ESPACIO PARA CELEBRACION DE EVENTOS Y ESPECTACULOS FESTIVOS EN SG-EL-05.

PARCELA 52 POLÍGONO 1 ALLO

PROYECTO **OCTUBRE 2024**

ARQUITECTOS

MIGUEL A. CASADO LARRASOAIN
ALICIA SANZ DE ACEDO PEREZ
MARTÍN SANZ DE ACEDO PEREZ
PABLO SANZ DE ACEDO RUIZ
JOSE RAMÓN CORTES MORENO

PROMOTOR

AYUNTAMIENTO DE LA VILLA DE ALLO

MEMORIA

INDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. AGENTES
1.2. INFORMACIÓN PREVIA
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
1.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.
1.3.2. CUMPLIMIENTO DEL CTE Y OTRAS NORMATIVAS.
1.3.2.1. Código Técnico de la edificación.
1.3.2.2. Otras normativas específicas.
1.3.3. SUPERFICIES y AFORO.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1. SUSTENTACIÓN.
2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL.
2.3. SISTEMA ENVOLVENTE.
2.4. SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN.
2.5. SISTEMAS DE ACABADOS.
2.6. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES.

3. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO

3.1. DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL.
3.2. DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.
3.3. DB-SUA: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

4. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES

4.1. LF 12/2018 de Accesibilidad.
4.2. NBE NCSR-02 Norma de Construcción Sismorresistente.
4.3. CÓDIGO ESTRUCTURAL.
4.4. **ORDEN FORAL 374/2012 de 29 de mayo. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS ESPACIOS HABILITADOS PARA LA CELEBRACIÓN DE ESPECTÁCULOS TAURINOS POPULARES TRADICIONALES, CONCURSOS DE RECORTADORES Y CORRIDAS VASCOLANDESAS**
4.5. **RESOLUCION 201/2013 de 24 de julio. medidas provisionales en relación con la instalación de barreras perimetrales y burladeros en los espacios habilitados para la celebración. Y SU CORRECIÓN RESOLUCION 286/2013 de 11 de septiembre**
4.6. RD 1627/1997 Seguridad y Salud en las obras de construcción.

ANEJO 1. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

ANEJO 2. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.

ANEJO 3. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SUA: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN.

ANEJO 4. PROTOCOLO TÉCNICO DE MONTAJE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. AGENTES

Promotor:

AYUNTAMIENTO DE LA VILLA DE ALLO
Plaza de los Fueros, 7, Allo (Navarra) CP: 31262

Arquitectos. Autores del Proyecto:

Martín José Sanz de Acedo Pérez	N.I.F.	29.142.451-W	Colegiado COAVN Nº	1755
Alicia Sanz de Acedo Pérez	N.I.F.	18.199.783-K	Colegiado COAVN Nº	1595
José Ramón Cortés Moreno	N.I.F.	44.611.075-E	Colegiado COAVN Nº	2914
Pablo Sanz de Acedo Ruiz	N.I.F.	18.198.377-H	Colegiado COAVN Nº	1556
Miguel Ángel Casado Larrasoain	N.I.F.	72.664.521-T	Colegiado COAVN Nº	1663

Domicilio en calle María de Maeztu 8, bajo, accesorio, de Estella-Lizarra, Navarra. CP 31200.
Tfno: 948-546756
e-mail: estudio@smascarquitectura.com

Colaboradores en cálculo de estructuras y cumplimiento del código estructural con: North Division Ingeniería:
Javier Landa Castillejo, Ingeniero Industrial. NIF.52.447.148H. Colegiado COIIN nº 1.119

Estudio de Seguridad y Salud. Autor y Coordinador durante la elaboración de Proyecto y Coordinador durante la obra:

Estudio de Seguridad y Salud. Autor y Coordinador durante la elaboración de Proyecto.
Los mismos arquitectos autores del Proyecto.

Coordinador de Seguridad y Salud durante el primer montaje.
Será definida por el Promotor con anterioridad al comienzo de la ejecución de las obras.

1.2. INFORMACIÓN PREVIA

Antecedentes y emplazamiento.

Se recibe por parte del promotor el encargo para la redacción de un proyecto para diseñar un espacio para la celebración de eventos y espectáculos festivos en la parcela 52, polígono 1 de Allo, Sistema General de Espacios Libres SG-EL-05.
Se trata de diseñar un graderío desmontable al aire libre, con carácter temporal y no permanente. Se montará y desmontará cada año durante las fiestas patronales de la localidad de Allo. Un espacio que permita la celebración de actos tradicionales, espectáculos culturales sociales, deportivos o similares. Entre ellos espectáculos taurinos populares tradicionales, concursos de recortadores y corridas vascolandesas. Este último uso precisa, además del graderío, de un ruedo y un espacio de protección, callejón. Siendo este uso el más complejo, se centra en él la justificación de este documento. El graderío se diseña para cumplir las exigencias de un espacio de pública concurrencia.
El graderío se levanta alrededor de una barrera o ruedo, también de carácter no permanente, creando un callejón alrededor del ruedo. El graderío queda elevado sobre la cota del callejón. Así mismo permitirá la conexión del ruedo con los chiqueros que ya dispone el Ayuntamiento.
El recinto habilitado para estos festejos se ubicará en la parcela 52, del polígono 1 de Allo, en la explanada junto al edificio de la antigua Harinera. La parte de parcela en la que se ubicará forma parte del espacio público, está limitada por la calle Obizcal, calle José Garraza y el propio edificio de la Harinera.

Este espacio está formado por una estructura desmontable y trasladable, a partir de elementos metálicos y de madera, con la adecuada solidez para albergar la celebración de los espectáculos a los que se destina. La estructura principal de gradas destinadas al público está formada por cerchas metálicas arriostradas entre sí y delimitadoras del espacio destinado al ruedo. Las gradas forman una “U” de tres lados, el cuarto lado lo completa el edificio de la Harinera. Los asientos de dichas gradas tienen acabado de tablero antideslizante. Barrera y contrabarrera se ejecutan con elementos de madera y postes metálicos en contrabarrera y postes de madera en la barrera, delimitando un callejón de anchura superior a 1,35 m entre ellas. La barrera delimita un ruedo rectangular, con las esquinas poligonales. Barandillas, rampa y escaleras de acceso en estructura metálica, completan el espacio.

Entorno físico y estado actual.

El espacio objeto de diseño se sitúa sobre la parcela 52, polígono 1 de Allo, Sistema General de Espacios Libres SG-EL-05.
La parcela sobre la que se instalará el graderío objeto de este proyecto se encuentra en este momento con un acabado de todo uno compactado, estando prevista su urbanización o pavimentación previamente a su montaje. Se determinarán en este proyecto las condiciones mínimas de la solera de hormigón de solado para soportar y repartir las cargas de esta estructura no permanente, que deberán recogerse en el correspondiente proyecto de urbanización. Dicho proyecto ejecutará también las arquetas necesarias para los postes del ruedo, y que se definen en el presente documento.

Las rasantes de la parcela se han obtenido mediante un estudio topográfico.

Situación urbanística.

La Normativa Urbanística de aplicación es el Plan General Municipal de Allo.
El espacio en el que se ubica el recinto se engloba dentro del Sistema General de Espacios Libres, de acuerdo a lo grafíado en este planeamiento en los planos ***O.2.3***, *Estructura General Orgánico Funcional del Territorio y Urbanística y* ***O.2.1****, Sectores Espaciales y Usos Globales.*
Es una parcela de propiedad municipal destinada a Espacio libre en el que, por tanto, puede ubicarse este recinto de carácter eventual promovido por el propio Ayuntamiento.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.

Descripción General.

Como ya se ha indicado el recinto objeto de este documento, es un diseñar un espacio para la celebración de eventos y espectáculos festivos en la parcela 52, polígono 1 de Allo, Sistema General de Espacios Libres SG-EL-05. Tendrá con carácter eventual, no permanente, para instalar de forma transitoria durante las fiestas del municipio.

Se trata de diseñar un graderío desmontable al aire libre, con carácter temporal y no permanente. Como ya se ha indicado, se montará y desmontará cada año durante las fiestas patronales de la localidad de Allo. Un espacio que permita la celebración de actos tradicionales, espectáculos culturales sociales, deportivos o similares. Entre ellos espectáculos taurinos populares tradicionales, concursos de recortadores y corridas vascolandesas. Este último uso precisa, además del graderío, de un ruedo y un espacio de protección, callejón. Siendo este uso el más complejo, se centra en él la justificación de este documento. El graderío se diseña para cumplir las exigencias de un espacio de pública concurrencia.
Por tanto, el graderío se levanta alrededor de una barrera o ruedo, también de carácter no permanente, creando un callejón alrededor del ruedo. El graderío queda elevado sobre la cota del callejón. Así mismo permitirá la conexión del ruedo con los chiqueros que ya dispone el Ayuntamiento. De esta forma el espacio permite la celebración de diversos espectáculos festivos, permitiendo adaptarse a los diversos usos instalando sólo el graderío, o graderío y ruedo.

Es una estructura desmontable y trasladable a partir de elementos metálicos y de madera. La estructura principal de gradas destinadas al público, está formada por cerchas metálicas arriostradas entre sí y delimitadoras del espacio destinado al ruedo. Las gradas forman una “U” de tres lados, el cuarto lado lo completa el edificio de la Harinera. Los asientos de dichas gradas tienen acabado de tablero antideslizante. Barrera y contrabarrera se ejecutan con elementos de madera y postes metálicos, delimitando un callejón de anchura superior a 1,35 m entre ambas. La barrera delimita un ruedo rectangular, con las esquinas en doble chaflán. Barandillas, rampa y escaleras de acceso a las gradas en estructura metálica. El graderío está formado por cinco filas de asientos de 55 cm de fondo, siendo la superior de mayor anchura.

El recinto dispone de tres accesos peatonales, dos escaleras en los lados cortos y una rampa como itinerario accesible. Las escaleras acceden a la parte alta de las gradas para facilitar que los flujos de personas interfieran lo menos posible con el espectáculo. Esta ubicación permite mantener el arriostramiento de las cerchas estructurales y facilita la modulación para montaje y desmontaje. En la parte alta de las gradas se dispone un paso perimetral de 1 m de anchura, que da acceso a las localidades. El graderío disoné de seis pasos radiales, también de un metro de anchura. La rampa accede a la cota inferior de la grada inferior desde la calle José Garraza, hasta la zona en que se ubican las plazas accesibles.

Se instalarán unos aseos portátiles en el exterior de la plaza.

El recinto objeto de diseño en este documento técnico, ha de cumplir una serie de normativa general y sectorial que garantice el buen funcionamiento de la instalación en materia de seguridad estructural, higiene y funcionalidad.
Así pues, el documento recogerá el cumplimiento normativo exigible en este espacio de pública concurrencia, además del texto normativo de aplicación en Navarra, por el que se garantiza la integridad física de los participantes, de los espectadores, e incluso de las personas ajenas al espectáculo. Se justifica en el apartado CUMPLIMIENTO DE OTRAS NORMATIVAS, de este documento.

Uso característico.
Celebración de eventos y espectáculos festivos con carácter eventual.

1.3.2. CUMPLIMIENTO DEL CTE Y OTRAS NORMATIVAS

1.3.2.1. RD.314/2006. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El ámbito de aplicación que se establece con carácter general para el conjunto del CTE es, a su vez, el que se establece en la LOE, el cual contempla únicamente edificios de carácter permanente.
Por tanto, las estructuras provisionales tipo carpas, circos, etc. no están reglamentariamente dentro de dicho ámbito de aplicación, lo cual, por otra parte, no prohíbe que se les aplique en aquello que pudiera ser aplicable.

- DB-SE: Es de aplicación. Su justificación se adjunta en CUMPLIMIENTO DEL CTE en el apartado Exigencias básicas de Seguridad Estructural.

- DB-SI **Aplicación del DB SI a estructuras provisionales**
El ámbito de aplicación que se establece con carácter general para el conjunto del CTE es, a su vez, el que se establece en la LOE, el cual contempla únicamente edificios de carácter permanente.
Por tanto, las estructuras provisionales tipo carpas, circos, etc. no están reglamentariamente dentro de dicho ámbito de aplicación.
Se aplica en este caso al dimensionado de los elementos de evacuación.

- DB-SUA: Es de aplicación en el presente proyecto. Su justificación se adjunta en CUMPLIMIENTO DEL CTE en el apartado Exigencias básicas de Seguridad de utilización y accesibilidad.

- DB-HE: No es de aplicación.

- DB-HS: No es de aplicación.

- DB-HR: No es de aplicación.

1.3.2.2. OTRAS NORMATIVAS ESPECÍFICAS

- LEY FORAL 12/2018, DE 14 DE JUNIO, SOBRE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

- NCSR-02. NORMA SISMORRESISTENTE.

- RD 470/2021. CÓDIGO ESTRUCTURAL.

- ORDEN FORAL 374/2012 de 29 de mayo. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS ESPACIOS HABILITADOS PARA LA CELEBRACIÓN DE ESPECTÁCULOS TAURINOS POPULARES TRADICIONALES, CONCURSOS DE RECORTADORES Y CORRIDAS VASCOLANDESAS.

- RESOLUCION 201/2013 de 24 de julio. MEDIDAS PROVISIONALES EN RELACIÓN CON LA INSTALACIÓN DE BARRERAS PERIMETRALES Y BURLADEROS EN LOS ESPACIOS HABILITADOS PARA LA CELEBRACIÓN. Y SU CORRECIÓN RESOLUCION 286/2013 de 11 de septiembre.

- RD. 1627/97 DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.

En el presente Proyecto no se ha podido verificar el cumplimiento de aquella Normativas específicas de titularidad privada no accesibles por medio de los Diarios Oficiales.

1.3.3. SUPERFIFICES Y AFORO.

Superficies.

Ruedo	725,27 m^2.
Callejón	164,09 m^2
Gradas	371,70 m^2
Superficie Total de ocupación	*1.332,60 m^2*

Aforo.

Para el cálculo de aforo se ha tenido en cuenta que las localidades son fijas, de asiento, distribuidas en filas de 55 cm de fondo y 50 cm de anchura.
Se ha dividido el graderío de 5 sectores, entre pasos radiales, indicados en la documentación gráfica, que servirán también para realizar el cálculo de las dimensiones de los medios de evacuación.

Sector 1	119 personas
Sector 2	227 personas
Sector 3	45 personas
Sector 4	242 personas
Sector 5	170 personas
Total Aforo	*803 personas*

En este aforo se incluyen 9 plazas accesibles en el sector 3.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1. SUSTENTACIÓN

No es objeto de estudio en este Proyecto, debido a que la instalación al ser desmontable, no tiene cimentación. La instalación se ubicará directamente sobre una solera de hormigón armado de 15 cm de espesor con un mallazo de la menos 15*15*6.

2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL.

