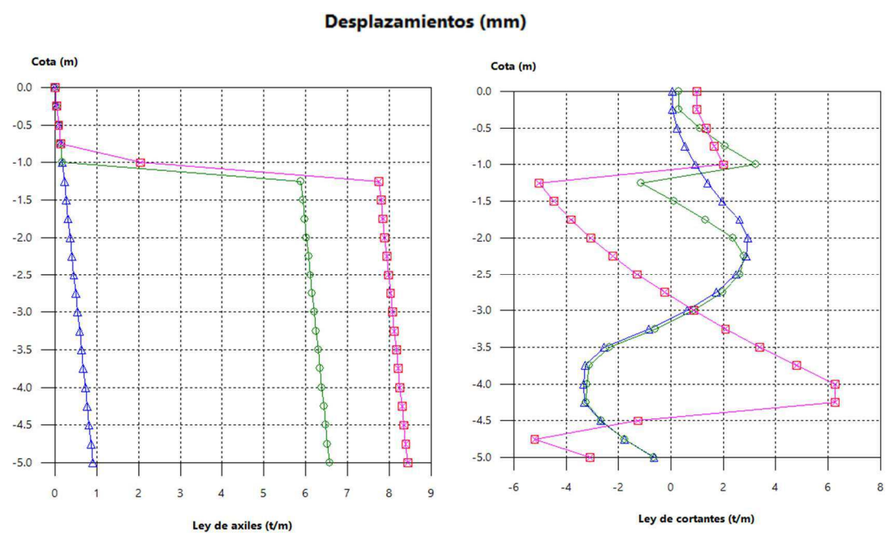
### *BÁSICA*

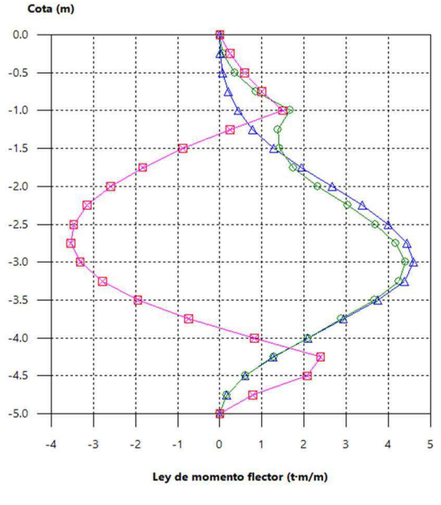
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -49.02 | 0.00 | 0.99 | -0.00 | 7.94 | 0.00 |
| -0.50 | -45.57 | 0.09 | 1.35 | 0.59 | 1.16 | 0.00 |
| -1.00 | -42.39 | 2.05 | 2.02 | 1.50 | 1.90 | 0.00 |
| -1.50 | -39.79 | 7.80 | -4.47 | -0.88 | 2.63 | 0.00 |
| -2.00 | -36.80 | 7.89 | -3.06 | -2.59 | 3.37 | 0.00 |
| -2.50 | -32.63 | 7.98 | -1.28 | -3.47 | 4.11 | 0.00 |
| -3.00 | -26.88 | 8.07 | 0.87 | -3.31 | 4.85 | 0.00 |
| -3.50 | -19.63 | 8.16 | 3.39 | -1.94 | 5.59 | 0.00 |
| -4.00 | -11.49 | 8.26 | 6.27 | 0.82 | 0.00 | 0.00 |
| -4.50 | -3.77 | 8.35 | -1.27 | 2.07 | -15.72 | 0.00 |
| -5.00 | 3.01 | 8.44 | -3.10 | -0.00 | 24.77 | 0.00 |
| Máximos | 3.01<br>Cota: -5.00 m | 8.44<br>Cota: -5.00 m | 6.27<br>Cota: -4.25 m | 2.39<br>Cota: -4.25 m | 24.77<br>Cota: -5.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -49.02<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -5.20<br>Cota: -4.75 m | -3.53<br>Cota: -2.75 m | -30.17<br>Cota: -4.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

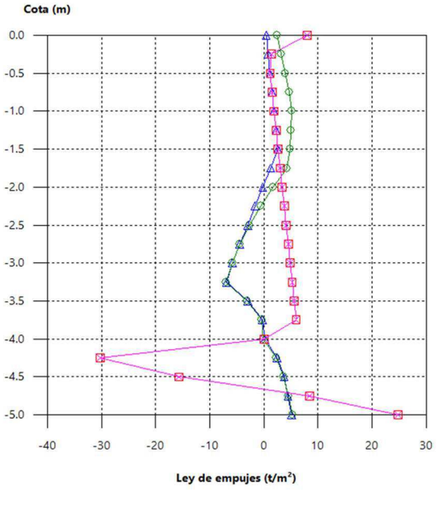









## 12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

### Anclajes activos

| Cota: -1.00 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Anclaje | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 5.66 t/m |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 26.61 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.64 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 18.82 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.53 t/m |
| Servicio | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 26.61 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 10.64 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 18.82 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 7.53 t/m |





**P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA**
**MURO 12 - PANTALLA DE MICROPILOTES**
**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Permanente |
| oeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{yk}$ (Kp/cm²) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{yk}$ | 1,15 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,30 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm²) | 2.100.000 |
| dherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm²) | 3,00 |
| ef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,65 |

**Comprobación de Anclajes**

$$P_{adm} \leq \begin{cases} \frac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \frac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$$

$$P_{Nd} = P_N \times F_1$$

$$P_{Nd} \leq P_{adm}$$

**Longitud del Bulbo**

$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{F_3}$$

$$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$$

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ (cm²) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m | Inclinación α (°) | $P_{N\ bulb}$ (mm) | Longitud mín (m) $L_{libre}$ | $L_{bulbo}$ mín | $L_{total}$ | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{Nd}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | -1,00 | 25 | 4,91 | 39,6 | 2,0 | 45 | 85 | 4 | 8,0 | 12,0 | 2577 | 20,0 | 26,0 | 39,0 | Correcto |

Leyenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{Nd}$: Carga nominal mayorada.

## 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro 12 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67 | |
| Hipótesis básica: | | |
| -Excavación inicial: | Calculado: 2.381 | Cumple |
| -Anclaje: | Calculado: 14.267 | Cumple |
| -Excavación final: | Calculado: 7.865 | Cumple |
| -Servicio: | Calculado: 7.865 | Cumple |
| Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:<br>*Valor introducido por el usuario.* | Mínimo: 1.67 | |
| Hipótesis básica: | | |
| -Excavación inicial: | Calculado: 3.793 | Cumple |
| -Anclaje: | Calculado: 3.895 | Cumple |
| -Excavación final: | Calculado: 3.487 | Cumple |
| -Servicio: | Calculado: 3.487 | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

**Empotramiento de micropilotes en roca**

**Cálculo de empotramiento de micropilotes**

$$N_d \le \frac{1}{F}\cdot\left[\sum_i (2\cdot\pi\cdot R_m)\cdot L_i\cdot\tau_i + \sigma_R\cdot\pi\cdot R_t^2\right]$$

| Características de los micropilotes | |
|---|---|
| Diámetro exterior $\phi_{ext}$ (cm) | |
| Micropilote | 20,00 |
| Armadura de tubo | 11,40 |
| Perímetro micro ($2\pi R_m$) | 62,8 |
| Área total tubo ($\pi R_t^2$) | 102,1 |
| Carga en micro $N_z$ (Mp/m) – C | 8,4 |
| Nº de micros pml | 2,0 |
| Carga en micro $N_d$ (Mp) | 6,8 |
| **Parámetros resistentes estimados del terreno (Kp/cm²)** | |
| Punta en roca $\sigma_R$ | 0,2 |
| Deslizamiento en roca $\tau_R$ | 1,4 |
| Deslizamiento en suelos $\tau_S$ | 0,0 |
| **Empotramiento en el terreno L (m)** | |
| En suelos | 0,0 |
| En roca | 2,5 |
| **Contribución a la resistencia (Mp)** | |
| Por punta en roca | 0,0 |
| Por fuste en roca | 7,3 |
| TOTAL | 7,34 Cumple |

Leyenda:
F: Coeficiente de seguridad (F=3)