La estructura está realizada a base de cerchas metálicas compuestos por perfiles de acero laminado de diferentes secciones. Estas cerchas se disponen repetidamente para configurar la estructura general. Se arriostran entre sí mediante cruces de San Andrés, para formar un cuerpo cierto.
Toda la estructura de sustentación de las gradas se encuentra unida a la estructura de protección de contrabarrera, la cual a su vez está formada por perfiles de acero laminado en frio de distintas secciones y elementos de tablero de madera. Toda la estructura una vez montada, forma un cuerpo único, que trabaja de forma homogénea ante sobrecargas de uso y empujes horizontales.
Horizontalmente, los entramados de las cerchas se unen mediante los asientos que estarán construidos mediante un marco de estructura metálica galvanizada en caliente y un tablero de madera.
El vallado y burladeros lo forman elementos verticales de madera unidos horizontalmente por tablas de madera. Los postes verticales se anclarán en arquetas de hormigón dejadas al efecto en la urbanización.
Los datos y las hipótesis de partida, bases de cálculo y procedimientos o métodos empleados para todo el sistema estructural, así como una definición más completa de los materiales que intervienen en la estructura se desarrollará y describirá en el capítulo, Cumplimiento del DB SE Seguridad Estructural del presente documento y en el Anejo de la Memoria de cálculo.
El cálculo estructural ha sido desarrollado por Javier Landa Castillejo, ingeniero industrial 1119 del COIIN, y visado por este colegio profesional.

2.3 SISTEMA ENVOLVENTE.

CERRAMIENTOS EXTERIORES:

Cerramientos exteriores de tablero tipo viroc o similar, acabado en color rojo, formado a base de paneles que encajan en el perfil vertical exterior de las cerchas. Colocados a modo de guillotina en “U” soldada a dicho perfil. Por cada módulo de cerramiento existen dos sub módulos que van apoyados uno sobre otro y encajados en la guía que ofrece el pilar hasta lograr la altura de cerramiento deseada. Se dejará una holgura inferior de 10 cm.

El cerramiento en las zonas en que no existe graderío se resuelve con carpintería metálica a base de perfiles de acero y chapa de acero. Los perfiles verticales de los extremos se anclarán en cajas metálicas dejadas al efecto en la urbanización.

2.4. SISTEMAS DE COMPARTIMENTACIÓN

DIVISIONES INTERIORES:
No hay divisiones interiores, debido a la inexistencia de locales o habitáculos bajo el graderío.

2.5. SISTEMAS DE ACABADOS.

SOLADOS:
Todo el graderío está formado por piezas de madera contra laminada antideslizante. El pavimento de la rampa es del mismo material. Los peldaños de las escaleras de acceso son de chapa lagrimada.

CARPINTERÍA Y CERRAJERIA:

Todas las puertas que forman parte del cierre del ruedo se realizan a base de madera en la hoja y perfil metálico en cercos y precercos. Los precercos están unido a los postes de madera. Las puertas de entrada del encierro al recinto están realizadas a base de perfiles de acero laminado en caliente y chapa de acero lisa.

Barandillas de escaleras, rampa de acceso, así como en protección de desniveles en graderío son de acero galvanizado laminado en caliente, en su color natural.

PINTURAS:

En todos los elementos metálicos, excepto barandillas, se aplicarán dos manos de pintura de minio, como protección de toda la estructura contra los agentes atmosféricos, evitando oxidaciones prematuras de la perfilería que conforma la estructura y los cerramientos. Pintura en color rojo a decidir.

2.6. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES.

Al tratarse de una instalación desmontable o portátil, no tiene instalaciones. La instalación eléctrica necesaria para celebrar espectáculos en horarios nocturnos corresponde a la iluminación existente en el espacio público.
No existe instalación de fontanería y saneamiento, ya que no dispone de baños o aseos. Se utilizan en su lugar aseos portátiles fuera del espacio de espectáculos taurinos.

3. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

3.1. DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

El presente proyecto queda incluido en el ámbito de aplicación del Documento Básico de Seguridad Estructural. Su justificación se realiza en el **ANEJO 1. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL.**

3.2. DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.

El ámbito de aplicación que se establece con carácter general para el conjunto del CTE es, a su vez, el que se establece en la LOE, el cual contempla únicamente edificios de carácter permanente. Por tanto, las estructuras provisionales tipo carpas, circos, etc. no están reglamentariamente dentro de dicho ámbito de aplicación.
Se aplica en este caso al dimensionado de los elementos de evacuación
Su justificación se realiza en el **ANEJO 2. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIOS.**

3.3. DB-SUA: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

Como espacio de pública concurrencia es de aplicación este DB. La justificación de su cumplimiento se realiza en el **ANEJO 3. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SUA: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD**.

4. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES

4.1. LEY FORAL 12/2018 DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL.

Es de aplicación la Ley Foral 12/2018, de 14 de junio, sobre accesibilidad universal. Es un espacio de pública concurrencia, por tanto, es un servicio a disposición del público.

El recinto dispone de un itinerario accesible que comunica la vía pública con el graderío, que garantizar a todas las personas la igualdad de oportunidades, la autonomía personal y la vida independiente.

Se han previsto nueve plazas aptas para persona con discapacidad motriz.

La justificación del cumplimiento de accesibilidad se realiza en el Anejo 3 de esta memoria.

4.2. NBE NCSR-02 NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

Es de aplicación la Norma NBE NCSR-02 Norma de Construcción Sismorresistente, y su cumplimiento se justifica en el Anejo 1 de esta memoria.

4.3. CÓDIGO ESTRUCTURAL

Es de aplicación del nuevo Código Estructural de hormigón estructural, y su cumplimiento se justifica en el Anejo 1 de esta memoria.

4.4. ORDEN FORAL 374/2012 de 29 de mayo. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS ESPACIOS HABILITADOS PARA LA CELEBRACIÓN DE ESPECTÁCULOS TAURINOS POPULARES TRADICIONALES, CONCURSOS DE RECORTADORES Y CORRIDAS VASCOLANDESAS

Es objeto de este documento diseñar un recinto cerrado, de carácter eventual, que no está catalogado como plaza de toros. El espacio central o ruedo está delimitado por barreras perimetrales y burladeros.

Los elementos que conforman este ruedo son elementos de madera aserrada estructural, con certificado de categoría resistente, deberán marcarse en su totalidad para poder conocerse la fecha de puesta en servicio y categoría de cada elemento. Se dispone de una barrera perimetral y contrabarrera. Los postes de la barrera son de sección 16x16 cm, en madera. Entre esta barrera y la contrabarrera, se dispone un callejón de anchura superior a 135 cm. Estas barreras cumplirán con las características determinadas en la Resolución 201/2013 y su corrección 286/2013. Se justifican en el apartado siguiente.

Los postes se fijarán al suelo mediante una arqueta. Sus dimensiones vienen reflejadas en la documentación gráfica.
El recinto dispone de un acceso directo al espacio central desde el exterior a través de unos portones metálicos en el exterior. Este acceso permite la evacuación de posibles heridos, permanecerá cerrado mientras dure el espectáculo. En el ruedo se disponen portones tanto para acceso al ruedo como para comunicación con los chiqueros, que permiten retirar las reses.

Este documento no contempla elementos de diversión, que deberán respetar las condiciones indicadas en el Reglamento de Espectáculos Taurinos, Decreto Foral 249/1992.

4.5. RESOLUCION 201/2013 de 24 de julio. medidas provisionales en relación con la instalación de barreras perimetrales y burladeros en los espacios habilitados para la celebración. Y SU CORRECIÓN RESOLUCION 286/2013 de 11 de septiembre

Las barreras perimetrales que conforman el ruedo son elementos de madera con resistencia suficiente para resistir la embestida de las reses. Disponen de estribo longitudinal que facilita el salto a los participantes. Son compactas, con una altura de 150 cm en la barrera del ruedo; y de 180 cm en la contrabarrera. La contrabarrera se completa con dos sirgas metálicas hasta una altura de 2,20 m.
Los postes de la barrera son de madera, de sección 16x16 cm, con una pletina metálica en la parte superior o elemento similar que evite su deterioro o astillamiento. Entre esta barrera y la contrabarrera se dispone un callejón de anchura superior a 135 cm. Los postes de la contrabarrera son metálicos, unidos a la estructura del graderío.
Los burladeros son compactos, en madera, con una altura de 150 cm. Deberán estar rotulados con la inscripción “espacio reservado para corredores, personal sanitario, profesional taurino y/o colaboradores”

4.6. SEGURIDAD Y SALUD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN RD 1627/1997.

Se ha redactado **Estudio de Seguridad y Salud** por parte de los mismos arquitectos autores de este proyecto.

Estella, para Allo, Octubre de 2024
Fdo.: Los Arquitectos.

Martín J. Sanz de Acedo Alicia Sanz de Acedo Pablo Sanz de Acedo Miguel A. Casado José Ramón Cortés

ANEJO 1 JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

El cálculo estructural ha sido realizado por:
Javier Landa Castillejo, Ingeniero Industrial. NIF.52.447.148H. Colegiado COIIN nº 1.119

Se adjunta memoria de cálculo

ANEJO A PROYECTO DE EJECUCIÓN.

ESPACIO PARA ESPECTÁCULOS TAURINOS

Anejo a Proyecto de Ejecución.

ANEJO 01 MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTRUCTURA

ESPACIO PARA ESTECTÁCULOS TAURINOS

C/ del Obizcal con Paseo de la Fuente

31262 Allo, Navarra

JAVIER LANDA CASTILLEJO

Ingeniero Industrial Nº 1.119 del COIIN

ÍNDICE ANEJO 01 MEMORIA DE CÁLCULO.

1. MEMORIA DESCRIPTIVA. 4

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.... 4

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 4

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL. 4

1.2. PRESTACIONES DEL EDIFICIO.... 4

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA. 6

2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO. 6

2.1.1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y TRABAJOS PREVIOS....6

2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL. 6

2.2.1. DATOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA. 6

2.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES. 6

2.2.3. BASES DE CALCULO Y MÉTODOS EMPLEADOS PARA TODO EL SISTEMA ESTRUCTURAL. 7

2.2.4. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN. 8

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN)....10

3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE). 11

3.1.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO....11

3.1.2. MODELO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL. 12

3.1.3. COMBINACIÓN DE ACCIONES Y COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD. 13

3.2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE-AE).... 17

3.2.1. ACCIONES GRAVITATORIAS. SEGÚN CTE SE-AE....17

3.2.2. ACCIÓN DEL VIENTO SEGÚN CTE SE-AE....17

3.2.3. NIEVE. 18

3.2.4. IMPACTO DE VEHÍCULOS SEGÚN CTE SE-AE....18

3.2.5. INCENDIO. 18

3.3. ACERO (DB SE-A).... 19

3.3.1. BASES DE CÁLCULO. 19

3.3.2. DURABILIDAD. 19

3.3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL. 19

3.3.4. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA. 19

3.4. MADERA (DB SE-M).... 20

3.4.1. BASES DE CÁLCULO. 20

3.4.2. DURABILIDAD. 20

3.4.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL. 20

3.4.4. ESTADOS LÍMITE. 20

3.4.5. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA. 20

3.5. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO ESTRUCTURAL. 21

3.5.1. BASES DE CÁLCULO: 21

3.5.2. BASES DE CÁLCULO ADICIONALES ORIENTADAS A LA DURABILIDAD:....21

3.5.3. LÍMITES DE DEFORMACIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: .23

3.6. ACCIÓN SÍSMICA (NCSE-02) 24

3.7. PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA:.... 25

4. ANEXO 02: DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO POR EL PROGRAMA METAL 3D:....26

4.1. OBTENCION DE ESFUERZOS 26
4.2. COMPROBACION DE FLECHAS 26
4.3. COMPROBACIONES REALIZADAS POR EL PROGRAMA 27
4.4. CIMENTACIONES 27
4.5. PLACAS DE ANCLAJE 28
4.6. ZAPATAS DE HORMIGÓN EN MASA 29
4.7. VIGAS CENTRADORAS Y DE ATADO 29
5. ANEXO 03: MUESTREO DE ELEMENTOS CALCULADOS 31
5.1. Barra N8/N2 pórtico minusválidos. 31
5.2. Barra N24/N23 pórtico tipo. 41
5.3. Barra N40/N39 pórtico escalera. 51
5.4. Barra N12/N13 Asiento. 61
5.5. Barra N96/N97 Poste Vallado 66

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se adapta a la topografía de la parcela, proyectando un espacio para espectáculos taurinos desmontable.

El trabajo se divide en dos partes. La primera compuesta por una estructura metálica escalonada que resuelve los accesos y la ubicación del público en las gradas, y la segunda de madera que resuelva el vallado y burladeros.

La peculiaridad de la superficie de apoyo de la calle es que presenta una ligera pendiente, por lo que la estructura metálica nacerá siembre de husillos para mantener la verticalidad y horizontalidad de los elementos.

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

CIMENTACIÓN.

No existirá una cimentación propiamente dicha. La instalación se ubicará directamente sobre una solera de hormigón armado de 15 cm de espesor.

ESTRUCTURA PORTANTE Y HORIZONTAL.

La estructura del graderío y accesos se resuelve mediante entramados formados por perfiles de acero galvanizado en calientes separados entre sí 1500 mm. arriostrados mediante cruces de San Andrés.

Horizontalmente, los entramados se unen mediante los asientos que estarán construidos mediante un marco de estructura metálica galvanizada en caliente y un tablero de madera.

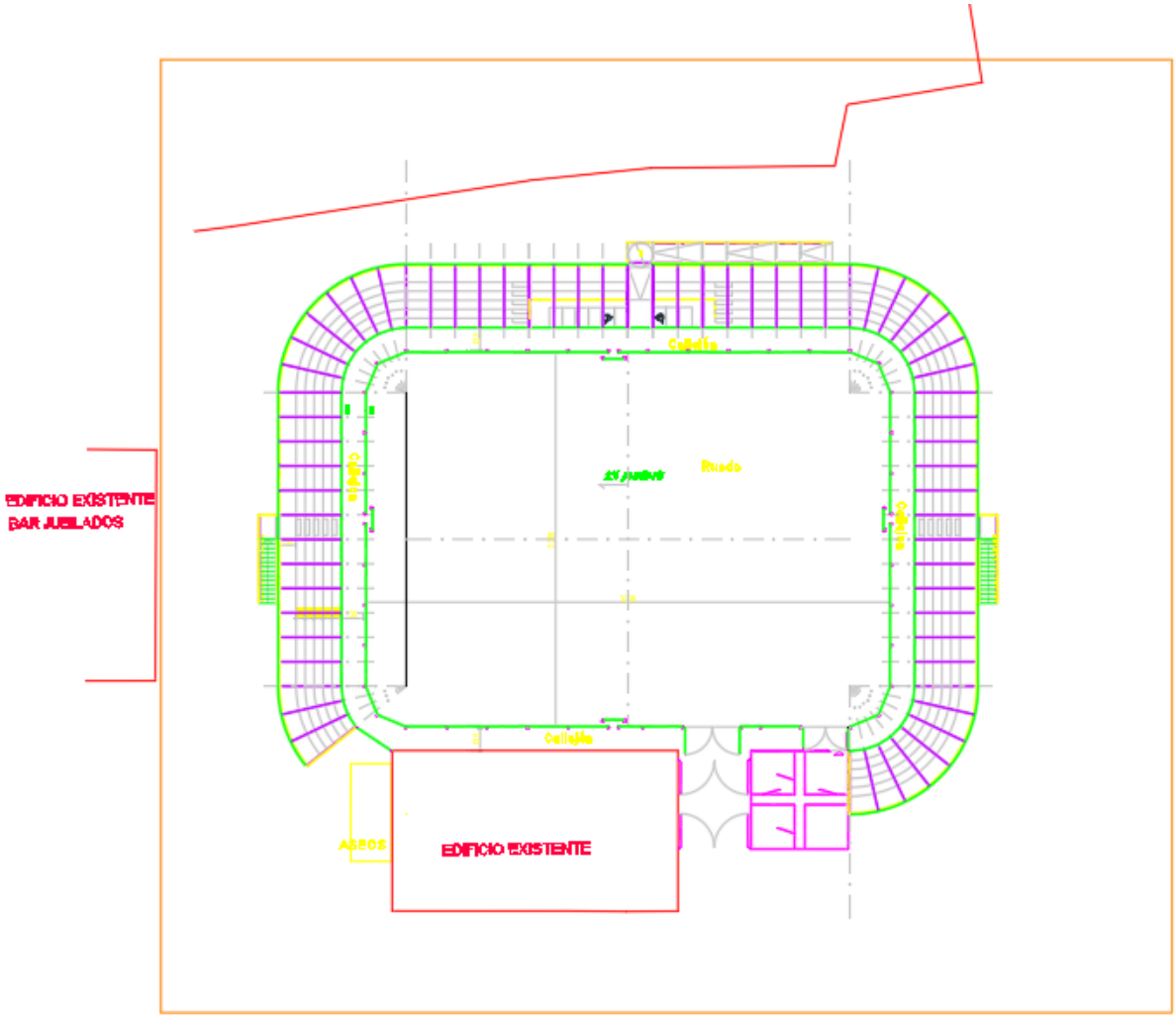
El vallado y burladeros lo forman elementos verticales de madera unidos horizontalmente por tablas.