## 14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

Carga repartida q= 10,64 t/m
Separación entre anclajes L= 2,5 m

Esfuerzos **M = qL²/10 =** 6,65 mt **Md =** 9,975 mt

**V = 1,15qL/2 =** 15,3 t **Vd =** 22,943 t

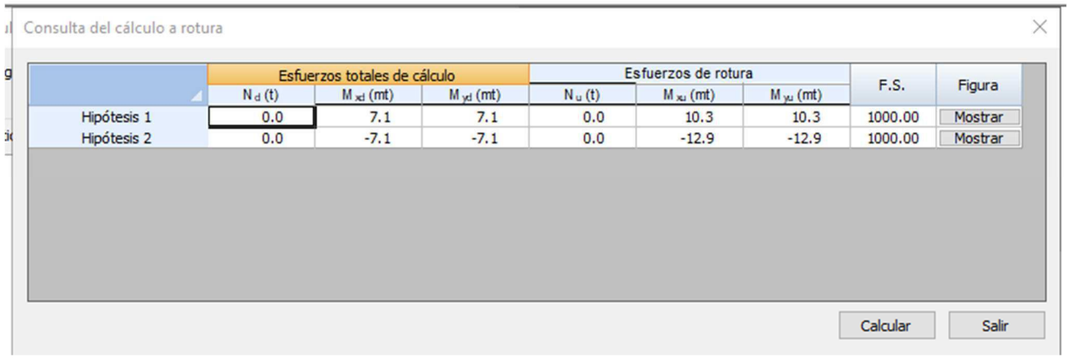
Inclinación del anclaje:

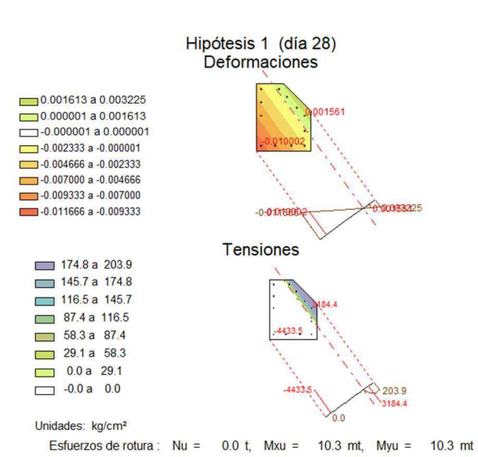
**α (°)=** 45

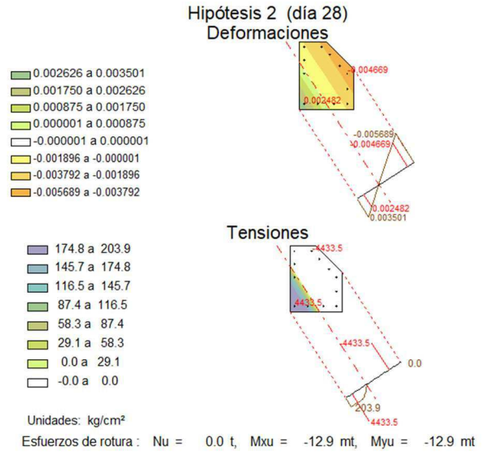
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Esfuerzos verticales | **Md =** | **7,05 mt** | **Vd =** | **16,22 t** |
| Esfuerzos horizontales | **Md =** | **7,05 mt** | **Vd =** | **16,22 t** |








## Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
## Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 12**

**Datos**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² | $\gamma_c$ = 1,5 | $f_{cd}$ = | 20 N/mm² |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 | N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 N/mm² |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 | m | Recubrimiento | 0,040 | m |
| | Canto | 0,450 | m | Canto útil d | 0,410 | m |

| | | |
|---|---|---|
| *Armadura de tracción* $A_{sl}$ | 8,04 | cm² |
| *Axil de compresión* $N_{Ed}$ | 0,00 | t |

### Resistencia a cortante sin armadura de cortante

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}]b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1\sigma_{cp})b_w d$$

$k =$ 1,70 $\qquad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l =$ 0,0065 $\qquad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp} =$ 0 N/mm² $\qquad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c} =$ 0,12 $\qquad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min} =$ 0,424 N/mm² $\qquad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}{}^{1/2}$

$V_{Rd,c} =$ 67.597 N 6,76 t

### Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd}/(\cot\theta + \tan\theta)$$

$z =$ 0,37 m $\qquad \vartheta =$ 45 ° $\qquad \alpha_{cw} =$ 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $\qquad \nu_1 =$ 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,15 m | 15,07 cm²/m | 24,18 | **24,18** |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |





**Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE**

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = cf_{ctd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha) \leq 0{,}5\nu f_{cd}$$

$$\rho = A_s/A_i \qquad \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

| Materiales | | |
|---|---|---|
| **Hormigón** | | HA-30 |
| $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk,0,05}$ = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ctd}$ = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | ##### |
| $f_{yk}$ = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | |
| $\alpha$ = | 90 | ° |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 26,6 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 45 | ° |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 18,81 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 18,81 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | |
|---|---|---|
| $v_{Edi}$ = | 0,56 | N/mm² |
| $\nu$ = | 0,528 | |
| 0,5 $\nu f_{cd}$ = | 5,28 | N/mm² |
| $cf_{ctd}$ = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ = | 0,38 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ = | **0,23** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | |
| Horquilla ϕ | 12 | |
| en | 2 | micros |
| $A_s$ = | 4,52 | cm² |
| $\rho$ = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd}$ ($\mu$ sen $\alpha$ + cos $\alpha$) = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ = | **0,73** | N/mm² |
| **Cumple** | | |

# Muro 13

**ÍNDICE**

**1. NORMA Y MATERIALES** 2

**2. ACCIONES** 2

**3. DATOS GENERALES** 2

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO** 2

**5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO** 3

**6. GEOMETRÍA** 3

**7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA** 3

**8. ESQUEMA DE LAS FASES** 4

**9. CARGAS** 6

**10. ELEMENTOS DE APOYO** 6

**11. RESULTADOS DE LAS FASES** 6

**12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO** 9

**13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)** 10

**14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES** 12



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.13. MURO 13. PANTALLA ANCLADA DE MICROPILOTES
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: Código estructural

Hormigón: HA-30, Yc=1.5

# 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

# 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

# 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Cota de la roca: -6.00 m

Ángulo talud: 15 grados

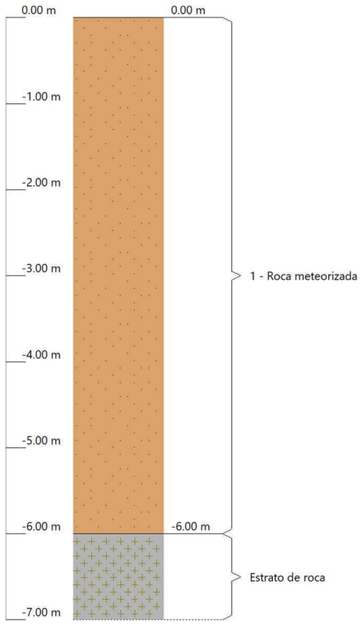
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

| Referencias | Cota superior | Descripción | Coeficientes de empuje |
|---|---|---|---|
| 1 - Roca meteorizada | 0.00 m | Densidad aparente: 2.1 kg/dm³<br>Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³<br>Ángulo rozamiento interno: 23 grados<br>Cohesión: 15.00 t/m²<br>Módulo de balasto empuje activo: 4000.0 t/m³<br>Módulo de balasto empuje pasivo: 4000.0 t/m³<br>Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4 | Activo trasdós: 0.44<br>Reposo trasdós: 0.61<br>Pasivo trasdós: 2.28<br>Activo intradós: 0.44<br>Reposo intradós: 0.61<br>Pasivo intradós: 2.28 |

## 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO




## 6. GEOMETRÍA

| |
|---|
| Altura total: 6.30 m |
| Diámetro: 20.00 cm |
| Separación: 50.00 cm |
| Serie de micropilotes: Micropilotes |
| Perfil: 114,3x7 |

## 7. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

| Referencia: Muro 13 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Esbeltez máxima: | Máximo: 200<br>Calculado: 75 | Cumple |
| Tensión máxima: | | |
| - Acero: | Máximo: 5.5 t/cm²<br>Calculado: 2.106 t/cm² | Cumple |
| - Hormigón: | Máximo: 0.122 t/cm²<br>Calculado: 0.098 t/cm² | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

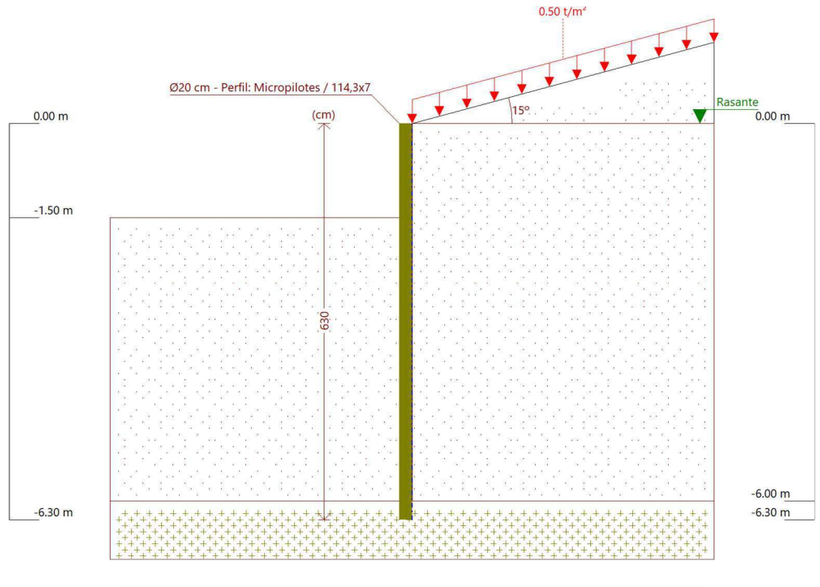
Información adicional:

- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 4.96 t; Momento: -1.40 t·m; Cortante: -0.31 t
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 4.96 t; Momento: -1.40 t·m; Cortante: -0.31 t
- Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 20.00 cm)

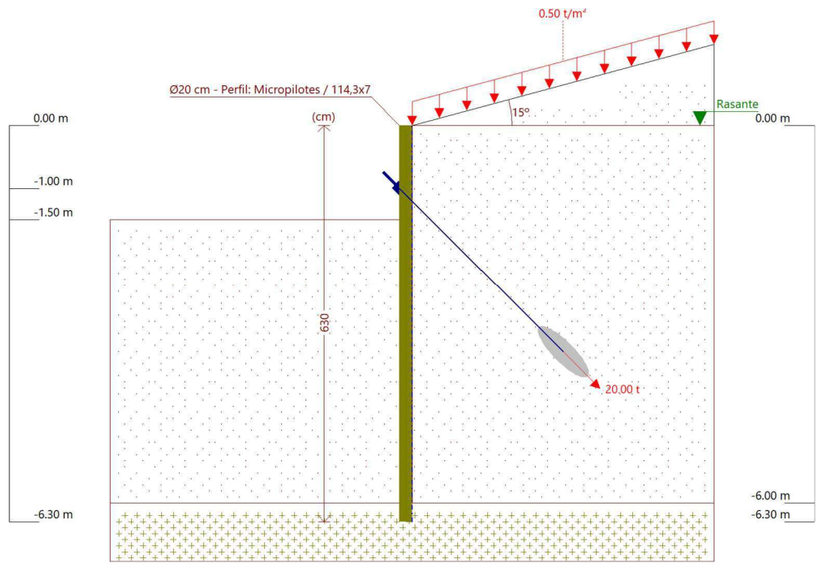




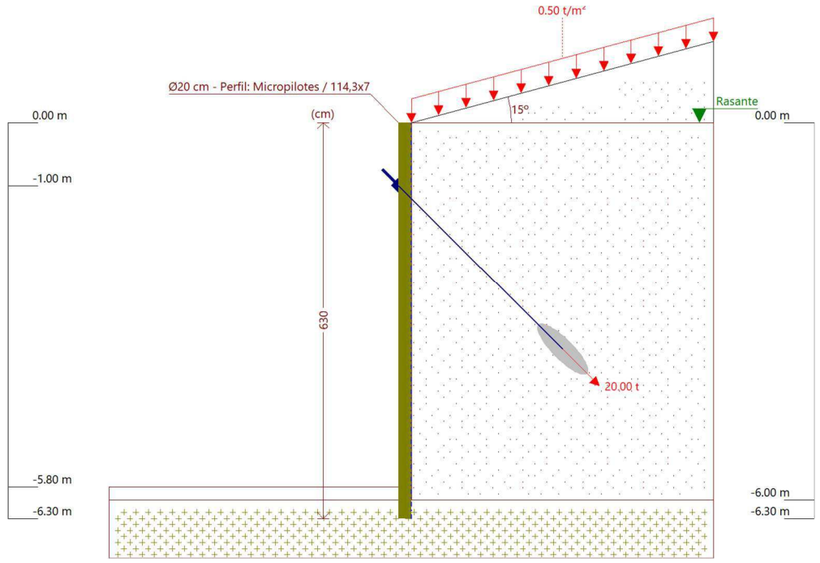
## 8. ESQUEMA DE LAS FASES



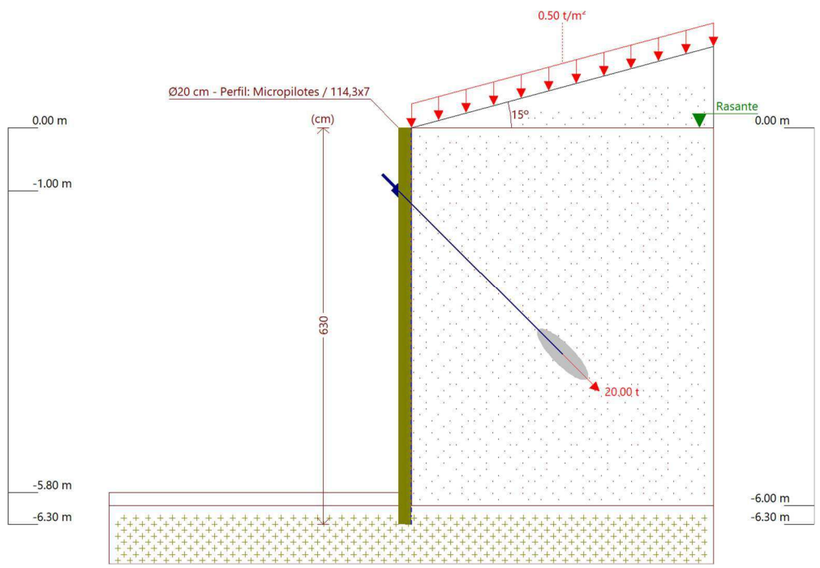

| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 1 | Excavación inicial | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -1.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 2 | Anclaje | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -1.50 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 3 | Excavación final | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -5.80 m |




| Referencias | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| Fase 4 | Servicio | Tipo de fase: Constructiva<br>Cota de excavación: -5.80 m |





## 9. CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

| Tipo | Cota | Datos | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|---|---|
| Uniforme | En superficie | Valor: 0.5 t/m² | Excavación inicial | Servicio |

## 10. ELEMENTOS DE APOYO

*ANCLAJES ACTIVOS*

| Descripción | Fase inicial | Fase final |
|---|---|---|
| Cota: -1.00 m<br>Rigidez axil: 1000 t/m<br>Carga: 20.00 t<br>Ángulo: 45 grados<br>Separación: 2.50 m | Anclaje | Servicio |

## 11. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

*FASE 1: EXCAVACIÓN INICIAL*

*BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -0.87 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -0.50 | -0.79 | 0.09 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -1.00 | -0.70 | 0.18 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| -1.50 | -0.61 | 0.27 | 0.08 | 0.02 | 1.00 | 0.00 |
| -2.00 | -0.54 | 0.36 | 0.10 | 0.13 | -0.51 | 0.00 |
| -2.50 | -0.52 | 0.46 | -0.08 | 0.10 | -0.05 | 0.00 |
| -3.00 | -0.56 | 0.55 | -0.09 | 0.06 | 0.03 | 0.00 |
| -3.50 | -0.62 | 0.64 | -0.08 | 0.02 | -0.11 | 0.00 |
| -4.00 | -0.69 | 0.73 | -0.16 | -0.05 | -0.31 | 0.00 |
| -4.50 | -0.74 | 0.82 | -0.33 | -0.19 | -0.35 | 0.00 |
| -5.00 | -0.70 | 0.91 | -0.46 | -0.41 | 0.31 | 0.00 |
| -5.50 | -0.47 | 1.00 | -0.09 | -0.53 | 2.47 | 0.00 |
| -6.00 | 0.00 | 1.09 | 1.60 | -0.00 | 6.59 | 0.00 |
| -6.30 | 0.00 | 1.15 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.00<br>Cota: -6.00 m | 1.15<br>Cota: -6.30 m | 1.60<br>Cota: -6.00 m | 0.13<br>Cota: -2.00 m | 6.59<br>Cota: -6.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -0.87<br>Cota: 0.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m | -0.46<br>Cota: -5.00 m | -0.53<br>Cota: -5.50 m | -0.92<br>Cota: -1.75 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

*FASE 2: ANCLAJE*

*BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -0.45 | -0.00 | 0.21 | 0.00 | 1.68 | 0.00 |
| -0.50 | -0.09 | 0.09 | 0.77 | 0.24 | 2.78 | 0.00 |
| -1.00 | 0.16 | 0.18 | 2.27 | 1.18 | 3.44 | 0.00 |