1.2. PRESTACIONES DEL EDIFICIO.

El periodo de servicio previsto del edificio es de 50 años.

En el proyecto se ha tenido en cuenta lo establecido en los documentos básicos DB-SE Bases de Cálculo, DB-SE-AE Acciones en la Edificación, DB-SE-C Cimientos, DB-SE-A Acero, DB-SE-M Madera, así como el Código Estructural y NCSE-02 construcción sismorresistente; para asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto, de modo que no se produzcan en el mismo o en alguna de sus partes, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, vigas, pilares, forjados, muros u otros elementos estructurales que comprometan directamente la resistencia mecánica, la estabilidad del edificio o que se produzcan deformaciones inadmisibles. Su justificación se realiza en el apartado 3, cumplimiento del Código Técnico de la Edificación.

No se han acordado entre promotor y proyectista prestaciones que superen los umbrales establecidos en el CTE respecto a la seguridad estructural.


EDIFICIO EXISTENTE
BAR JUBILADOS
Callejón
Callejón
Callejón
Callejón
Ruedo
ASEOS
EDIFICIO EXISTENTE

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA.

2.1. SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO.

2.1.1. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y TRABAJOS PREVIOS.

La estructura se implantará sobre una losa de hormigón armado de al menos 15 cm de espesor.

2.2. SISTEMA ESTRUCTURAL.

2.2.1. DATOS E HIPÓTESIS DE PARTIDA.

Se consideran las acciones sobre la estructura que describe el CTE en el documento DB SE-AE.

En acciones gravitatorias se diferencian el peso propio, las cargas muertas y la sobrecarga de uso. Se tiene en cuenta la reducción de sobrecarga de uso para elementos verticales según el artículo 3.1.2 del DB SE-AE del CTE.

También se tiene en cuenta la acción del viento según el CTE.

Se consideran las acciones sísmicas puesto que Allo está situada en una zona con una aceleración sísmica básica igual a 0,04g. (Según NCSE-02).

En el apartado de justificación del DB SE-AE se cuantifican las acciones consideradas en el cálculo.

2.2.2. PROGRAMA DE NECESIDADES.

El programa de necesidades es la construcción de un espacio para espectáculos taurinos desmontable.

2.2.3. BASES DE CALCULO Y MÉTODOS EMPLEADOS PARA TODO EL SISTEMA ESTRUCTURAL.

En el cálculo de la estructura se emplean métodos de cálculo aceptados por la normativa vigente. El procedimiento de cálculo consiste en establecer las acciones actuantes sobre la obra, definir los elementos estructurales (dimensiones transversales, alturas, luces, disposiciones, etc.) necesarios para soportar esas acciones, fijar las hipótesis de cálculo y elaborar uno o varios modelos de cálculo lo suficientemente ajustados al comportamiento real de la obra y finalmente, la obtención de los esfuerzos, tensiones y desplazamientos necesarios para la posterior comprobación de los correspondientes estados límites últimos y de servicio.

En la comprobación del estado límite último, que consiste en limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

Las hipótesis de cálculo contempladas en el análisis estructural se desarrollan en el punto 3.1.2 de este anejo correspondiente a la justificación del DB SE.

2.2.4. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN.

A) ACERO DE ESTRUCTURAS METALICAS.

Los aceros empleados en este proyecto se corresponden con los indicados en la norma UNE EN 10025: Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general.

Las características comunes a todos los aceros son:

-Módulo de elasticidad longitudinal (E): 210.000 N/mm²
-Módulo de elasticidad transversal o módulo de rigidez (G): 81.000 N/mm²
-Coeficiente de Poisson (v): 0.30
-Coeficiente de dilatación térmica (α): $1{,}2 \cdot 10^{-5}$(°C)$^{-1}$
-Densidad (δ): 78.5 kN/m³

Características de los aceros empleados

LOCALIZACIÓN	DESIGNACIÓN	Tensión de límite elástico f_y(N/mm²).		Tensión de rotura f_u(N/mm²).
Chapas y perfiles	S275JR	t(1)≤16	16< t(1)≤40	3≤t≤100
		275	265	360
Tornillos, tuercas y arandelas	Clase 8.8	640		800
Materiales de aportación	- Características mecánicas básicas superiores a las del metal base - -Calidades de los materiales de aportación ajustados a la norma UNE-EN ISO 14555:1999 se consideran aceptables			
(1)t es el espesor nominal en mm				

Los coeficientes parciales de seguridad utilizados para la minoración de la resistencia son:

γ_{M0} = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

γ_{M1} = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.

γ_{M2} = 1,25 coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

B) ESTRUCTURAS DE MADERA.

LOCALIZACION	**VALLADO y BURLADEROS**
Tipo de madera	Aserrada
Clase resistente	C18
Clase de riesgo biológico	4
Clase de servicio de la estructura	2
Resistencias características (N/mm^2):	
- Flexión $f_{g,m,k}$	18
- Tracción paralela a la fibra $f_{t,0,g,k}$	10
- Tracción perpendicular a la fibra $f_{t,90,g,k}$	0,4
- Compresión paralela a la fibra $f_{c,0,g,k}$	18
- Compresión perpendicular a la fibra $f_{c,90,g,k}$	2,2
- Cortante $f_{v,g,k}$	3,4
Rigideces (kN/mm^2):	
- Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,g,medio}$	9
- Módulo elasticidad paralelo 5º percentil $E_{0,g,k}$	6
- Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,g,medio}$	0,3
- Módulo transversal medio $G_{g,medio}$	0,56
Densidad característica (kg/m^3)	320

Tipo de Acción	Duración de la carga	Nivel de control	Kmod. Madera aserrada	
			Clase de servicio	2
Permanentes	Permanente	Normal		0,6
Variables	Larga	Normal		0,70
	Media	Normal		0,80
	Corta	Normal		0,90
Accidentales	Instantánea	Normal		1.10

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN).

Prescripciones aplicables conjuntamente con DB-SE

El DB-SE constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos:

	apartado		Procede	No procede
DB-SE	3.1	Seguridad estructural:	☒	☐
DB-SE-AE	3.2	Acciones en la edificación	☒	☐
DB-SE-C	3.3	Cimentaciones	☒	☐
DB-SE-A	3.4	Estructuras de acero	☐	☒
DB-SE-F	3.5.	Estructuras de fábrica	☐	☐
DB-SE-M	3.6	Estructuras de madera	☐	☒

Las estructuras de hormigón y las de acero, están reguladas por el Código Estructural CE y se aplica conjuntamente con el DB-SE y con el DB SE-AE.

CE	3.7	Código Estructural	☒	☐

Deberá tenerse en cuenta, además las especificaciones de la normativa de construcción sismorresistente:

NCSR	3.8	Normativa Sismorresistente	Construcción	☒	☐

*REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (*BOE núm. 74, martes 28 marzo 2006)

Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE).

1. *El objetivo del requisito básico «Seguridad estructural» consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.*
2. *Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.*
3. *Los Documentos Básicos «DB SE Seguridad Estructural», «DB-SE-AE Acciones en la edificación», «DBSE-C Cimientos», «DB-SE-A Acero», «DB-SE-F Fábrica» y «DB-SE-M Madera», especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.*
4. *Las estructuras de hormigón están reguladas por la Instrucción de Hormigón Estructural vigente.*

10.1 Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad: *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.*
10.2 Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio*: 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.*

La estructura se diseña y se calcula para que cumpla las exigencias básicas de seguridad estructural (resistencia, estabilidad y aptitud al servicio) y la exigencia básica de resistencia estructural al incendio, que consiste en comprobar que la estructura portante mantiene su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse el resto de las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

3.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE).

3.1.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO.

La estructura se ha analizado y dimensionado frente a los estados límite, que son aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

Se ha verificado que para las diferentes situaciones de dimensionado (persistentes, transitorias y extraordinarias) no se han sobrepasado los estados límite.

SE 1. RESISTENCIA Y ESTABILIDAD (Estados límite últimos).

La estructura se ha calculado frente a los estados límite últimos, que son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. En general se han considerado los siguientes:

a) pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;

b) fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).

Las verificaciones de los estados límite últimos que aseguran la capacidad portante de la estructura, establecidas en el DB-SE 4.2, son las siguientes:

Se ha comprobado que hay suficiente *resistencia de la estructura portante*, de todos los elementos estructurales, secciones, puntos y uniones entre elementos, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$E_d \leq R_d$ siendo:
Ed valor de cálculo del efecto de las acciones
Rd valor de cálculo de la resistencia correspondiente

Se ha comprobado que hay suficiente *estabilidad del conjunto del edificio y de todas las partes independientes* del mismo, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$ siendo:
Ed,dst valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras
Ed,stb valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

SE 2. APTITUD AL SERVICIO (Estados límite de servicio).

La estructura se ha calculado frente a los estados límite de servicio, que son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.

Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. En general se han considerado los siguientes:

a) las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;

b) las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra;

c) los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

Se han verificado en la estructura las flechas de los distintos elementos de acuerdo con lo expuesto en punto 4.3.3.1 del DB SE y el desplome local y total de acuerdo con lo expuesto en 4.3.3.2 de dicho documento.

Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, vigas y forjados, se tienen en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

En la obtención de los valores de las flechas se considera el proceso constructivo, las condiciones ambientales y la edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de flecha pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

Se establecen los siguientes límites de deformación de la estructura:

Flechas relativas para los siguientes elementos				
Tipo de flecha	Combinación	Tabiques frágiles	Tabiques ordinarios	Resto de casos
Integridad de los elementos constructivos (flecha activa)	Característica G+Q	1 / 500	1 / 400	1 / 300
Confort de usuarios (flecha instantánea)	Característica de sobrecarga Q	1 / 350	1 / 350	1 / 350
Apariencia de la obra (flecha total)	Casi permanente $G + \psi_2 Q$	1 / 300	1 / 300	1 / 300

Desplazamientos horizontales	
Local	Total
Desplome relativo a la altura entre plantas: $\delta/h < 1/250$	Desplome relativo a la altura total del edificio: $\Delta/H < 1/500$

También se ha comprobado que la frecuencia de excitación se aparta suficientemente de las frecuencias propias de la estructura.

Para asegurar que la influencia de acciones químicas, físicas o biológicas a las que está sometido el edificio no compromete su capacidad portante, se ha empleado el método implícito que utiliza medidas preventivas (detalles constructivos, características de materiales, sistemas de protección…).

3.1.2. MODELO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

Se realiza un cálculo espacial por métodos matriciales, considerando todos los elementos que definen la estructura: zapatas, vigas de cimentación, pilares, vigas, forjados unidireccionales y losas macizas.

Se establece la compatibilidad de desplazamientos en todos los nudos, considerando seis grados de libertad.

A los efectos de obtención de las distintas respuestas estructurales (solicitaciones, desplazamientos, tensiones, etc.) se supone un comportamiento lineal de los materiales, realizando por tanto un cálculo estático para acciones no sísmicas. Para la consideración de la acción sísmica se realiza un análisis modal espectral.

En las estructuras de hormigón armado, para la comprobación de las secciones en Estado Límite Último se considera un diagrama tensión-deformación del tipo elástico-plástico para las armaduras, y del tipo parábola-rectángulo para el hormigón.

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE CÁLCULO EMPLEADO.

Para la obtención de las solicitaciones y dimensionamiento de los elementos estructurales se ha utilizado el programa Metal 3D, distribuido por la empresa Cype Ingenieros, con razón social en la Avda. Eusebio Sempere, 5 – 03003 de Alicante.

Se incluye en el anexo 01 dentro de este anejo la descripción del método de cálculo empleado por este programa.

3.1.3. COMBINACIÓN DE ACCIONES Y COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD.

A) E.L.U. de rotura. Acero conformado y laminado: CTE DB-SE A.

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

- **Situaciones no sísmicas**

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

- **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{A} A_{E} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situación 1: Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.80	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.50	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50
Sismo (A)				

Situación 2: Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p	Acompañamiento(ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.30	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Sismo (A)	-1.00	1.00	1.00	0.30(*)

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

Situación 3: Accidental de incendio				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento(ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.50	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.50	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.20	0.00
Sismo (A)				

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

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

- **Situaciones no sísmicas**

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

- **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_A A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

Situación 1: Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ))		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento(ψ_a)
Carga permanente (G)	0.80	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
Viento (Q)	0.00	1.50	1.00	0.60
Nieve (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50
Sismo (A)				

Situación 2: Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento(ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.30	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.00	0.00
Sismo (A)	-1.00	1.00	1.00	0.30(*)

(*) Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

Situación 3: Accidental de incendio				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento(ψ_a)
Carga permanente (G)	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00	0.50	0.30
Viento (Q)	0.00	1.00	0.50	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00	0.20	0.00
Sismo (A)				

C) ACCIONES CARACTERISTICAS.

Para comprobar **tensiones sobre el terreno** (tensiones en zapatas, vigas y losas de cimentación) y **desplazamientos**.

- **Situaciones no sísmicas**

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

- **Situaciones sísmicas**

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

Situación 1: Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00
Viento (Q)	0.00	1.00
Nieve (Q)	0.00	1.00
Sismo (A)		

Situación 2: Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.00	1.00
Sobrecarga (Q)	0.00	1.00
Viento (Q)	0.00	0.00
Nieve (Q)	0.00	1.00
Sismo (A)	-1.00	1.00

3.2. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (DB SE-AE).