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -1.50 | -0.05 | 5.93 | -1.70 | 0.12 | 3.25 | 0.00 |
| -2.00 | -0.31 | 6.02 | -0.36 | -0.19 | 1.30 | 0.00 |
| -2.50 | -0.49 | 6.11 | 0.13 | -0.17 | 0.25 | 0.00 |
| -3.00 | -0.58 | 6.20 | 0.19 | -0.07 | -0.17 | 0.00 |
| -3.50 | -0.65 | 6.30 | 0.08 | -0.02 | -0.34 | 0.00 |
| -4.00 | -0.70 | 6.39 | -0.10 | -0.04 | -0.44 | 0.00 |
| -4.50 | -0.74 | 6.48 | -0.33 | -0.18 | -0.39 | 0.00 |
| -5.00 | -0.70 | 6.57 | -0.47 | -0.40 | 0.31 | 0.00 |
| -5.50 | -0.47 | 6.66 | -0.10 | -0.53 | 2.47 | 0.00 |
| -6.00 | 0.00 | 6.75 | 1.59 | -0.00 | 6.59 | 0.00 |
| -6.30 | 0.00 | 6.81 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.16<br>Cota: -1.00 m | 6.81<br>Cota: -6.30 m | 2.27<br>Cota: -1.00 m | 1.18<br>Cota: -1.00 m | 6.59<br>Cota: -6.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -0.74<br>Cota: -4.50 m | -0.00<br>Cota: 0.00 m | -2.53<br>Cota: -1.25 m | -0.53<br>Cota: -5.50 m | -0.46<br>Cota: -4.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

## *FASE 3: EXCAVACIÓN FINAL*

### *BÁSICA*

| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -0.28 | -0.00 | 0.30 | -0.00 | 2.37 | 0.00 |
| -0.50 | -0.00 | 0.09 | 0.99 | 0.32 | 3.14 | 0.00 |
| -1.00 | 0.14 | 0.19 | 2.62 | 1.42 | 3.34 | 0.00 |
| -1.50 | -0.30 | 5.94 | -1.50 | 0.49 | 2.24 | 0.00 |
| -2.00 | -0.96 | 6.03 | -0.57 | 0.11 | 0.61 | 0.00 |
| -2.50 | -1.66 | 6.12 | -0.42 | -0.10 | 0.00 | 0.00 |
| -3.00 | -2.32 | 6.21 | -0.42 | -0.31 | 0.00 | 0.00 |
| -3.50 | -2.84 | 6.30 | -0.42 | -0.52 | 0.00 | 0.00 |
| -4.00 | -3.12 | 6.39 | -0.42 | -0.74 | 0.00 | 0.00 |
| -4.50 | -3.07 | 6.48 | -0.42 | -0.95 | 0.00 | 0.00 |
| -5.00 | -2.59 | 6.57 | -0.42 | -1.16 | 0.01 | 0.00 |
| -5.50 | -1.58 | 6.66 | 0.14 | -1.23 | 5.05 | 0.00 |
| -6.00 | 0.00 | 6.76 | 3.52 | -0.00 | 12.09 | 0.00 |
| -6.30 | 0.00 | 6.81 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.14<br>Cota: -1.00 m | 6.81<br>Cota: -6.30 m | 3.52<br>Cota: -6.00 m | 1.42<br>Cota: -1.00 m | 12.09<br>Cota: -6.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -3.14<br>Cota: -4.25 m | -0.00<br>Cota: 0.00 m | -2.21<br>Cota: -1.25 m | -1.26<br>Cota: -5.25 m | 0.00<br>Cota: -2.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |

## *FASE 4: SERVICIO*

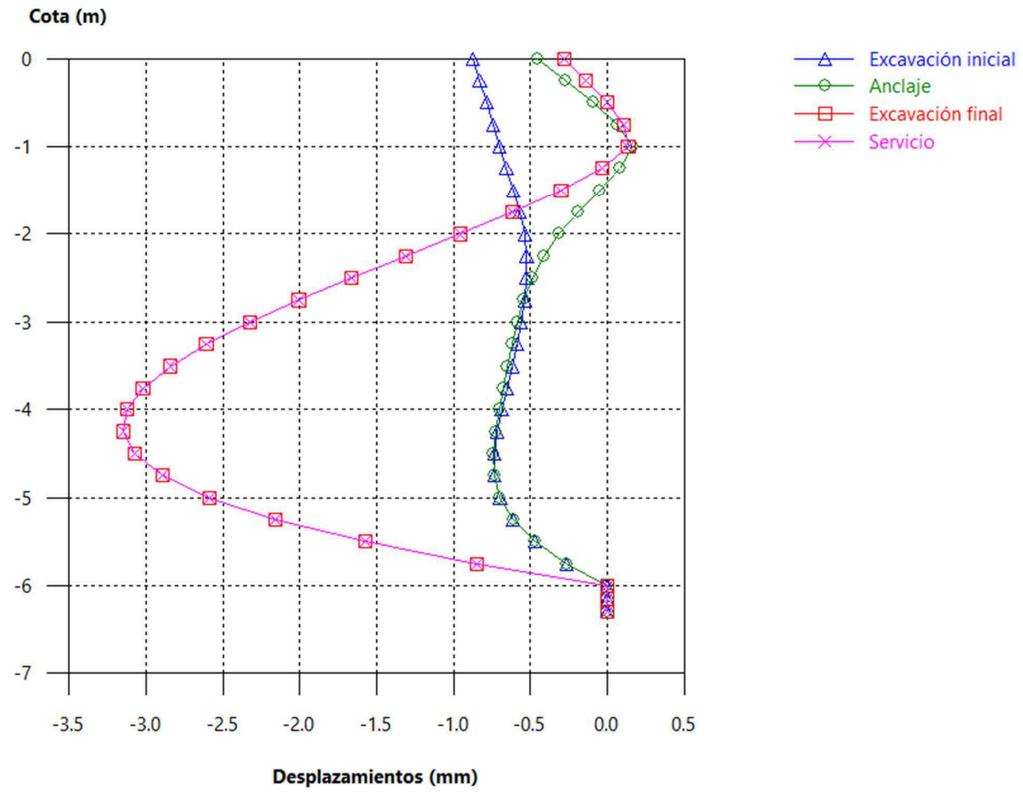
### *BÁSICA*

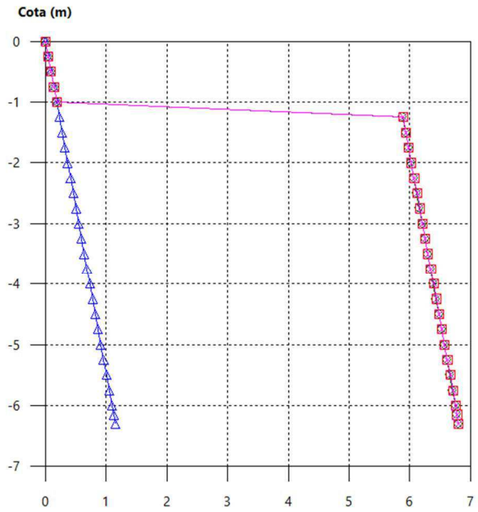
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -0.28 | -0.00 | 0.30 | 0.00 | 2.37 | 0.00 |
| -0.50 | -0.00 | 0.09 | 0.99 | 0.32 | 3.14 | 0.00 |
| -1.00 | 0.14 | 0.19 | 2.62 | 1.42 | 3.34 | 0.00 |
| -1.50 | -0.30 | 5.94 | -1.50 | 0.49 | 2.24 | 0.00 |
| -2.00 | -0.96 | 6.03 | -0.57 | 0.11 | 0.61 | 0.00 |
| -2.50 | -1.66 | 6.12 | -0.42 | -0.10 | 0.00 | 0.00 |