3.2.1. ACCIONES GRAVITATORIAS. SEGÚN CTE SE-AE.

ACCIONES PERMANENTES (G)	VALOR	
Peso propio acero	7850 daN/m3	
Peso propio madera	310 daN/m3	
Instalaciones	0 daN/m2	
Pretensado	0 daN/m2	
Acciones terreno	0 daN/m2	
ACCIONES VARIABLES (Q)		
SOBRECARGA USO	400 daN/m2	
Impacto Res sobre vallado	1000 daN	
VIENTO	Altura edificio	3,00 m
	Fondo edificación X	43,00 m
	Fondo edificación Y	34,00 m
	Grado de aspereza	IV
	Velocidad del viento	29 m/s
	Presión dinámica	52 daN/m2
ACCIONES TÉRMICAS	0 daN/m2	
CARGA DE NIEVE	0 daN/m2	
ACCIONES ACCIDENTALES (A)		
SISMO (NSCE)	0 daN/m2	
INCENDIO	0 daN/m2	
IMPACTO DE VEHÍCULOS	0 daN/m2	
OTRAS ACCIONES ACCIDENTALES	0 daN/m2	

3.2.2. ACCIÓN DEL VIENTO SEGÚN CTE SE-AE.

La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto (presión estática q_e), se obtiene en función de la geometría del edificio, la zona eólica y grado de aspereza del entorno de proyecto, y la altura sobre el punto considerado.

Altura de coronación del edificio	3.00 m
Fondo del edificio en la dirección del viento:	X=43.00 m
	Y=34.00m
Grado de aspereza del entorno	IV
Velocidad del viento	29 m/sg
Presión dinámica	0.52 KN/m^2

Presión y succión estática en las direcciones X e Y según artículo 3.3 del CTE SE-AE.

3.2.3. NIEVE.

No se consideran valores de carga de nieve puesto que se entiende que la improbable presencia de nieve en verano, época en la que se prevé se montará la estructura, impediría la celebración misma del festejo.

3.2.4. IMPACTO DE VEHÍCULOS SEGÚN CTE SE-AE.

No se consideran fuerzas de impacto producida por vehículos en movimiento.

3.2.5. INCENDIO.

Se toma como efecto de la acción del incendio únicamente el derivado del efecto de la temperatura en la resistencia del elemento estructural.

3.3. ACERO (DB SE-A).

3.3.1. BASES DE CÁLCULO.

Para verificar el cumplimiento del apartado 3.2 del Documento Básico SE, se ha comprobado:
La estabilidad y la resistencia (estados límite últimos) y la aptitud para el servicio (estados límite de servicio):

Estados límite últimos

La determinación de la resistencia de las secciones se hace de acuerdo a lo especificado en el capítulo 6 del documento DB SE A, partiendo de las esbelteces, longitudes de pandeo y esfuerzos actuantes para todas las combinaciones definidas en la presente memoria, teniendo en cuenta la interacción de los mismos y comprobando que se cumplen los límites de resistencia establecidos para los materiales seleccionados.
Se ha comprobado, además, la resistencia al fuego de los perfiles metálicos aplicando lo indicado en el Anejo D del documento DB SI.

Estados límite de servicio

Se comprueba que todas las barras cumplen, para las combinaciones de acciones establecidas en el apartado 4.3.2 del Documento Básico SE, con los límites de deformaciones, flechas y desplazamientos horizontales.

3.3.2. DURABILIDAD.

Los perfiles de acero están protegidos de acuerdo a las condiciones de uso y ambientales y a su situación, de manera que se asegura su resistencia, estabilidad y durabilidad durante el periodo de vida útil, debiendo mantenerse de acuerdo a las instrucciones de uso y plan de mantenimiento correspondiente.

3.3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

El análisis estructural se ha realizado con el modelo descrito en el Documento Básico SE, discretizándose las barras de acero con las propiedades geométricas obtenidas de las bibliotecas de perfiles de los fabricantes o calculadas de acuerdo a la forma y dimensiones de los perfiles.

Las secciones a efectos de dimensionamiento se clasifican de acuerdo a la tabla 5.1 del Documento Básico SE A, aplicando los métodos de cálculo descritos en la tabla 5.2 y los límites de esbeltez de las tablas 5.3, 5.4, y 5.5 del mencionado documento.

La traslacionalidad de la estructura se contempla aplicando los métodos descritos en el apartado 5.3.1.2 del Documento Básico SE A teniendo en consideración los correspondientes coeficientes de amplificación.

3.3.4. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.

La resistencia al fuego de los elementos estructurales recogida en el CTE-DB-SI 6.3 se refiere a elementos ubicados en el interior de un edificio y sometidos a la acción de una curva normalizada de tiempo-temperatura.

Esta curva no es aplicable en el exterior donde los elementos están sometidos s una acción mucho menos severa.

3.4. MADERA (DB SE-M).

3.4.1. BASES DE CÁLCULO.

Se consideran los criterios básicos que se han mencionado anteriormente en el cumplimiento del documento DB SE completadas con las reglas específicas para la madera según punto 2 del DB SE-M.

3.4.2. DURABILIDAD.

Las maderas utilizadas serán tratadas y protegidas para el ambiente y condiciones de trabajo a los que van a estar sometidas durante su vida útil, de acuerdo a lo indicado en el capítulo 3 del documento DB SE M.

3.4.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

Para el análisis de la estructura se han modelizado las piezas de madera como barras de eje recto integradas en el cálculo completo de la estructura.

Las propiedades geométricas de las barras se calculan a partir del perfil asignado a las piezas utilizadas.

Se ha realizado un análisis lineal y en primer orden, admitiendo un comportamiento lineal y elástico de la madera, con las propiedades mecánicas descritas en el apartado de materiales.

3.4.4. ESTADOS LÍMITE.

Estados límite últimos

Se realiza la comprobación de las secciones en agotamiento de acuerdo a lo indicado en el capítulo 6 del documento DB SE M, con las combinaciones de esfuerzos realizadas de acuerdo a lo indicado en el documento DB SE anteriormente citado.

Estados límite de servicio

Para realizar la comprobación de flecha de las barras, indicada en el documento DB SE, se han considerado tanto las deformaciones instantáneas como las deformaciones diferidas según lo establece el apartado 5.1.4 del documento DB SE M.

3.4.5. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.

La resistencia al fuego de los elementos estructurales recogida en el CTE-DB-SI 6.3 se refiere a elementos ubicados en el interior de un edificio y sometidos a la acción de una curva normalizada de tiempo-temperatura.

Esta curva no es aplicable en el exterior donde los elementos están sometidos s una acción mucho menos severa.

3.5. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO ESTRUCTURAL.

3.5.1. BASES DE CÁLCULO:

La vida útil nominal considerada para la estructura proyectada es de 50 años.

Durante este periodo se debe satisfacer los requisitos siguientes:

- Seguridad y funcionalidad estructural: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que la estructura tenga un comportamiento mecánico inadecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto, considerando la totalidad de su vida útil.

- Seguridad en caso de incendio: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de la estructura sufran daños derivados de un incendio de origen accidental.

- Higiene, salud y protección del medio ambiente: consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que se provoquen impactos inadecuados sobre el medio ambiente como consecuencia de la ejecución de las obras.

Para asegurar la fiabilidad requerida a la estructura, Ésta se ha comprobado mediante cálculo frente a los estados límite últimos y de servicio que se consideran en el DB-SE y que se desarrollan en el punto 3.1 y frente al estado límite de durabilidad.

Además de las exigencias que establece el CTE en el documento DB-SE comentadas en el punto 3.1 de esta memoria, las estructuras de hormigón tienen que cumplir como exigencia de aptitud al servicio una limitación en las aberturas características de fisura según el Código Estructural.

3.5.2. BASES DE CÁLCULO ADICIONALES ORIENTADAS A LA DURABILIDAD:

El Código Estructural, define un estado límite, de Durabilidad, que consiste en verificar que el tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa es mayor que el valor de cálculo de la vida útil del edificio.

Para poder realizar la comprobación del estado límite de durabilidad, se define el tipo de ambiente al que está sometido cada elemento estructural, definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto. El tipo de ambiente se define según la tabla 8.2.2 (clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras) y la tabla 8.2.3.a (clases de exposición relativas a otros procesos del deterioro distintos de la corrosión).

Para que la estructura cumpla con el estado límite de durabilidad se ha seguido una estrategia que considera todos los posibles mecanismos de degradación, y se han adoptado medidas específicas en función de la agresividad a la que se encuentra sometido cada elemento.

3.7.2.1. Justificación de las clases de exposición consideradas para los elementos de la estructura:

Elemento estructural	Clase general de exposición.	Justificación
Cimentación y elementos estructurales en contacto con el terreno	**XC2**	Elementos enterrados o sumergidos
Estructura exterior	**C3**	Atmósferas urbanas e industriales, con moderada contaminación de dióxido de azufre. Áreas costeras con baja salinidad.

3.7.2.2. ESTRATEGIA PARA LA DURABILIDAD:

Se han seleccionado las **formas estructurales adecuadas**, de acuerdo con lo indicado en el Código Estructural.

3.5.3. LÍMITES DE DEFORMACIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO:

3.7.5.1. LIMITACIÓN DE LAS FLECHAS EN ELEMENTOS FLECTADOS:

Para el cálculo de las flechas en los elementos flectados, se tendrán en cuenta tanto las deformaciones instantáneas como las diferidas, calculándose las inercias equivalentes de acuerdo a lo indicado en la norma.

Para el cálculo de las flechas se ha tenido en cuenta tanto el proceso constructivo, como las condiciones ambientales, edad de puesta en carga, de acuerdo a unas condiciones habituales de la práctica constructiva en la edificación convencional. Por tanto, a partir de estos supuestos se estiman los coeficientes de fluencia pertinentes para la determinación de la flecha activa, suma de las flechas instantáneas más las diferidas producidas con posterioridad a la construcción de las tabiquerías.

El dimensionado se ha realizado satisfaciendo las limitaciones de flecha máxima relativa admisible que vienen en el código técnico de la edificación (art. 4.3.3.1) y que se detallan en la tabla siguiente:

En general:

Elemento	Total diferida	Activa
Jácena de apeo de muros de carga de fábrica de ladrillo	L/1000	-
Jácena de apeo de estructuras de pilares y jácenas	L/750	-
Pisos con tabiques frágiles	-	L/500
Pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	Menor de L/250 y L/500+1cm	L/400
Resto de los casos	-	L/300

Siendo L la luz del vano.

Para forjados unidireccionales:

Elemento	Total diferida	Activa
Forjados que sustentan tabiques o muros de partición o de cerramiento	Menor de L/250 y L/500+1cm	Menor de L/500 y L/1000+0,5cm

Siendo L la luz del vano, y en el caso de voladizo, 1,6 veces el vuelo.

3.7.5.2. Limitación de los desplazamientos horizontales:

Desplome local (relativo a la altura entre plantas)	δ /h<1/250
Desplome total (relativo a la altura total del edificio)	δ /H<1/500

3.7.5.3. Exigencias en estructuras susceptibles de experimentar vibraciones:

Las estructuras y sus elementos, en especial los que trabajan a flexión, han sido diseñados con modos propios de oscilación mayores que los que se muestran en la tabla siguiente:

Uso Estructura	Frecuencia (Hz)
Gimnasios o palacios de deporte	>8,0

Salas de fiestas o conciertos sin asientos fijos	>7,0
Salas de fiestas o conciertos con asientos fijos	>3,4

3.6. ACCIÓN SÍSMICA (NCSE-02)

En la determinación de las acciones sísmicas se ha considerado la Norma de Construcción Sismorresistente.

Localidad/Provincia	Allo / Navarra
Clasificación de la construcción:	Construcción de importancia mormal.
Tipo de Estructura:	pórticos de acero laminado
Aceleración Sísmica Básica (ab):	Ab=0.04 g, (siendo g la aceleración de la gravedad)
Coeficiente de contribución (K):	K=1
Coeficiente adimensional de riesgo (ρ):	ρ=1, (en construcciones de normal importancia)
Coeficiente de amplificación del terreno (S):	0,8
Coeficiente de tipo de terreno (C):	1
Aceleración sísmica de cálculo (ac):	0,32
Método de cálculo adoptado:	Análisis modal espectral
Factor de amortiguamiento:	Estructura de hormigón armado compartimentada: 5%
Número de modos de vibración considerados:	6 modos de vibración
Coeficiente de comportamiento por ductilidad:	μ = 2 (ductilidad baja)

3.7. PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA:

En el proyecto de todo tipo de estructuras es obligado introducir un plan de inspección y mantenimiento para definir las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil.
Tanto la descripción de la estructura como la clase de exposición y vida útil de la estructura que son necesarios definir en este plan se han descrito en puntos anteriores de este anejo estructural.
Los puntos críticos de inspección, la periodicidad de las inspecciones, los medios auxiliares para el acceso a las distintas zonas de la estructura y las técnicas y criterios de inspección recomendadas se desarrollan en el pliego de condiciones del proyecto.

4. ANEXO 02: DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO POR EL PROGRAMA METAL 3D:

El programa considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales. Las barras definidas son elementos lineales. Las cargas aplicadas en las barras se pueden establecer en cualquier dirección. El programa admite cualquier tipología: uniformes, triangulares, trapezoidales, puntuales, momentos e incremento de temperatura diferente en caras opuestas.
En los nudos se pueden colocar cargas puntuales, también en cualquier dirección. El tipo de nudo que se emplea es totalmente genérico, y se admiten uniones empotradas, articuladas, empotradas elásticamente, definidas mediante coeficientes de empotramiento en extremos de barra. Se puede utilizar cualquier tipo de apoyo, empotrado o articulado, o vinculando alguno de sus grados de libertad. En los apoyos en los que incide una única barra vertical (según el eje Z) permite definir una zapata aislada o un encepado de hormigón armado. Si dicha barra es metálica, permite definir una placa de anclaje metálica. Las hipótesis de carga que se pueden establecer no tienen límite en cuanto a su número. Según su origen, se podrán asignar a Peso Propio, Sobrecarga, Viento, Sismo y Nieve.
A partir de las hipótesis básicas se puede definir y calcular cualquier tipo de combinación con diferentes coeficientes de combinación. Es posible establecer varios estados límite y combinaciones diferentes:
• Hipótesis simples
• E.L.U. rotura. Hormigón
• E.L.U. rotura. Hormigón en cimentaciones
• Tensiones sobre el Terreno (Tensiones admisibles)
• Desplazamientos
• E.L.U. rotura. Acero (Laminado y armado)
• E.L.U. rotura. Acero (Conformado)
• E.L.U. rotura. Madera
Para cada estado se generan todas las combinaciones, indicando su nombre y coeficientes, según el material, uso y norma de aplicación.
A partir de la geometría y cargas que se introduzcan, se obtiene la matriz de rigidez de la estructura, así como las matrices de cargas por hipótesis simples. Se obtendrá la matriz de desplazamientos de los nudos de la estructura, invirtiendo la matriz de rigidez por métodos frontales. Después de hallar los desplazamientos por hipótesis, se calculan todas las combinaciones para todos los estados, y los esfuerzos en cualquier sección a partir de los esfuerzos en los extremos de las barras y las cargas aplicadas en las mismas.

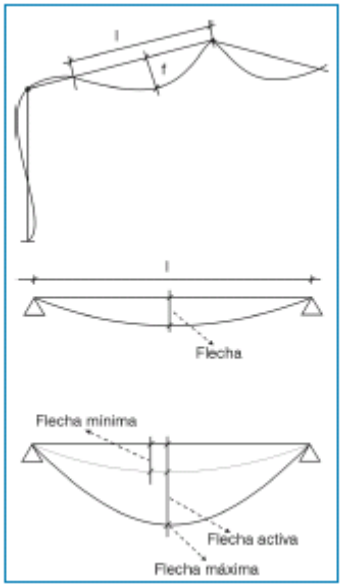
4.1. OBTENCION DE ESFUERZOS

Para cada combinación empleada se obtienen los esfuerzos mayorados o ponderados, que, en general, serán:
• Axiles (en la dirección del eje x local)
• Cortantes (en la dirección de los ejes y y z locales)
• Momentos (en la dirección de los ejes y y z locales)
• Torsor (en la dirección del eje x local)
Estos esfuerzos se obtienen por hipótesis simples o por combinaciones de todos los estados considerados. Todo ello servirá para el estudio y comprobación de deformaciones y tensiones de las piezas.

4.2. COMPROBACION DE FLECHAS

Se entiende por 'flecha' la distancia máxima entre la recta de unión de los nudos extremos de una barra, y la deformada de la barra, sin tener en cuenta que los nudos extremos de la barra pueden haberse desplazado. Esta distancia se mide perpendicularmente a la barra. La 'flecha absoluta' es el valor en milímetros de la flecha, en la dirección considerada. La 'flecha relativa' se establece como un cociente de la luz entre puntos de intersección de la deformada con la barra, dividido

por un valor a definir por el usuario, y pueden haber, además de los nudos extremos de la barra con flecha nula, algún punto o puntos intermedios, en función de la deformada. La 'flecha activa' es la máxima diferencia en valor absoluto entre la flecha máxima y la flecha mínima de todas las combinaciones definidas en el estado de desplazamientos.



Es posible establecer un límite, ya sea por un valor de la flecha máxima, de la flecha activa o de la flecha relativa respecto a cada uno de los planos xy o xz locales de la barra.

4.3. COMPROBACIONES REALIZADAS POR EL PROGRAMA

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el programa comprueba y dimensiona las barras de la estructura según criterios límite:
• Tensión o coeficiente de aprovechamiento
• Esbeltez
• Flecha
• Otras comprobaciones
Además, realiza otras comprobaciones (abolladura, pandeo lateral) que hacen que el perfil sea incorrecto. Si se superan estos límites Nuevo Metal 3D permitirá que se realice un dimensionamiento, buscando en la tabla de perfiles aquella sección que cumpla todas las condiciones, en caso de que exista. Siempre que se modifique un perfil o barra, habrá cambiado la matriz de rigidez y teóricamente debe volver a calcular y comprobar las barras.

4.4. CIMENTACIONES

En el presente apartado se indican las consideraciones generales tenidas en cuenta para la comprobación y dimensionamiento de los elementos de cimentación definibles en el programa bajo soportes verticales de la estructura definida como apoyo.
Como son elementos con apoyo que no tienen asientos, no influyen en el cálculo de la estructura.
- Zapatas aisladas
El programa Metal 3Defectúa el cálculo de zapatas de hormigón armado y en masa. Siendo el tipo de zapatas a resolver los siguientes:
• Zapatas de canto constante
• Zapatas de canto variable o piramidales
En planta se clasifican en:
• Cuadradas
• Rectangulares centradas

• Rectangulares excéntricas (caso particular: medianeras y de esquina)

Las cargas transmitidas por los soportes, se transportan al centro de la zapata obteniendo su resultante. Los esfuerzos transmitidos pueden ser:

N: axil
Mx: momento x
My: momento y
Qx: cortante x
Qy: cortante y
T: torsor

Las hipótesis consideradas pueden ser: Peso propio, Sobrecarga, Viento, Nieve y Sismo.

Los estados a comprobar son:
• Tensiones sobre el terreno
• Equilibrio

-Encepados sobre pilotes

El programa calcula encepados de hormigón armado sobre pilotes de sección cuadrada o circular de acuerdo a las siguientes tipologías:
• (A) Encepado de 1 pilote.
• (B) Encepado de 2 pilotes.
• (C) Encepado de 3 pilotes.
• (D) Encepado de 4 pilotes.
• (B) Encepado lineal. Puede elegir el número de pilotes. Por defecto son 3.
• (D) Encepado rectangular. Puede elegir el número de pilotes. Por defecto son 9.
• (D) Encepado rectangular sobre 5 pilotes (uno central).
• (C) Encepado pentagonal sobre 5 pilotes.
• (C) Encepado pentagonal sobre 6 pilotes.
• (C) Encepado hexagonal sobre 6 pilotes.
• (C) Encepado hexagonal sobre 7 pilotes (uno central).

4.5. PLACAS DE ANCLAJE

En la comprobación de una placa de anclaje, la hipótesis básica asumida por el programa es la de placa rígida o hipótesis de Bernouilli. Esto implica suponer que la placa permanece plana ante los esfuerzos a los que se ve sometida, de forma que se pueden despreciar sus deformaciones a efectos del reparto de cargas. Para que esto se cumpla, la placa de anclaje debe ser simétrica (lo que siempre garantiza el programa) y suficientemente rígida (espesor mínimo en función del lado).
Las comprobaciones que se deben efectuar para validar una placa de anclaje se dividen en tres grupos, según el elemento comprobado: hormigón de la cimentación, pernos de anclaje y placa propiamente dicha, con sus rigidizadores, si los hubiera.
1. Comprobación sobre el hormigón. Consiste en verificar que en el punto más comprimido bajo la placa no supera la tensión admisible del hormigón. El método usado es el de las tensiones admisibles, suponiendo una distribución triangular de tensiones sobre el hormigón que sólo pueden ser de compresión. La comprobación del hormigón sólo se efectúa cuando la placa está apoyada sobre el mismo, y no se tiene un estado de tracción simple o compuesta. Además, se desprecia el rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje, es decir, la resistencia frente a cortante y torsión se confía exclusivamente a los pernos.
2. Comprobaciones sobre los pernos. Cada perno se ve sometido, en el caso más general, a un esfuerzo axil y un esfuerzo cortante, evaluándose cada uno de ellos de forma independiente. El programa considera que, en placas de anclaje apoyadas directamente en la cimentación, los pernos sólo trabajan a tracción. En caso de que la placa esté a cierta altura sobre la cimentación, los pernos podrán trabajar a compresión, haciéndose la correspondiente comprobación de pandeo sobre los mismos (se toma el modelo de viga biempotrada, con posibilidad de corrimiento relativo de los apoyos normal a la directriz: b = 1) y la traslación de esfuerzos a la cimentación

(aparece flexión debida a los cortantes sobre el perfil). El programa hace tres grupos de comprobaciones en cada perno:

Tensión sobre el vástago. Consiste en comprobar que la tensión no supere la resistencia de cálculo del perno.

Comprobación del hormigón circundante. A parte del agotamiento del vástago del perno, otra causa de su fallo es la rotura del hormigón que lo rodea por uno o varios de los siguientes motivos:

- Deslizamiento por pérdida de adherencia.
- Arrancamiento por el cono de rotura.
- Rotura por esfuerzo cortante (concentración de tensiones por efecto cuña).
- Pernos muy cercanos al borde de la cimentación.
- Espesor reducido de la cimentación.
- El programa no contempla la posibilidad de emplear pernos pasantes, ya que no hace las comprobaciones necesarias en este caso (tensiones en la otra cara del hormigón).

Aplastamiento de la placa. Se comprueba que, en cada perno, no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

4.6. ZAPATAS DE HORMIGÓN EN MASA

Las zapatas de hormigón en masa son aquellas en los que los esfuerzos en estado límite último son resistidos exclusivamente por el hormigón.

Sin embargo, en el programa se pueden colocar parrillas en las zapatas, pero el cálculo se realizará como estructura débilmente armada, es decir, como estructuras en las que las armaduras tienen la misión de controlar la figuración debida a la retracción y a la contracción térmica, pero que no se considerarán a efectos resistentes, es decir, para resistir los esfuerzos.

Conviene señalar que, en contra de la opinión bastante extendida
que existe, las estructuras de hormigón en masa requieren cuidados en su proyecto y ejecución más intensos que las de hormigón armado o pretensado.

En la memoria de cálculo se tratarán los aspectos de estas zapatas que presentan diferencias significativas con las zapatas de hormigón armado, y se hará referencia a la memoria de cálculo de las zapatas de hormigón armado en los aspectos comunes a ambas.

Cálculo de zapatas como sólido rígido

El cálculo de la zapata como sólido rígido comprende, en las zapatas aisladas, dos comprobaciones:

- Comprobación de vuelco.
- Comprobación de las tensiones sobre el terreno.

Cálculo de la zapata como estructura de hormigón en masa

En este apartado es en el que se presentan las diferencias fundamentales con las zapatas de hormigón armado. A continuación, se exponen las tres comprobaciones que se realizan para el cálculo estructural de las zapatas de hormigón en masa.

Comprobación de flexión
Comprobación de cortante
Comprobación de compresión oblicua

4.7. VIGAS CENTRADORAS Y DE ATADO

Vigas centradoras

El programa calcula vigas centradoras de hormigón armado entre cimentaciones. Las vigas centradoras se utilizan para el centrado de zapatas y encepados. Existen dos tipos:

- momentos negativos: As > Ai
- momentos positivos: armado simétrico

Existen unas tablas de armado para cada tipo, definibles y modificables. Los esfuerzos sobre las vigas centradoras son:

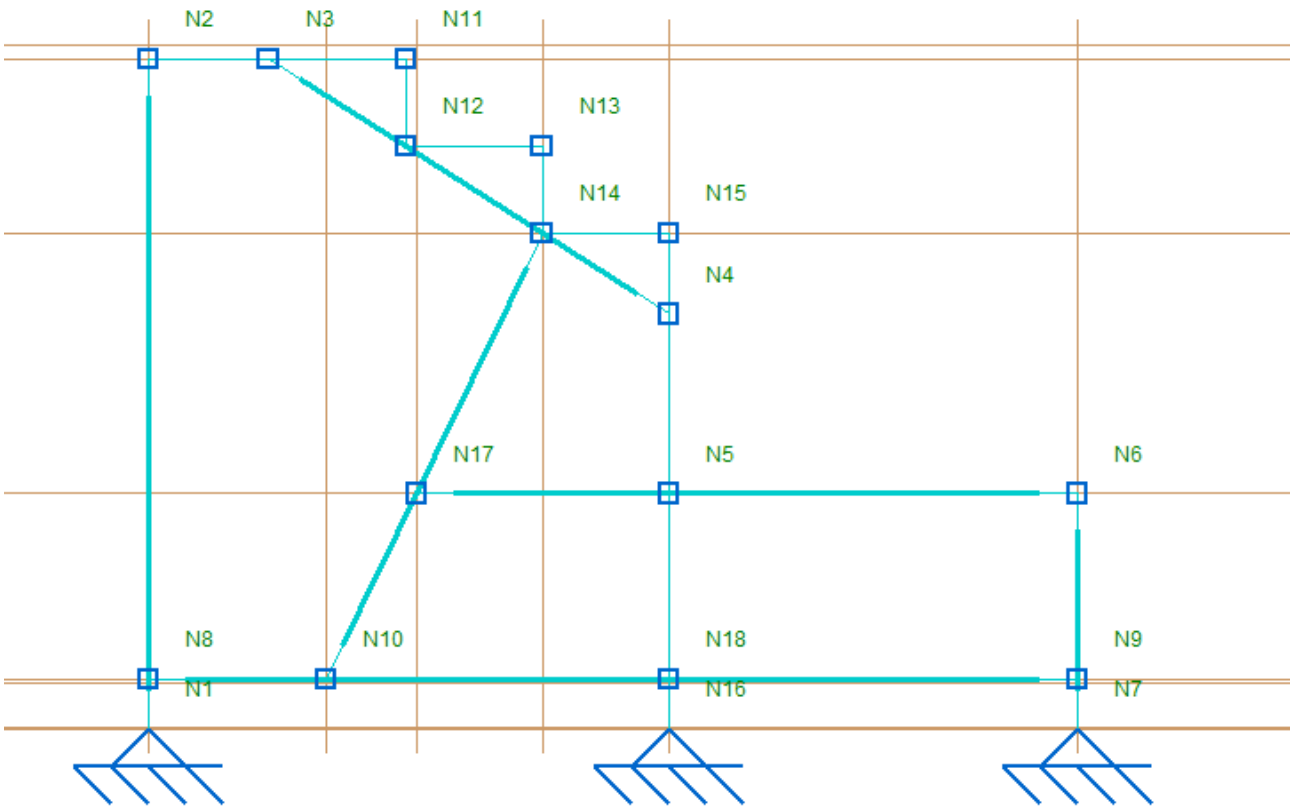
- Momentos y cortantes necesarios para su efecto de centrado.

• No admite cargas sobre ella, ni se considera su peso propio. Se supone que las transmiten al terreno sin sufrir esfuerzos.
• Cuando a una zapata o encepado llegan varias vigas centradoras, el esfuerzo que recibe cada una de ellas es proporcional a su rigidez.
• Pueden recibir esfuerzos sólo por un extremo o por ambos.
• Soportan los esfuerzos axiles de la misma manera que la viga de atado, al igual que la sobrecarga de compactación.

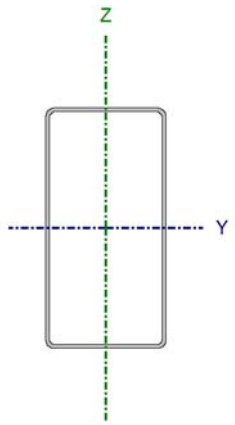
Vigas de atado
El programa calcula vigas de atado entre cimentaciones de hormigón armado. Las vigas de atado sirven para arriostrar las zapatas, absorbiendo los esfuerzos horizontales por la acción del sismo.