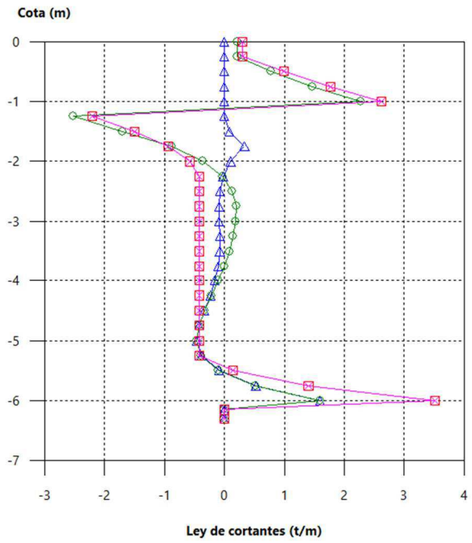


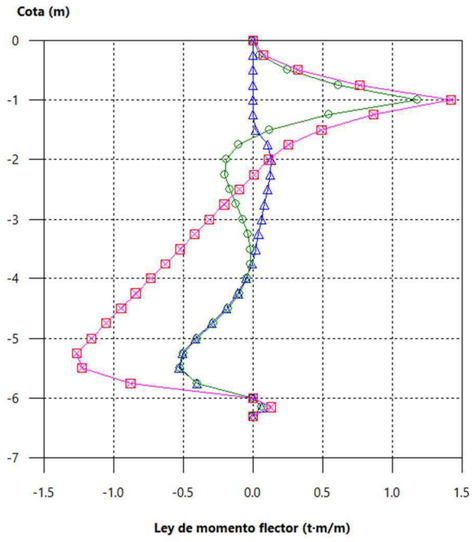


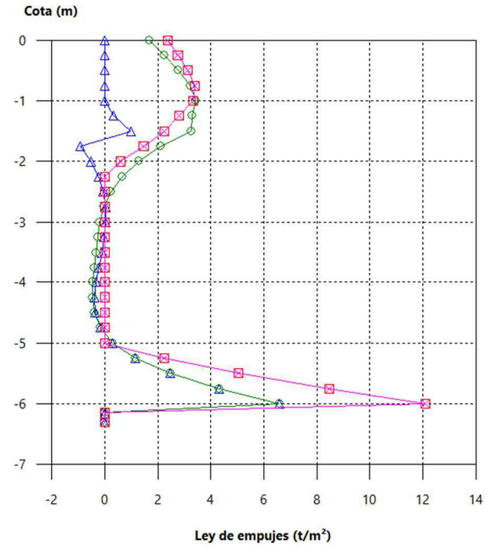
| Cota (m) | Desplazamientos (mm) | Ley de axiles (t/m) | Ley de cortantes (t/m) | Ley de momento flector (t·m/m) | Ley de empujes (t/m²) | Presión hidrostática (t/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -3.00 | -2.32 | 6.21 | -0.42 | -0.31 | 0.00 | 0.00 |
| -3.50 | -2.84 | 6.30 | -0.42 | -0.52 | 0.00 | 0.00 |
| -4.00 | -3.12 | 6.39 | -0.42 | -0.74 | 0.00 | 0.00 |
| -4.50 | -3.07 | 6.48 | -0.42 | -0.95 | 0.00 | 0.00 |
| -5.00 | -2.59 | 6.57 | -0.42 | -1.16 | 0.01 | 0.00 |
| -5.50 | -1.58 | 6.66 | 0.14 | -1.23 | 5.05 | 0.00 |
| -6.00 | 0.00 | 6.76 | 3.52 | 0.00 | 12.09 | 0.00 |
| -6.30 | 0.00 | 6.81 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Máximos | 0.14<br>Cota: -1.00 m | 6.81<br>Cota: -6.30 m | 3.52<br>Cota: -6.00 m | 1.42<br>Cota: -1.00 m | 12.09<br>Cota: -6.00 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |
| Mínimos | -3.14<br>Cota: -4.25 m | -0.00<br>Cota: 0.00 m | -2.21<br>Cota: -1.25 m | -1.26<br>Cota: -5.25 m | 0.00<br>Cota: -2.25 m | 0.00<br>Cota: 0.00 m |






## 12. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

### Anclajes activos

| Cota: -1.00 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Anclaje | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.00 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.00 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.14 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 5.66 t/m |





| Cota: -1.00 m | |
|---|---|
| Fase | Resultado |
| Excavación final | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.02 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.01 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.16 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 5.66 t/m |
| Servicio | Carga puntual (En la dirección del anclaje): 20.02 t<br>Carga lineal (En la dirección del anclaje): 8.01 t/m<br>Carga puntual (En proyección horizontal): 14.16 t<br>Carga lineal (En proyección horizontal): 5.66 t/m |

**P.C. DE LA BICIPISTA DEL IBAIZABAL. TRAMO ERLETXE-BOROA**
MURO 13 - PANTALLA DE MICROPILOTES
**Según la Guia para el diseño y la ejecución de anclajes del Ministerio de Fomento**

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Características de los Anclajes | |
|---|---|
| Duración de los Anclajes | Permanente |
| Coeficiente de mayoración de acciones $F_1$ | 1,50 |
| Tipo de Barra | DW |
| Límite elástico del acero $f_{yk}$ (Kp/cm²) | 9.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,15 |
| Límite de rotura del acero $f_{pk}$ (Kp/cm²) | 10.500 |
| Coeficiente de seguridad para $f_{pk}$ | 1,30 |
| Módulo Elasticidad del acero (Kp/cm²) | 2.100.000 |
| Adherencia Límite bulbo-terreno (Kp/cm²) | 7,00 |
| Coef seguridad arrancamiento del bulbo $F_3$ | 1,65 |

| Comprobación de Anclajes | Longitud del Bulbo |
|---|---|
| $P_{adm} \leq \begin{cases} \frac{A_T \times f_{yk}}{\gamma_{fyk}} \\ \frac{A_T \times f_{pk}}{\gamma_{fpk}} \end{cases}$<br>$P_{Nd} = P_N \times F_1$<br>$P_{Nd} \leq P_{adm}$ | $a_{adm} = \frac{a_{lim}}{F_3}$<br>$L_{bulbo} \geq \frac{P_{Nd}}{\pi \times \varphi_N \times a_{adm}}$ |

**Dimensionamiento de Anclajes**

| Fila | Cota (m) | ϕ (mm) | Área $A_T$ (cm²) | $P_{adm}$ (Mp) | Separación Anclajes (m) | Inclinación α (°) | $\phi_{N\ bulbo}$ (mm) | Longitud mín (m) $L_{libre}$ | $L_{bulbo}$ mín | $L_{total\,mín}$ | Rigidez (Mp/m) | $P_{tesado}$ (Mp) | $P_N$ (Mp) | $P_{N\,d}$ (Mp) | Situación Anclaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | -1,00 | 25 | 4,91 | 39,6 | 2,0 | 45 | 85 | 4 | 3,2 | 7,2 | 2577 | 20,0 | 24,0 | 36,0 | Correcto |

Levenda:
$P_{adm}$: Carga admisible del anclaje.
$P_{tesado}$: Carga de tesado inicial.
$P_N$ horiz: Componente horizontal de la carga nominal.
$P_N$: Carga nominal.
$P_{N\,d}$: Carga nominal mayorada.

## 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro 13 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650)

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: | | |
| - Hipótesis básica. Excavación inicial: | | No procede(1) |
| - Anclaje: | | No procede(2) |
| - Excavación final: | | No procede(2) |
| - Servicio: | | No procede(2) |

| Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro 13 (Bicipista Boroa. Muro 10. Seccion 650) | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| *(1) El empuje activo en el trasdós no se moviliza o no produce momentos desequilibrantes.*<br>*(2) Existe más de un apoyo.* | | |
| Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:<br>Hipótesis básica:<br>- Excavación inicial:<br>*Valor introducido por el usuario.*<br>- Anclaje:<br>*Valor introducido por el usuario.*<br>- Excavación final:<br>- Servicio:<br>*(1) No se ha movilizado el empuje pasivo en el intradós.* | <br><br><br>Mínimo: 1.67<br>Calculado: 11.31<br><br>Mínimo: 1.67<br>Calculado: 11.627 | <br><br><br>Cumple<br><br>Cumple<br>No procede(1)<br>No procede(1) |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

**Empotramiento de micropilotes en roca**

**Cálculo de empotramiento de micropilotes**

$$N_d \leq \frac{1}{F} \cdot \left[ \sum_i (2 \cdot \pi \cdot R_m) \cdot L_i \cdot \tau_i + \sigma_R \cdot \pi \cdot R_t^2 \right]$$

| Características de los micropilotes | |
|---|---|
| Diámetro exterior $\phi_{ext}$ (cm) | |
| Micropilote | 20,00 |
| Armadura de tubo | 11,40 |
| Perímetro micro ($2\pi R_m$) | 62,8 |
| Área total tubo ($\pi R_t^2$) | 102,1 |
| Carga en micro $N_s$ (Mp/m) - CYPE | 6,8 |
| N° de micros pml | 2,0 |
| Carga en micro $N_d$ (Mp) | 5,4 |
| **Parámetros resistentes estimados del terreno (Kp/cm²)** | |
| Punta en roca $\sigma_R$ | 14,0 |
| Deslizamiento en roca $\tau_R$ | 3,0 |
| Deslizamiento en suelos $\tau_S$ | 0,0 |
| **Empotramiento en el terreno L (m)** | |
| En suelos | 0,0 |
| En roca | 1,0 |
| **Contribución a la resistencia (Mp)** | |
| Por punta en roca | 0,5 |
| Por fuste en roca | 6,3 |
| **TOTAL** | **6,76 Cumple** |