5. ANEXO 03: MUESTREO DE ELEMENTOS CALCULADOS

5.1. Barra N8/N2 pórtico minusválidos.



Perfil: #100x50x2
Material: Acero (S275 (EN 10025-2))



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N8	N2	2.500	5.73	74.89	25.63	61.57

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.500	2.500	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013)														Estado
	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N8/N2	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 13.1	x: 2.5 m η = 23.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	η = 1.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.5 m η = 31.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 31.3**

Notación:
- *λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
- *(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
- *(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
- *(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
- *(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
- *(6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

48.00 ≤ 448.92 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*96.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*2.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*3.84*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*1.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*2140673*	kp/cm²
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*2803.26*	kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.052*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.131*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.703* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *13.574* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *5.08* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.1)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: *5.379* t

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *5.08* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.69*

χ_z : *0.40*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *0.92*

ϕ_z : *1.59*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *0.75*

$\bar{\lambda}_z$: 1.28

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 8.665 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : 25.315 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : 8.665 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : 74.89 cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : 25.63 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : 61.57 cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : 0.00 cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : 2.500 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : 2.500 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : 0.000 m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : 4.19 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : 3.61 cm

i_z : 2.11 cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Resistencia a flexión eje Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.235** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.116* t·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *0.494* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *18.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.5)

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

Resistencia a corte Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.013** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.075* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5.919* t

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *3.84* cm²

$$\mathbf{A_V} = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *96.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *2.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *2669.77* kp/cm²

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) $\mathbf{f_y}$: *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-5: 2018, Artículo 5)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

48.00 < **55.46** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *48.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

η: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. η : *1.20*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *2395.51* kp/cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) $\mathbf{f_y}$: *2803.26* kp/cm²

Resistencia a corte Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.075 t ≤ 2.959 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.075* t

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5.919* t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \leq 1$$

η : ***0.235*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.313*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.280*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *0.688* t

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *0.116* t·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.000* t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{M_{N,Rd,y}}$: Momento flector resistente plástico reducido de cálculo, alrededor del eje Y. $\mathbf{M_{N,Rd,y}}$: *0.494* t·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rd,y} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a_w) \leq M_{pl,Rd,y}$$

Siendo:

$\mathbf{n} = N_{c,Ed} / N_{pl,Rd}$ — **n** : *0.045*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — **$N_{pl,Rd}$** : *15.310* t

$M_{pl,Rd,y}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en régimen plástico, respecto al eje Y. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *0.494* t·m

$\mathbf{a_w} = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A \leq 0.5$ — **a_w** : *0.50*

A: Área de la sección bruta. — **A** : *5.73* cm²

b: Ancho del ala. — **b** : *5.00* cm

t_f: Espesor del ala. — **t_f** : *2.00* mm

Resistencia a pandeo: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.3)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *5.73* cm²

$W_{pl,y}$, **$W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra con mayor tensión, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **$W_{pl,y}$** : *18.49* cm³ — **$W_{pl,z}$** : *11.45* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) — **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M1}** : *1.05*

K_{yy}, **K_{yz}**, **K_{zy}**, **K_{zz}**: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_{yy}} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

K_{yy} : *1.04*

$$\mathbf{k_{yz}} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$$

K_{yz} : *0.66*

$$\mathbf{k_{zy}} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$$

K_{zy} : *0.66*

$$\mathbf{k_{zz}} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

K_{zz} : *1.04*

Términos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

μ_y : *0.99*

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

μ_z : *0.95*

$$\mathbf{C_{yy}} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

C_{yy} : 0.98

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

C_{yz} : 0.93

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

C_{zy} : 0.93

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 - e_{LT} \right) \cdot n_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

C_{zz} : 0.99

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_y} \geq 0$$

a_{LT} : 0.18

$$b_{LT} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \bar{\lambda}_0^2 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}}$$

b_{LT} : 0.00

$$c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

c_{LT} : 0.00

$$d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

d_{LT} : 0.00

$$e_{LT} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

e_{LT} : 0.00

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1.5$$

w_y : 1.23

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1.5$$

w_z : 1.12

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

n_{pl} : 0.04

Puesto que:

$$\bar{\lambda}_0 \leq 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)}$$

0.00 ≤ **0.19**

$$C_{m,y} = C_{m,y,0}$$

$C_{m,y}$: 1.00

$$C_{m,z} = C_{m,z,0}$$

$C_{m,z}$: 1.00

$$C_{m,LT} = 1.00$$

$C_{m,LT}$: 1.00

$C_{m,y,0}$, $C_{m,z,0}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y,0}$: 1.00

$C_{m,z,0}$: 1.00

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

C_1 : 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z,

χ_y : 0.66

respectivamente.	χ_z :	0.36	
χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	χ_{LT} :	1.00	
$\bar{\lambda}_{máx}$: Esbeltez máxima entre $\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$.	$\bar{\lambda}_{máx}$:	1.36	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	0.80	
	$\bar{\lambda}_z$:	1.36	
$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_{LT}$:	0.00	
$\bar{\lambda}_0$: Esbeltez reducida, en relación al pandeo lateral, para un momento flector uniforme.	$\bar{\lambda}_0$:	0.00	
$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{el,y}$:	14.98	cm³
	$W_{el,z}$:	10.25	cm³
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$:	25.315	t
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$:	8.665	t
I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	74.89	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	61.57	cm4

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

0.075 t ≤ 2.959 t ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	0.075	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	5.919	t

Resistencia a torsión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

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

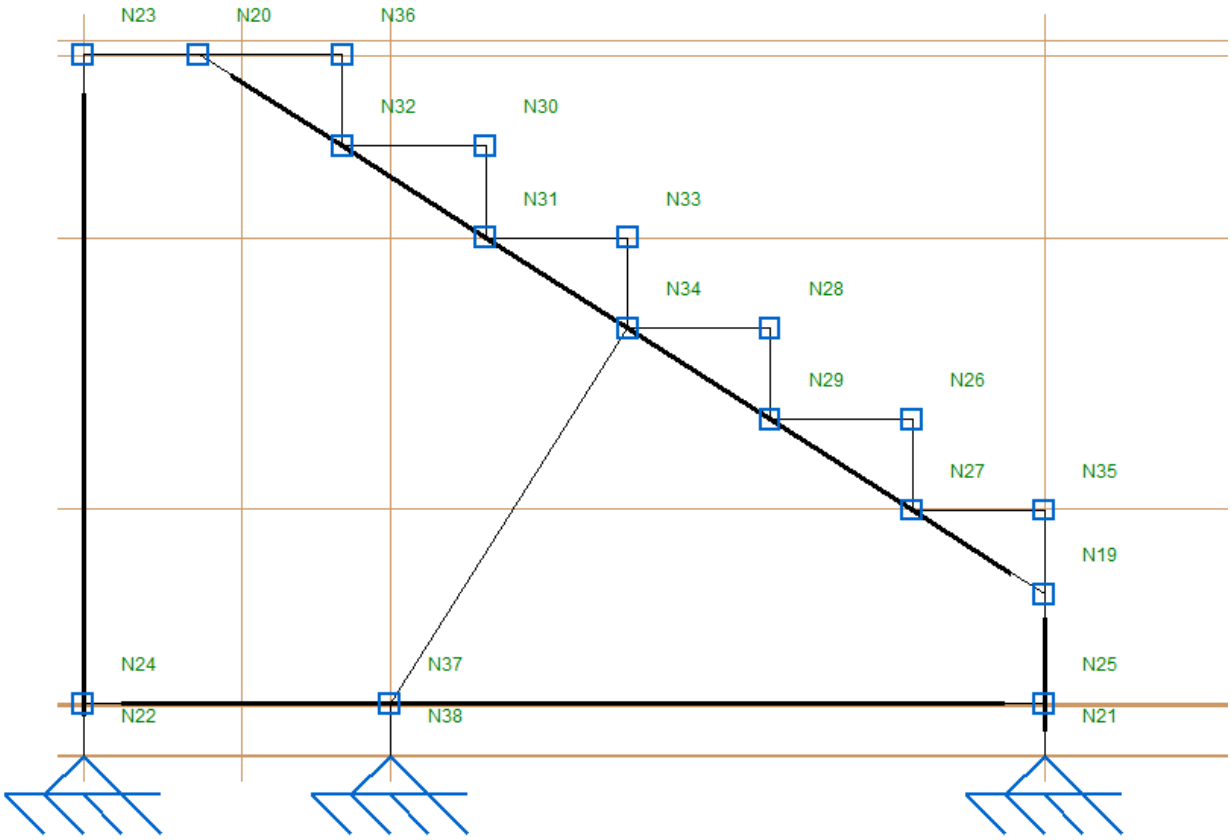
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

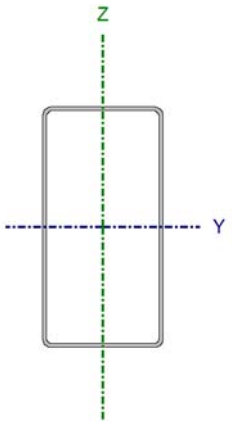
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.2. Barra N24/N23 pórtico tipo.



Perfil: #100x50x2
Material: Acero (S275 (EN 10025-2))



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N24	N23	2.501	5.73	74.89	25.63	61.57

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.501	2.501	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013)															Estado
	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y		
N24/N23	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 15.8	x: 2.501 m η = 36.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	η = 1.8	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.501 m η = 46.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 46.2**

Notación:
- *λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
- *(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
- *(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
- *(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
- *(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
- *(6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

48.00 ≤ 448.92 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*96.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*2.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*3.84*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*1.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*2140673*	kp/cm²
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*2803.26*	kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.062*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.158*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.848* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *13.574* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *5.08* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.1)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: *5.375* t

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *5.08* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.69*

χ_z : *0.40*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *0.92*

ϕ_z : *1.59*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *0.75*

$\bar{\lambda}_z$: 1.28

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 8.656 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : 25.289 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : 8.656 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : 74.89 cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : 25.63 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : 61.57 cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : 0.00 cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : 2.501 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : 2.501 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : 0.000 m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : 4.19 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : 3.61 cm

i_z : 2.11 cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Resistencia a flexión eje Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.362** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.179* t·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *0.494* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *18.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.5)

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

Resistencia a corte Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.018** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.107* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5.919* t

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *3.84* cm²

$$\mathbf{A_V} = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *96.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *2.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *2669.77* kp/cm²

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) $\mathbf{f_y}$: *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-5: 2018, Artículo 5)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

48.00 < **55.46** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *48.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

η: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. η : *1.20*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *2395.51* kp/cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) $\mathbf{f_y}$: *2803.26* kp/cm²

Resistencia a corte Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.107 t ≤ 2.959 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.107* t

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5.919* t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \leq 1$$

η : ***0.362*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.462*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.392*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *0.832* t

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *0.179* t·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.000* t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{M_{N,Rd,y}}$: Momento flector resistente plástico reducido de cálculo, alrededor del eje Y. $\mathbf{M_{N,Rd,y}}$: *0.494* t·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rd,y} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a_w) \leq M_{pl,Rd,y}$$

Siendo:

$\mathbf{n} = N_{c,Ed} / N_{pl,Rd}$ — **n** : *0.054*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — **$N_{pl,Rd}$** : *15.310* t

$M_{pl,Rd,y}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en régimen plástico, respecto al eje Y. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *0.494* t·m

$\mathbf{a_w} = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A \leq 0.5$ — **a_w** : *0.50*

A: Área de la sección bruta. — **A** : *5.73* cm²

b: Ancho del ala. — **b** : *5.00* cm

t_f: Espesor del ala. — **t_f** : *2.00* mm

Resistencia a pandeo: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.3)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *5.73* cm²

$W_{pl,y}$, **$W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra con mayor tensión, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **$W_{pl,y}$** : *18.49* cm³ — **$W_{pl,z}$** : *11.45* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) — **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M1}** : *1.05*

K_{yy}, **K_{yz}**, **K_{zy}**, **K_{zz}**: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_{yy}} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

K_{yy} : *1.05*

$$\mathbf{k_{yz}} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$$

K_{yz} : *0.68*

$$\mathbf{k_{zy}} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$$

K_{zy} : *0.67*

$$\mathbf{k_{zz}} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

K_{zz} : *1.05*

Términos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

μ_y : *0.99*

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

μ_z : *0.94*

$$\mathbf{C_{yy}} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

C_{yy} : 0.97

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

C_{yz} : 0.92

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

C_{zy} : 0.91

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 - e_{LT} \right) \cdot n_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

C_{zz} : 0.98

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_y} \geq 0$$

a_{LT} : 0.18

$$b_{LT} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \bar{\lambda}_0^2 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}}$$

b_{LT} : 0.00

$$c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

c_{LT} : 0.00

$$d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

d_{LT} : 0.00

$$e_{LT} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

e_{LT} : 0.00

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1.5$$

w_y : 1.23

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1.5$$

w_z : 1.12

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

n_{pl} : 0.05

Puesto que:

$$\bar{\lambda}_0 \leq 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)}$$

0.00 ≤ **0.19**

$$C_{m,y} = C_{m,y,0}$$

$C_{m,y}$: 1.00

$$C_{m,z} = C_{m,z,0}$$

$C_{m,z}$: 1.00

$$C_{m,LT} = 1.00$$

$C_{m,LT}$: 1.00

$C_{m,y,0}$, $C_{m,z,0}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y,0}$: 1.00

$C_{m,z,0}$: 1.00

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

C_1 : 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z,

χ_y : 0.66

respectivamente.	χ_z :	0.36	
χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	χ_{LT} :	1.00	
$\bar{\lambda}_{máx}$: Esbeltez máxima entre $\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$.	$\bar{\lambda}_{máx}$:	1.36	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	0.80	
	$\bar{\lambda}_z$:	1.36	
$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_{LT}$:	0.00	
$\bar{\lambda}_0$: Esbeltez reducida, en relación al pandeo lateral, para un momento flector uniforme.	$\bar{\lambda}_0$:	0.00	
$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{el,y}$:	14.98	cm³
	$W_{el,z}$:	10.25	cm³
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$:	25.289	t
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$:	8.656	t
I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	74.89	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	61.57	cm4

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

0.107 t ≤ 2.959 t ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	0.107	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	5.919	t

Resistencia a torsión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

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

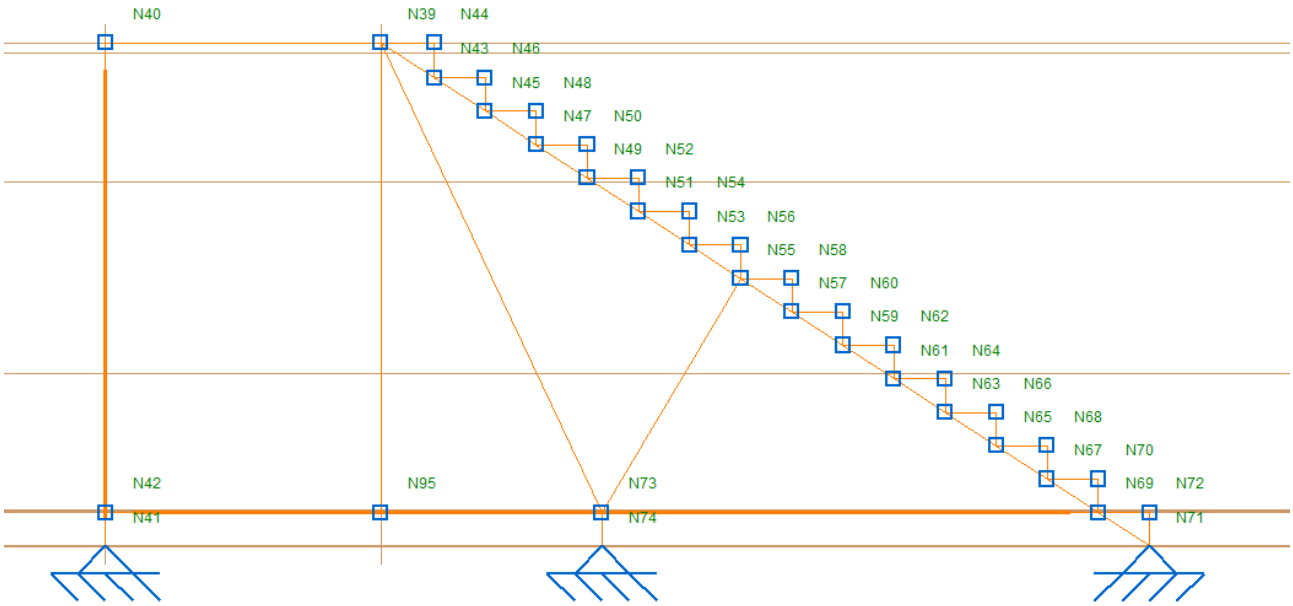
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

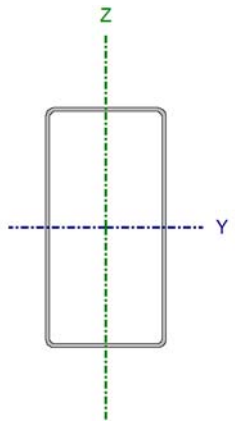
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3. Barra N40/N39 pórtico escalera.



Perfil: #100x50x2
Material: Acero (S275 (EN 10025-2))



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N40	N39	1.508	5.73	74.89	25.63	61.57

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.508	1.508	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013)														Estado
	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N40/N39	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	η = 0.1	x: 1.508 m η = 18.0	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 1.508 m η = 5.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 1.508 m η = 18.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 18.1**

Notación:
- *λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
- *(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
- *(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
- *(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
- *(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
- *(6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

48.00 ≤ 448.92 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	96.00	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	2.00	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	3.84	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	1.00	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	E :	2140673	kp/cm²
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	2803.26	kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.012* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *13.574* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *5.08* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.1)

Si la esbeltez $\bar{\lambda} \leq 0.2$ o la relación **$N_{c,Ed}$ / N_{cr}** ≤ 0.04 se puede ignorar el efecto del pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. $\bar{\lambda}$: *0.77*

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{c,Ed}$ / N_{cr}: Relación de axiles. **$N_{c,Ed}$ / N_{cr}** : *0.001*

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *5.08* cm²

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *23.816* t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *69.580* t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *23.816* t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. — **I_y** : *74.89* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — **I_z** : *25.63* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — **I_t** : *61.57* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. — **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *2140673* kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : *825688* kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. — **L_{ky}** : *1.508* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. — **L_{kz}** : *1.508* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. — **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. — **i_0** : *4.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. — **i_y** : *3.61* cm; **i_z** : *2.11* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. — **y_0** : *0.00* mm; **z_0** : *0.00* mm

Resistencia a flexión eje Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.180*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^+** : *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N39, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^-** : *0.089* t·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *0.494* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *18.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.5)

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

Resistencia a corte Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.052*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N39, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.307* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *5.919* t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *3.84* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *96.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *2.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-5: 2018, Artículo 5)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

48.00 < 55.46 ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *48.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

η: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. η : *1.20*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *2395.51* kp/cm²

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

Resistencia a corte Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.223 t ≤ 2.959 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.223* t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *5.919* t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \leq 1$$

η : **0.180** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : **0.181** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : **0.114** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N39, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo. — $N_{c,Ed}$: 0.012 t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$: 0.089 t·m; $M_{z,Ed}^+$: 0.000 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : 1

$M_{N,Rd,y}$: Momento flector resistente plástico reducido de cálculo, alrededor del eje Y. — $M_{N,Rd,y}$: 0.494 t·m

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} \cdot (1-n) / (1-0.5 \cdot a_w) \leq M_{pl,Rd,y}$$

Siendo:

$$n = N_{c,Ed} / N_{pl,Rd}$$

n : 0.001

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: 15.310 t

$M_{pl,Rd,y}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en régimen plástico, respecto al eje Y. — $M_{pl,Rd,y}$: 0.494 t·m

$$a_w = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A \leq 0.5$$

a_w : 0.50

A: Área de la sección bruta. — **A** : 5.73 cm²

b: Ancho del ala. — **b** : 5.00 cm

t_f: Espesor del ala. — t_f : 2.00 mm

Resistencia a pandeo: (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.3.3)

A: Área de la sección bruta. — **A** : 5.73 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra con mayor tensión, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: 18.49 cm³; $W_{pl,z}$: 11.45 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Tabla 3.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

K_{yy}, K_{yz}, K_{zy}, K_{zz}: Coeficientes de interacción.

$$k_{yy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

K_{yy} : *1.00*

$$k_{yz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$$

K_{yz} : *0.57*

$$k_{zy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$$

K_{zy} : *0.63*

$$k_{zz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

K_{zz} : *1.00*

Términos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

μ_y : *1.00*

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

μ_z : *1.00*

$$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

C_{yy} : *1.00*

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

C_{yz} : *1.00*

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

C_{zy} : *1.00*

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 - e_{LT} \right) \cdot n_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

C_{zz} : *1.00*

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_y} \geq 0$$

a_{LT} : *0.18*

$$b_{LT} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \bar{\lambda}_0^2 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}}$$

b_{LT} : *0.00*

$$c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

c_{LT} : 0.00

$$d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

d_{LT} : 0.00

$$e_{LT} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

e_{LT} : 0.00

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1.5$$

w_y : 1.23

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1.5$$

w_z : 1.12

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

n_{pl} : 0.00

Puesto que:

$$\bar{\lambda}_0 \leq 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)}$$

0.00 ≤ 0.20

$$C_{m,y} = C_{m,y,0}$$

$C_{m,y}$: 1.00

$$C_{m,z} = C_{m,z,0}$$

$C_{m,z}$: 1.00

$$C_{m,LT} = 1.00$$

$C_{m,LT}$: 1.00

$C_{m,y,0}$, $C_{m,z,0}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y,0}$: 1.00; $C_{m,z,0}$: 1.00

C_1: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. — C_1 : 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : 1.00; χ_z : 1.00

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral. — χ_{LT} : 1.00

$\bar{\lambda}_{máx}$: Esbeltez máxima entre $\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$. — $\bar{\lambda}_{máx}$: 0.82

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: 0.48; $\bar{\lambda}_z$: 0.82

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida. — $\bar{\lambda}_{LT}$: 0.00

$\bar{\lambda}_0$: Esbeltez reducida, en relación al pandeo lateral, para un momento flector uniforme. — $\bar{\lambda}_0$: 0.00

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{el,y}$: 14.98 cm³; $W_{el,z}$: 10.25 cm³

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: 69.580 t

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: 23.816 t

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. — I_y : 74.89 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : 61.57 cm4

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

0.223 t ≤ 2.959 t ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *0.223* t

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *5.919* t

Resistencia a torsión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

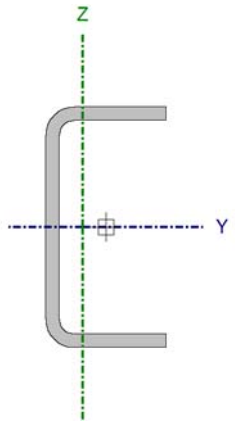
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-1: 2013, Artículo 6.2.7)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.4. Barra N12/N13 Asiento.

Perfil: asiento 3
Material: Acero (S250GD)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_g(3) (mm)	z_g(3) (mm)
N12	N13	0.550	2.70	9.68	1.57	0.08	-4.83	0.00

Notas:
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*
(3) *Coordenadas del centro de gravedad*

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.550	0.550	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012)												Estado
	b / t	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N12/N13	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	η = 0.8	N.P.(2)	x: 0 m η = 110.5	N.P.(3)	x: 0 m η = 14.3	N.P.(4)	N.P.(5)	x: 0 m η = 109.6	η < 0.1	N.P.(6)	**NO CUMPLE η = 110.5**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) *La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
(2) *La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
(3) *La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.*
(4) *La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
(5) *No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
(6) *La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*

Relación anchura / espesor (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h/**t** ≤ 500 **h / t** : ***16.7*** ✓

b/**t** ≤ 50 **b / t** : ***8.3*** ✓

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *50.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *25.00* mm

t: Espesor. **t** : 3.00 mm

Resistencia a tracción (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.2)

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

Resistencia a compresión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.008** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 0.055 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{c,Rd}$: 6.556 t

Donde:

A_g: Área bruta de la sección transversal de la barra. A_g : 2.70 cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. f_{yb} : 2548.42 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo. (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.2)

Si se cumple que $\bar{\lambda} \leq 0.20$ o la relación $N_{c,Ed}$ / $N_{cr} \leq 0.04$ se puede ignorar el efecto del pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_g \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.79

$N_{c,Ed}$ / N_{cr}: Relación de axiles. $N_{c,Ed}$ / N_{cr} : 0.005

Donde:

A_g: Área bruta de la sección transversal de la barra. A_g : 2.70 cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. f_{yb} : 2548.42 kp/cm²

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 10.958 t

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $N_{cr,FT}$: 67.630 t

Resistencia a flexión. Eje Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.4.1)

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

Resistencia a flexión. Eje Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.4.1) ✗

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **1.105** ✗

Para flexión positiva:

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones PP+1.5·Uso400daN/m².

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^{-}$** : *0.024* t·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *0.022* t·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{el}** : *0.91* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. **f_{yb}** : *2548.42* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a flexión biaxial (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.143** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.266* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = 2 \cdot b_d \cdot t \cdot \frac{f_{yb}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$V_{c,Rd}$: *1.865* t

Donde:

b_d: Ancho de las alas horizontales. **b_d** : *22.18* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

f_{yb}: Límite elástico del material base. **f_{yb}** : *2548.42* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción y flexión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1$$

η : ***0.497***

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} - \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***1.096***

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones PP+1.5·Uso400daN/m².

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *0.055* t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{+}$: *0.000* t·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *0.024* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. — $N_{c,Rd}$: *6.556* t

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,com}$: *0.094* t·m; $M_{cz,Rd,com}$: *0.050* t·m

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{cy,Rd,ten}$: *0.094* t·m; $M_{cz,Rd,ten}$: *0.022* t·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{y,Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{y,c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Uso400daN/m².

$$V_{y,Ed} \leq \frac{V_{y,c,Rd}}{2}$$

0.266 ≤ 0.932

Donde:

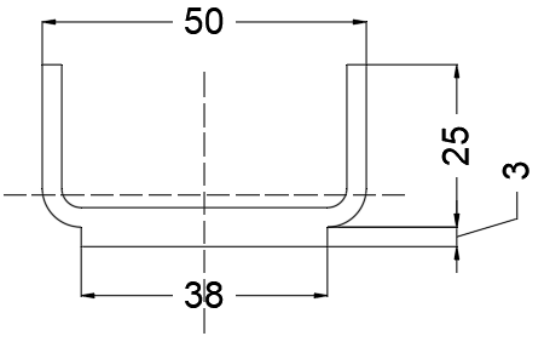
$V_{y,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{y,Ed}^{-}$: *0.266* t

$V_{y,c,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. — $V_{y,c,Rd}$: *1.865* t

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (Eurocódigo 3 UNE-EN 1993-1-3: 2012, Artículo 6.1.6)

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

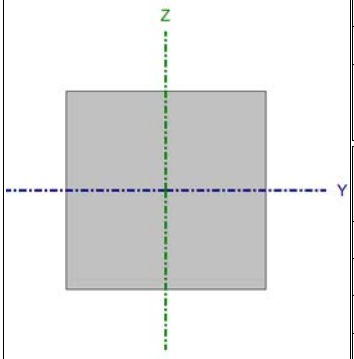
Se reforzará el plegado por su parte inferior con una llanta de 3 mm. de acero galvanizado según el siguiente esquema.



La nueva sección pasará de un módulo resistente de 0.91 cm³ a 2.06 cm³ mejorando su ratio e resistencia a flexión de 1.10 a 0.48 y, por tanto, cumpliendo

5.5. Barra N96/N97 Poste Vallado

Perfil: S-160x160
Material: Madera (C18)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N96	N97	1.600	256.00	5461.33	5461.33	9175.04

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.600	1.600	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M)											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N96/N97	N.P.(1)	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η = 99.6	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m η = 44.7	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 99.7	N.P.(7)	**CUMPLE η = 99.7**

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

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
(7) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

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

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

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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

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

η : ***0.001*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

η : **0.001** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: — $\sigma_{c,0,d}$: 0.08 kp/cm²

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{c,0,d}$: 0.021 t

A: Área de la sección transversal — **A** : 256.00 cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: — $f_{c,0,d}$: 84.69 kp/cm²

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : 0.60

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 183.49 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : 1.30

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

χ_c: Factor de inestabilidad, dado por: — $\chi_{c,y}$: 0.92; $\chi_{c,z}$: 0.92

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

Donde:

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

k_y : 0.71; k_z : 0.71

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas — β_c : 0.20

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: — $\lambda_{rel,y}$: 0.60; $\lambda_{rel,z}$: 0.60

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

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra — $E_{0,k}$: 61162.08 kp/cm²

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 183.49 kp/cm²

λ: Esbeltez mecánica, dada por: — λ_y : 34.64; λ_z : 34.64

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

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$:	1600.00	mm
$L_{k,z}$:	1600.00	mm

i: Radio de giro

i_y :	46.19	mm
i_z :	46.19	mm

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

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

η : **0.996** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·ImpactoRes1000daN.

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

Resistencia de la sección transversal a flexión:

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

$\sigma_{m,y,d}^+$:	0.00	kp/cm²
$\sigma_{m,y,d}^-$:	154.69	kp/cm²

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

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^+$:	0.000	t·m
$M_{y,d}^-$:	1.056	t·m

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

$W_{el,y}$:	682.67	cm³

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

$f_{m,y,d}^+$:	84.69	kp/cm²
$f_{m,y,d}^-$:	155.26	kp/cm²

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

Donde:

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

k_{mod}^+ :	0.60	
k_{mod}^- :	1.10	

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase⁺ :	Permanente	
Clase⁻ :	Instantánea	

Clase de servicio

Clase :	2	

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

$f_{m,k}$:	183.49	kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h :	1.00	

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

$$k_h = 1.0$$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M :	1.30	

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

Se debe satisfacer:

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

η : *0.447* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·ImpactoRes1000daN.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *13.12* kp/cm²

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

Donde:

V_d: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *1.500* t

A: Área de la sección transversal — **A** : *256.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *29.33* kp/cm²

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Instantánea) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *1.10*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *34.66* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

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

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N96, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·ImpactoRes1000daN.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : **0.996** ✓

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

η : **0.697** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

η : **0.997** ✓

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

η : **0.698** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

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

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: — $\sigma_{c,0,d}$: *0.08* kp/cm²

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{c,0,d}$: *0.021* t

A: Área de la sección transversal — **A** : *256.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: — $\sigma_{m,y,d}$: *154.69* kp/cm²; $\sigma_{m,z,d}$: *0.00* kp/cm²

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

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo — $M_{y,d}$: *-1.056* t·m; $M_{z,d}$: *0.000* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal — $W_{el,y}$: *682.67* cm³; $W_{el,z}$: *682.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: — $f_{c,0,d}$: *155.26* kp/cm²

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Instantánea) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *1.10*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: *183.49* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: — $f_{m,y,d}$: *155.26* kp/cm²; $f_{m,z,d}$: *155.26* kp/cm²

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Instantánea) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *1.10*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión — $f_{m,k}$: *183.49* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: **$k_{h,y}$** : *1.00*
$k_{h,z}$: *1.00*

Eje y:

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

$k_h = 1.0$

Eje z:

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

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal **k_m** : *0.70*

χ_c: Factor de inestabilidad **$\chi_{c,y}$** : *0.92*
$\chi_{c,z}$: *0.92*

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

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

En Pamplona a 01 de octubre de 2024.