Leyenda:
F: Coeficiente de seguridad (F=3)





# 14. VIGA DE REPARTO DE ANCLAJES

**VIGA DE REPARTO**
**DIMENSIONAMIENTO SECCIÓN CRÍTICA ELU**

Carga repartida **q=** 8 t/m
Separación entre anclajes **L=** 2,5 m

Esfuerzos **$M = qL^2/10$ =** 5 mt **Md =** 7,5 mt

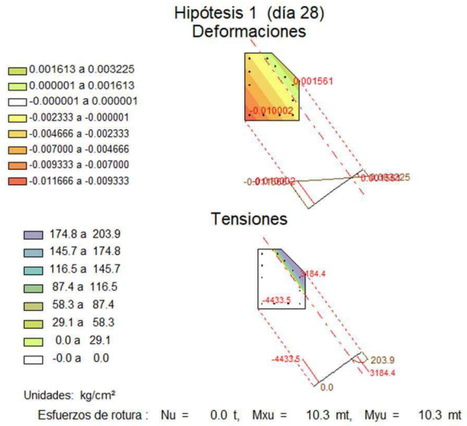
**$V = 1{,}15qL/2$ =** 11,5 t **Vd =** 17,25 t

Inclinación del anclaje:

**α (°)=** 45

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Esfuerzos verticales | **Md =** | **5,30 mt** | **Vd =** | **12,20 t** |
| Esfuerzos horizontales | **Md =** | **5,30 mt** | **Vd =** | **12,20 t** |

| | Esfuerzos totales de cálculo | | | Esfuerzos de rotura | | | F.S. | Figura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_d$ (t) | $M_{xd}$ (mt) | $M_{yd}$ (mt) | $N_u$ (t) | $M_{xu}$ (mt) | $M_{yu}$ (mt) | | |
| Hipótesis 1 | 0.0 | 5.3 | 5.3 | 0.0 | 10.3 | 10.3 | 1000.00 | Mostrar |
| Hipótesis 2 | 0.0 | -5.3 | -5.3 | 0.0 | -12.9 | -12.9 | 1000.00 | Mostrar |




## Cálculo a cortante de secciones rectangulares.
## Según el Código Estructural.

**Bicipista Erletxe Boroa. Viga de reparto muro 13**

**Datos**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Hormigón* | $f_{ck}$ = | 30 N/mm² | $\gamma_c$ = 1,15 | $f_{cd}$ = | 20 N/mm² | |
| *Acero* | $f_y$ = | 500 N/mm² | $\gamma_s$ = 1,15 | $f_{yd}$ = | 435 N/mm² | |
| *Sección* | Anchura $b_w$ | 0,300 m | Recubrimiento | 0,040 m | | |
| | Canto | 0,450 m | Canto útil d | 0,410 m | | |

*Armadura de tracción* $A_{sl}$ 8,04 cm²

*Axil de compresión* $N_{Ed}$ 0,00 t

**Resistencia a cortante sin armadura de cortante**

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}]b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1\sigma_{cp})b_w d$$

$k$ = 1,70 $\quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ con $d$ en $mm$

$\rho_l$ = 0,0065 $\quad \rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0{,}02$

$\sigma_{cp}$ = 0 N/mm² $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ [N/mm²]

$C_{Rd,c}$ = 0,12 $\quad C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_C$

$k_1 = 0{,}15.$

$v_{min}$ = 0,424 N/mm² $\quad v_{min} = 0{,}035\, k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c}$ = 67.597 N **6,76 t**





**Resistencia con armadura de cortante perpendicular ($V_{Rd}$)**

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, \cot\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd}/(\cot\theta + \tan\theta)$$

$z$= 0,37 m $\quad \vartheta$= 45 ° $\quad \alpha_{cw}$ = 1

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $\quad \nu_1$ = 0,528

$V_{Rd,}$ 58,45 t

| *Armadura de cortante* | | | | | | $V_{Rd,s}$ (t) | $V_{Rd}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | ϕ | 12 | cada | 0,2 m | 11,30 cm²/m | 18,14 | **18,14** |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |
| | ϕ | | cada | m | cm²/m | | |

**Comprobación del E.L.U a esfuerzo rasante según CE**

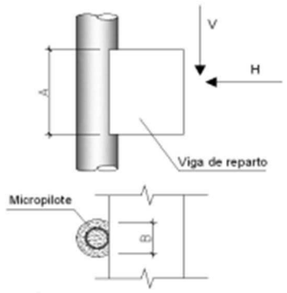
$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Rdi} = cf_{ctd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha) \leq 0{,}5\nu f_{cd}$$

$$\rho = A_s/A_i \qquad \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

| Materiales | | |
|---|---|---|
| **Hormigón** | | **HA-30** |
| $f_{ck}$ = | 30 | N/mm² |
| $f_{cd}$ = | 20,00 | N/mm² |
| $f_{ctk0,05}$ = | 2,03 | N/mm² |
| $f_{ctd}$ = | 1,35 | N/mm² |
| **Acero** | | **B 500 S** |
| $f_{yk}$ = | 500 | N/mm² |
| $f_{yd}$ = | 434,78 | N/mm² |
| **Inclinación de la armadura** | | |
| $\alpha$ = | 90 | ° |

| Entrada de datos | | | |
|---|---|---|---|
| Carga en anclaje | | 20 | Mp |
| Inclinación anclajes (α) | | 45 | º |
| Carga proy. Horizontal (H) | | 14,14 | Mp |
| Carga proy. Vertical (V) | | 14,14 | Mp |
| nº de micros por anclaje | | 5 | |
| Dimensiones | A | 0,50 | m |
| | B | 0,2 | m |
| Superficie de contacto (Ai) | | 0,50 | m² |
| Rugosidad | | lisa | |
| | | $c$ = 0,2 | |
| | | $\mu$ = 0,6 | |




| Resultados | | |
|---|---|---|
| $v_{Edi}$ = | 0,42 | N/mm² |
| $\nu$ = | 0,528 | |
| $0{,}5\ \nu f_{cd}$ = | 5,28 | N/mm² |
| $c f_{ctd}$ = | **0,27** | N/mm² |
| $\sigma_n$ = | 0,28 | N/mm² |
| $\mu\sigma_n$ = | **0,17** | N/mm² |
| **Armadura dispuesta** | | |
| Horquilla $\phi$ | 12 | |
| en | 2 | micros |
| $A_s$ = | 4,52 | cm² |
| $\rho$ = | 0,0009 | |
| $\rho f_{yd}(\mu sen\alpha + cos\alpha)$ = | **0,24** | N/mm² |
| $v_{Rdi}$ = | **0,68** | N/mm² |
| **Cumple** | | |

# Durmiente para valla madera y/o farola

**ÍNDICE**

**1. INTRODUCCIÓN** 2

**2. NORMAS CONSIDERADAS Y MATERIALES** 2

**3. GEOMETRÍA Y MODELO DE CÁLCULO** 2

**4. ACCIONES CONSIDERADAS** 3

**5. COMBINACIONES** 5

**6. COMPROBACIÓN DE ESTABILIDAD** 8

**7. RESULTADOS** 9



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.14. NOTA DE CÁLCULO DURMIENTE
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

# 1. INTRODUCCIÓN

En la presente nota de cálculo se recoge el dimensionamiento y cálculo estructural del durmiente que posibilita la implantación de la barandilla de madera y/o farola cada 27’5 m, que se dispone tanto sobre los muros de escollera, como sobre los muros de hormigón armado.

# 2. NORMAS CONSIDERADAS Y MATERIALES

Normas:

- Código Estructural
- CTE DB SE-A

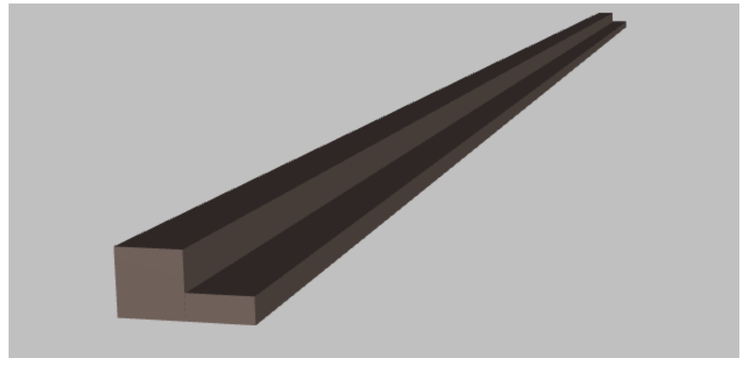
Materiales:

- Hormigón HA-30/20/B/XC2; Yc=1.5.
- Acero de barras: B 500 s; Yc=1.15.