JAVIER LANDA CASTILLEJO
Ingeniero Industrial
Colegiado nº 1.119 del COIIN

ANEJO 2.JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CTE. DB-SI: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.

El ámbito de aplicación que se establece con carácter general para el conjunto del CTE es, a su vez, el que se establece en la LOE, el cual contempla únicamente edificios de carácter permanente. Por tanto, las estructuras provisionales tipo carpas, circos, etc. no están reglamentariamente dentro de dicho ámbito de aplicación.
Se aplica en este caso para el dimensionado de los elementos de evacuación y cálculo de ocupación.

SECCION DB SI 3 "EVACUACION DE LOS OCUPANTES".

CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN.

Para el cálculo de aforo se ha tenido en cuenta que las localidades son fijas, de asiento, distribuidas en filas de 55 cm de fondo y 50 cm de anchura.
Se ha dividido el graderío de 5 sectores, entre pasos radiales, indicados en la documentación gráfica, que servirán también para realizar el cálculo de las dimensiones de los medios de evacuación.

Sector 1	119 personas
Sector 2	227 personas
Sector 3	45 personas
Sector 4	242 personas
Sector 5	170 personas
Total Aforo	*803 personas*

En este aforo se incluyen 9 plazas accesibles en el sector 3.

NUMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.

El recinto dispone de tres salidas, dos escaleras de evacuación descendente y una rampa descendente.

Altura de evacuación 2,75 m <28 m. en escaleras, salidas 1 y 3.

Altura de evacuación 1,00 m <28 m. en rampa, salida 2.

Los recorridos de evacuación se realizan al aire libre, siendo irrelevante el riesgo de declaración de un incendio. El recorrido más desfavorable se produce en el sector 5: su longitud es de 32,8 m <50 m<75 m.

DIMENSIONADO DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN.

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE LOS OCUPANTES.

Salida 1, escalera: 233 personas. Asignación de los ocupantes del sector 1 y parte del sector 2.
Salida 2, rampa: 279 personas. Asignación de los ocupantes del sector 3 y parte del sector 2 y del sector 4.
Salida 3, escalera: 291 personas. Asignación de los ocupantes del sector 5 y parte del sector 4.

Total Ocupación: 803 personas

CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN.

Como el número de salidas de evacuación es mayor o igual a dos, para el dimensionado de dichas salidas se ha supuesto una de ellas bloqueada en su totalidad.

En el caso del bloqueo de la salida 3, la asignación de ocupante a la salida 2 sería de 570 personas.
En zonas al aire libre:

Pasos, pasillos y rampas: $A \geq P/600$
$A \geq 0{,}95$ m

Anchura mínima de la rampa de evacuación es de 1,25 m>0,95 m.

En el caso del bloqueo de la salida 2, la asignación de ocupante a la salida 3 sería de 431 personas.

Escaleras: $A \geq P/480$

$A \geq 0{,}90$ m

Anchura mínima de la escalera de evacuación es de 1,00 m>0,95 m.

Los pasos radiales y pasillo superior disponen de una anchura de un metro.

Los recorridos de evacuación no disponen de puertas.

Estella, para Allo, Octubre de 2024
Fdo.: Los Arquitectos.

Martín J. Sanz de Acedo Alicia Sanz de Acedo Pablo Sanz de Acedo Miguel A. Casado José Ramón Cortés

ANEJO 4. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL DB-SUA: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

El objetivo del requisito básico SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento, así como en facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad.

SECCIÓN SUA-1. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAÍDAS.

1.1. RESBALADICIDAD DE LOS SUELOS.

Uso pública concurrencia:

Zonas exteriores Clase 3.

Pavimento en graderío y rampa de tablero contrachapado de abedul finlandés, recubierto con film fenólico y clase 3 en aplicaciones exteriores.

Peldañeado antideslizante R-11 en escaleras, chapa lagrimada 3/5. Los suelos clasificados como R11 se consideran seguros de acuerdo al DA-DB SUA/3

1.2. DISCONTINUIDADES EN EL PAVIMENTO.

No es de aplicación al tratarse de una zona exterior.

1.3 DESNIVELES.

PROTECCIÓN DE LOS DESNIVELES.

Con el fin de limitar el riesgo de la caída, existen en el proyecto barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas, con una diferencia de cota mayor que 55 cm.

No existe hueco en la vertical de las gradas, asiento y tabica están cerrados con tablero contrachapado de abedul finlandés. El hueco lateral entre las dos primeras gradas y la zona accesible se protege con el mismo tablero. El hueco entre graderío y tramo de rampa R1 se protege con barandilla a nivel de rampa y perimetral inclinada a nivel de gradas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN.

ALTURA

La diferencia de cota que protegen las barreras de protección es en todos los casos inferior a 6 m. Su altura es superior a 0,90 m.

Barandilla perimetral de graderío. Tramos rectos:	h de barandilla 100 cm $\geq$90 cm
Barandilla perimetral de graderío. Tramos inclinados:	h de barandilla 90 cm $\geq$90 cm
Barandilla inferior de graderío. Tramos rectos:	h de barandilla 91 cm $\geq$90 cm
Barandilla inferior de graderío. Tramos inclinados:	h de barandilla 90 cm $\geq$90 cm
Barandilla de escaleras. Tramos rectos:	h de barandilla 100 cm $\geq$90 cm
Barandilla de escaleras. Tramos inclinados:	h de barandilla 92 cm $\geq$90 cm
Barandilla en rampa.	h de barandilla 90 cm $\geq$90 cm
Contrabarrera.	h de protección 90 cm $\geq$90 cm

RESISTENCIA

Las barreras de protección tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado 3.2 del Documento Básico SE-AE

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Las limitaciones de este apartado se aplicarán a todas las barreras de protección.

a) No podrán ser fácilmente escaladas por los niños, para lo cual:

- En la altura comprendida entre 30 cm y 50 cm sobre el nivel del suelo o sobre la línea de inclinación de una escalera no existirán puntos de apoyo, incluidos salientes sensiblemente horizontales con más de 5 cm de saliente.

- En la altura comprendida entre 50 cm y 80 cm sobre el nivel del suelo no existirán salientes que tengan una superficie sensiblemente horizontal con más de 15 cm de fondo.

b) No tendrán aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 10 cm de diámetro, exceptuándose las aberturas triangulares que forman la huella y la contrahuella de los peldaños con el límite inferior de la barandilla, siempre que la distancia entre el límite y la línea de inclinación de la escalera no exceda de 5 cm.

ESCALERAS Y RAMPAS.

ESCALERAS DE USO GENERAL.

PELDAÑOS

En tramos rectos, la huella medirá 280 mm como mínimo, y la contrahuella 130 mm como mínimo y 175 mm como máximo, por ser zona de uso público.

La huella H y la contrahuella C cumplirán a lo largo de una misma escalera la relación:
54 cm ≤2C+H ≤ 70 cm

Escaleras: Huella H=28 cm; Tabica C=17,18 cm

54 cm ≤ 62,36 ≤ 70 cm

Las escaleras, de evacuación descendente, carecen de tabica, no disponen de bocel.

No hay tramos curvos de escalera.

La medida de la huella no incluye la proyección vertical de la huella del peldaño superior.

TRAMOS

Cada tramo salvará una altura 2,58 m. En este caso no se aplica el límite de 2,25 m al considerar que es un tramo único en una estructura desmontable de carácter no permanente y con acceso de rampa alternativo.

Los tramos de escalera son rectos.

Todos los peldaños tienen la misma huella y contrahuella.

La anchura útil del tramo se ha determinado de acuerdo con las exigencias de evacuación establecidas en el apartado 4 de la Sección SI 3 del DB SI y será como mínimo de 110 cm según la tabla 4.1. de este apartado.

La anchura de la escalera está libre de obstáculos. La anchura se ha medido entre barrerasa de protección. Los pasamanos no sobresalen de la barandilla.

MESETAS

Las mesetas una anchura de 1,1 metros, y una longitud que supera el esta dimensión.

PASAMANOS

Las escaleras disponen de pasamanos a ambos lados.

El pasamanos estará a una altura comprendida entre 0,90 y 1,10 m.

El pasamanos es firme y fácil de asir, está separado del paramento al menos 4 cm y su sistema de sujeción no interfiere el paso continuo de la mano.

RAMPAS.

La rampa es un itinerario accesible.

PENDIENTE

La rampa está formada por tramos de longitud inferior a 3 metros, con una pendiente del 10%. Salva un desnivel de un metro.

La pendiente transversal es inferior al 2%.

TRAMOS.

Los tramos de las rampas del espacio interior cumplen con las limitaciones de longitud y anchura exigidas. La anchura de la rampa está libre de obstáculos.

La anchura de útil de la rampa es de 1,25 m.

La rampa dispone de una superficie horizontal al principio y al final de una longitud superior a 1,20 m.

MESETAS

Las mesetas entre los tramos de la misma dirección son de la anchura de la rampa y su longitud es de 1,50 m. La meseta de cambio de dirección tampoco reduce su anchura y permite un espacio para giro de diámetro 150 cm.

PASAMANOS

La rampa dispone de doble pasamanos a ambos lados. Un pasamanos a una altura de 90 cm y otro a una altura entre 65-75 cm.

PASILLOS ESCALONADOS DE ACCESO A LOCALIDADES EN GRADERÍOS Y TRIBUNAS.

Los pasillos escalonados de acceso a localidades en zonas de espectadores tales como patios de butacas, anfiteatros, graderíos o similares, tendrán escalones con una dimensión constante de contrahuella. Las huellas podrán tener dos dimensiones que se repitan en peldaños alternativos, con el fin de permitir el acceso a nivel a las filas de espectadores.

LIMPIEZA DE LOS ACRISTALAMIENTOS EXTERIORES.

No es de aplicación.

SECCIÓN SUA-2. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O ATRAPAMIENTO.

IMPACTO.

No hay riesgo de impacto con elementos fijos, practicables, frágiles o insuficientemente perceptibles.

ATRAPAMIENTO.

No existe riesgo de atrapamiento producido por puertas correderas de accionamiento manual., ni por elementos de apertura y cierre automáticos.

SECCIÓN SUA-3. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO EN RECINTOS.

No existe el riesgo de que los usuarios puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos.

SECCIÓN SUA-4. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA.

No se proyecta instalación de iluminación.

SECCIÓN SUA-5. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR SITUACIONES DE ALTA OCUPACIÓN.

No es de aplicación.

SECCIÓN SUA-6. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO.

No es de aplicación.

SECCIÓN SUA-7. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO.

No es de aplicación.

SECCIÓN SUA-8. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR EL RAYO.

No es de aplicación.

SECCIÓN SUA-9. ACCESIBILIDAD.

CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD

El recinto dispone de un itinerario accesible mediante rampa, que comunica el exterior directamente con las plazas reservadas para usuarios en silla de ruedas.

DOTACIÓN DE ELEMENTOS ACCESIBLES

Se reserva 1 plaza por cada 100 personas o fracción. En este caso la ocupación del espacio es de 803 personas, se reservan 9 plazas para usuarios en silla de ruedas.

CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN Y SEÑALIZACIÓN PARA LA ACCESIBILIDAD

DOTACIÓN

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización independiente, no discriminatoria y segura de los edificios, se señalizarán los elementos que se indican a continuación, con las características indicadas en el apartado 2.2 siguiente, en función de la zona en la que se encuentren.

Entradas al edificio accesibles.
Itinerarios accesibles.
Plazas reservadas.

CARACTERÍSTICAS

La entrada accesible, el itinerario accesible y las plazas reservadas se señalizarán mediante SIA, complementando en su caso con flecha direccional.

Las plazas reservadas tienen unas dimensiones de 0,80x1,20 m. Dispones de espacio anejo para el acompañante.

Estella, para Allo, Octubre de 2024
Fdo.: Los Arquitectos.

Martín J. Sanz de Acedo Alicia Sanz de Acedo Pablo Sanz de Acedo Miguel A. Casado José Ramón Cortés

ANEJO 4. PROTOCOLO TÉCNICO DE MONTAJE.

Para el correcto montaje del graderío estructural, así como sus elementos correspondientes para formar el conjunto, este protocolo tiene por objeto describir los pasos a seguir de acuerdo a la documentación del presente proyecto.

a) Es necesario que el emplazamiento cumpla con las condiciones indicadas en este documento. El apoyo de os elementos estructurales debe realizarse sobre una solera de hormigón armado de 15 cm de espesor con un mallazo de la menos 15*15*6.
b) En el momento del montaje deben estar ejecutadas las cajas de anclaje para colocación de postes de ruedo y cierres de portones indicados en este documento. Estas arquetas de anclaje, junto con el edificio existente, servirán de referencia para la ubicación de las cerchas.
c) Se realizará un replanteo general previo a la colocación de la primera cercha, que es la que se colocará en la esquina este del recinto, junto a los aseos portátiles. Marcando ejes, centros de radio en esquinas y tramos rectos.
d) A la vez que se van, montando costillas estructurales de graderío y todos los elementos que forman la estructura de contrabarrera, según planos, se irá procediendo a la colocación de asientos y tabicas por otros operarios, ya que ambos trabajos no son incompatibles y se afianzando el montaje del conjunto.
e) Las cerchas disponen de husillos de nivelación que deberán irse ajustando en cada una, y que no quede ningún apoyo cojo.
f) Se irá comprobando en todo momento el asiento del graderío, garantizando su completo apoyo.
g) Una vez iniciado el proceso de montaje como se ha dicho, este será repetitivo hasta la finalización del montaje.
h) Escaleras y rampas de acceso se irán colocando según se va avanzando en la colocación de las cerchas.
i) Una vez montado el graderío se procederá a la colocación de las barandillas de seguridad. Los paneles de cerramiento exterior se montarán al final y desde arriba, previamente a la colocación del panel se realizarán los arriostramientos indicados en este documento.
j) Paralelamente o después se colocan los postes del ruedo, calzándolos en sus arquetas, dispuestas en el pavimento. Los tableros de madera del ruedo se colocarán desde arriba, alojados en los perfiles metálicos de los postes con sus pasadores.
k) Posteriormente se colocarán los burladeros, puertas exteriores, montaje de corrales o chiqueros, que será lo último que se monte.
l) A
m) Para finalizar se colocarán las señalizaciones requeridas.
n) El desmontaje del recinto se hará en sentido inverso al montaje, siendo importante que el transporte y carga de los elementos lleve un orden.

Estella, para Allo, Octubre de 2024
Fdo.: Los Arquitectos.

Martín J. Sanz de Acedo Alicia Sanz de Acedo Pablo Sanz de Acedo Miguel A. Casado José Ramón Cortés