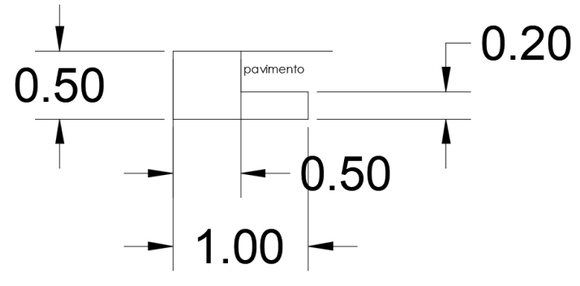
Recubrimiento: 3,5 cm.

# 3. GEOMETRÍA Y MODELO DE CÁLCULO

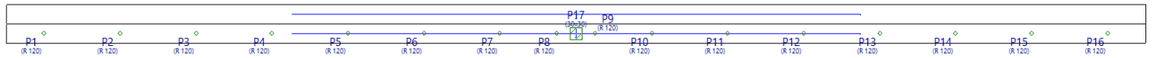
La viga sobre la que se implanta la barandilla y/o la farola TP-60 (a disponer cada 27,5 m) debe tener como mínimo un ancho de 50 cm y un canto de 50 cm, debido a las dimensiones necesarias para la cimentación de la farola. Para ello se ha realizado el cálculo de un tramo de durmiente de 30 m de longitud, con una viga de 0,50 x 0,50 m y una losa de 0,20 m de canto y 0,50 m de longitud.



Sobre la losa del durmiente descansará un espesor de 30 cm de pavimento, que consiste en 25 cm de zahorra artificial y 5 cm de capa de rodadura AC-8 SURF D.




En el modelo de cálculo los postes de la barandilla se disponen cada 2 m, salvo los dos más próximos a la farola que están distanciados 1,5 m.




| Grupo | Losas cimentación | Canto (cm) | Módulo balasto (t/m³) | Tensión admisible en situaciones persistentes (kp/cm²) | Tensión admisible en situaciones accidentales (kp/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cimentación | L1 | 20 | 100.000.00 | 2.00 | 3.00 |

## 4. ACCIONES CONSIDERADAS

Además del peso propio del durmiente, se tiene en cuenta la carga muerta debida al pavimento y una posible sobrecarga de tráfico gravitando sobre la losa.

Sobre la viga del durmiente se aplica una carga lineal debida al peso de la barandilla.

Además, en la base de cada poste se aplica una sobrecarga asociada a la fuerza de impacto que puedan transmitir estos postes al durmiente. En la zona donde se localiza la farola, a parte de la carga asociada al peso propio de la misma, se aplican las cargas asociadas a la acción del viento.

**Hipótesis de carga**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Automáticas | Peso propio<br>Cargas muertas<br>Sobrecarga de uso | | |
| Adicionales | Referencia | Descripción | Naturaleza |
| | Q 1 | Cargas en Postes | Sobrecarga de uso |
| | V 1 | Viento en la Farola | Viento |
| | V 2 | Viento Farola | Viento |

**Cargas horizontales y en cabeza de pilares**

| Referencia pilar | Hipótesis | N (t) | Mx (t·m) | My (t·m) | Qx (t) | Qy (t) | T (t·m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P2 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P3 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P4 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P5 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P6 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P7 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P8 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P9 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P10 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P11 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P12 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P13 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P14 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P15 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P16 | Q 1 | 0.00 | 0.00 | -0.40 | 0.00 | -0.32 | 0.00 |
| P17 | V 1 | 0.00 | 0.00 | -0.52 | 0.00 | -0.11 | 0.00 |
| | V 2 | 0.00 | -0.52 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |



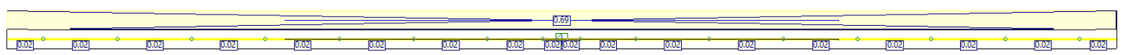


**Listado de cargas superficiales**

Cargas especiales introducidas (en t, t/m y t/m²)

| Grupo | Hipótesis | Tipo | Valor | Coordenadas |
|---|---|---|---|---|
| Cimentación | Peso propio | Puntual | 0.07 | (15.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (1.00,0.25) (3.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (3.00,0.25) (5.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (5.00,0.25) (7.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (7.00,0.25) (9.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (9.00,0.25) (11.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (11.00,0.25) (13.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (13.00,0.25) (14.50,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (15.50,0.25) (17.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (17.00,0.25) (19.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (19.00,0.25) (21.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (21.00,0.25) (23.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (23.00,0.25) (25.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (25.00,0.25) (27.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (27.00,0.25) (29.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (15.00,0.25) (14.50,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (15.50,0.25) (15.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (1.00,0.25) (0.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Lineal | 0.02 | (29.00,0.25) (30.00,0.25) |
| | Cargas muertas | Superficial | 0.69 | (0.00,1.00) (0.00,0.50) (30.00,0.50) (30.00,1.00) |
| | Sobrecarga de uso | Superficial | 1.00 | (0.00,1.00) (0.00,0.50) (30.00,0.50) (30.00,1.00) |

CARGAS MUERTAS



SOBRECARGA DE USO



## 5. COMBINACIONES

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

**- Con coeficientes de combinación**

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

**- Sin coeficientes de combinación**

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

- Donde:

$G_k$ Acción permanente
$P_k$ Acción de pretensado
$Q_k$ Acción variable
$\gamma_G$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
$\gamma_P$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

## Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) y coeficientes de combinación ($\psi$)

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

**E.L.U. de rotura. Hormigón: Código Estructural / CTE DB-SE C**

| Persistente o transitoria | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.350 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.700 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.500 | 1.000 | 0.600 |

**Tensiones sobre el terreno y Desplazamientos**

| Característica | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Coeficientes parciales de seguridad ($\gamma$) | | Coeficientes de combinación ($\psi$) | |
| | Favorable | Desfavorable | Principal ($\psi_p$) | Acompañamiento ($\psi_a$) |
| Carga permanente (G) | 1.000 | 1.000 | - | - |
| Sobrecarga (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Viento (Q) | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |





## Combinaciones

**■ Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio
CM Cargas muertas
Qa Sobrecarga de uso
Q 1 Cargas en Postes
V 1 Viento en la Farola
V 2 Viento Farola

**■ E.L.U. de rotura. Hormigón**

| Comb. | PP | CM | Qa | Q 1 | V 1 | V 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | |
| 2 | 1.350 | 1.350 | | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | |
| 4 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | |
| 6 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 1.500 | | |
| 8 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | 1.500 | | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | | 1.500 | |
| 10 | 1.350 | 1.350 | | | 1.500 | |
| 11 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | | 1.500 | |
| 12 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | | 1.500 | |
| 13 | 1.000 | 1.000 | | 1.050 | 1.500 | |
| 14 | 1.350 | 1.350 | | 1.050 | 1.500 | |
| 15 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | 1.050 | 1.500 | |
| 16 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | 1.050 | 1.500 | |
| 17 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | 0.900 | |
| 18 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | 0.900 | |
| 19 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | 0.900 | |
| 20 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | 0.900 | |
| 21 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 1.500 | 0.900 | |
| 22 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | 1.500 | 0.900 | |
| 23 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.500 |
| 24 | 1.350 | 1.350 | | | | 1.500 |
| 25 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | | | 1.500 |
| 26 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | | | 1.500 |
| 27 | 1.000 | 1.000 | | 1.050 | | 1.500 |
| 28 | 1.350 | 1.350 | | 1.050 | | 1.500 |
| 29 | 1.000 | 1.000 | 1.050 | 1.050 | | 1.500 |
| 30 | 1.350 | 1.350 | 1.050 | 1.050 | | 1.500 |
| 31 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | | | 0.900 |
| 32 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | | | 0.900 |
| 33 | 1.000 | 1.000 | | 1.500 | | 0.900 |
| 34 | 1.350 | 1.350 | | 1.500 | | 0.900 |
| 35 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 1.500 | | 0.900 |
| 36 | 1.350 | 1.350 | 1.500 | 1.500 | | 0.900 |

■ **Tensiones sobre el terreno y desplazamientos**

| Comb. | PP | CM | Qa | Q 1 | V 1 | V 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.000 | 1.000 | | | | |
| 2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | |
| 3 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | |
| 4 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | |
| 5 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 | |
| 6 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | |
| 7 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | 1.000 | |
| 8 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | |
| 9 | 1.000 | 1.000 | | | | 1.000 |
| 10 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | | 1.000 |
| 11 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 |
| 12 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | 1.000 |





# 6. COMPROBACIÓN DE ESTABILIDAD

**Datos de partida**

| Geometría del durmiente (m) | |
|---|---|
| Longitud del durmiente L | 1,00 |
| Canto del durmiente c | 0,20 |
| Canto de viga B | 0,50 |
| Anchura de viga A | 0,50 |
| Espesor de pavimento e | 0,30 |
| Distancia entre juntas D | 30,0 |

| Parámetros de cálculo | |
|---|---|
| Densidad pavimento (Mp/m$^3$) | 2,30 |
| Densidad terreno (Mp/m$^3$) | 2,00 |
| Densidad hormigón (Mp/m$^3$) | 2,50 |
| Coeficiente de empuje $K_a$ | 0,33 |
| Sobrecarga tráfico q (Mp/m$^2$) | 0,50 |
| Peso pretil (Mp/ml) | 0,05 |
| Rozamiento en la base $tg\phi_r$ | 0,58 |

**Cálculo de Estabilidad a Deslizamiento**

| Fuerzas verticales (Mp) | |
|---|---|
| Peso losa durmiente $P_{losa}$ | 15,00 |
| Peso resalto viga $P_{viga}$ | 11,25 |
| Peso pavimento $P_{pav}$ | 10,35 |
| Peso vehículo $P_{vh}$ | 0,00 |
| Peso pretil $P_{pret}$ | 1,50 |
| Impacto vertical V | 0,00 |

| Fuerzas horizontales (Mp) | |
|---|---|
| Empuje de tierras $E_t$ | 2,50 |
| Empuje de sc $E_{sc}$ | 2,50 |
| Impacto horizontal H | 4,80 |

**Coeficiente de seguridad a deslizamiento**

**2,24 > 1,50 Cumple**

$$CS = \frac{E_{fav} + N * \tan(\delta)}{E_{desfav}}$$

**Cálculo de Estabilidad a Vuelco**

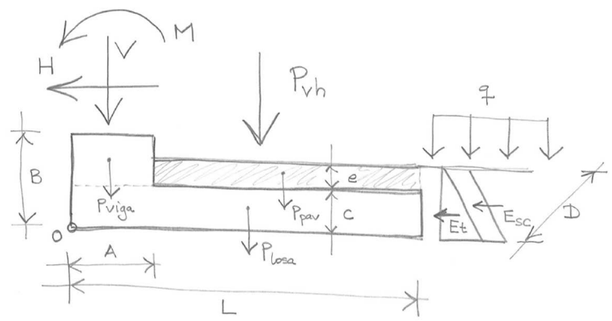
| Momentos fuerzas verticales (Mp.m) | |
|---|---|
| Peso losa durmiente $P_{losa}$ | 7,50 |
| Peso resalto viga $P_{viga}$ | 2,81 |
| Peso pavimento $P_{pav}$ | 7,76 |
| Peso vehículo $P_{vh}$ | 0,00 |
| Peso pretil $P_{pret}$ | 0,38 |
| Impacto vertical V | 0,00 |

| Momento fuerzas horizontales (Mp.m) | |
|---|---|
| Empuje de tierras $E_t$ | 0,42 |
| Empuje de sc $E_{sc}$ | 0,62 |
| Impacto horizontal H | 2,40 |
| Momento impacto M | 5,76 |

**Coeficiente de seguridad a vuelco**

**2,01 > 1,80 Cumple**

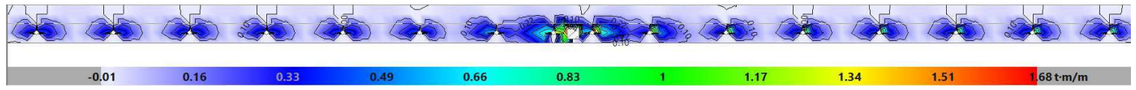
$$CS = \frac{\sum M_{fav}}{\sum M_{desfav}}$$



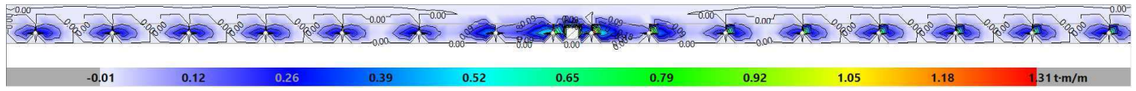
# 7. RESULTADOS

## Esfuerzos de dimensionamiento en situaciones persistentes o transitorias

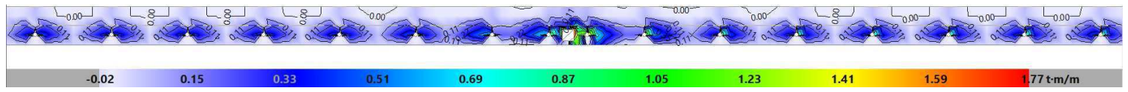
Mx Inferior (Tn m/m)



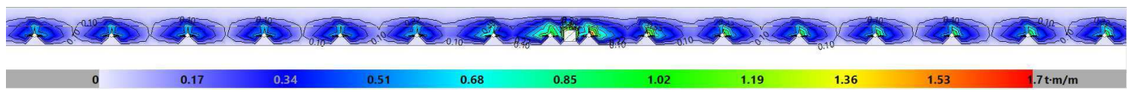

My Inferior (Tn m/m)



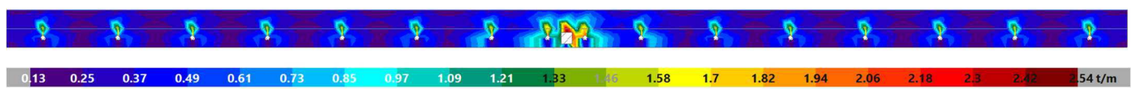

Mx Superior (Tn m/m)




My Superior (Tn m/m)

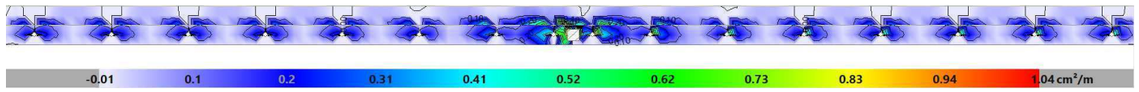



Cortante Total (Tn/m)

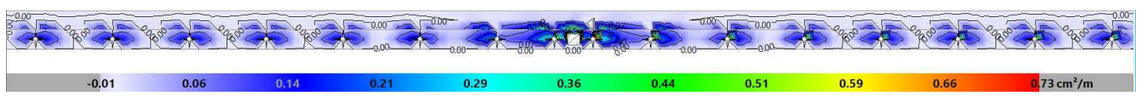



### Cuantías de armadura necesaria

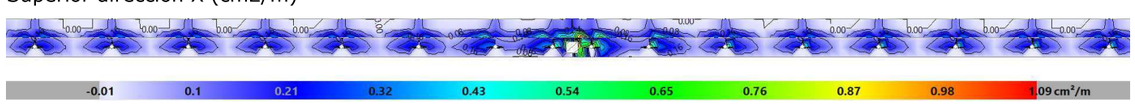
Inferior dirección X (cm2/m)



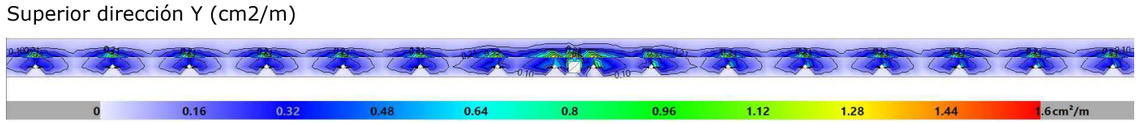

Inferior dirección Y (cm2/m)




Superior dirección X (cm2/m)




Superior dirección Y (cm2/m)

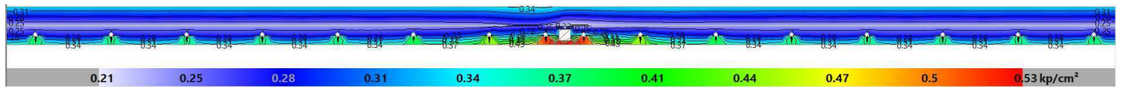



| | Viga (50 cm de espesor) | Losa (20 cm de espesor) |
|---|---|---|
| **Longitudinal inferior** | Φ12c/0.15 | Φ12c/0.15 |
| **Longitudinal superior** | Φ12c/0.15 | Φ12c/0.15 |
| **Transversal inferior** | Φ12c/0.15 | Φ12c/0.15 |
| **Transversal superior** | Φ12c/0.15 | Φ12c/0.15 |



APÉNDICE 8.4. NOTA DE CÁLCULO MUROS
8.4.14. NOTA DE CÁLCULO DURMIENTE
P.C. de la Bicipista del Ibaizabal. Tramo: Erletxe - Boroa Julio 2.023

### Tensiones trasmitidas al terreno de apoyo




### Despegue

