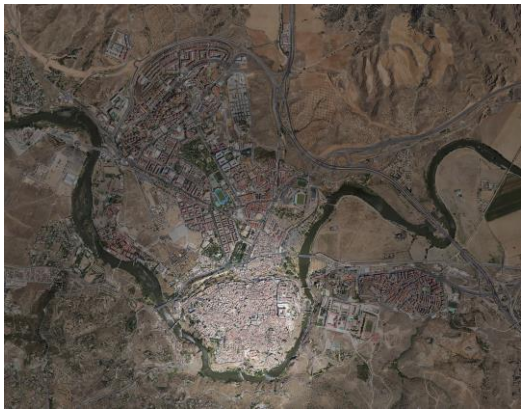
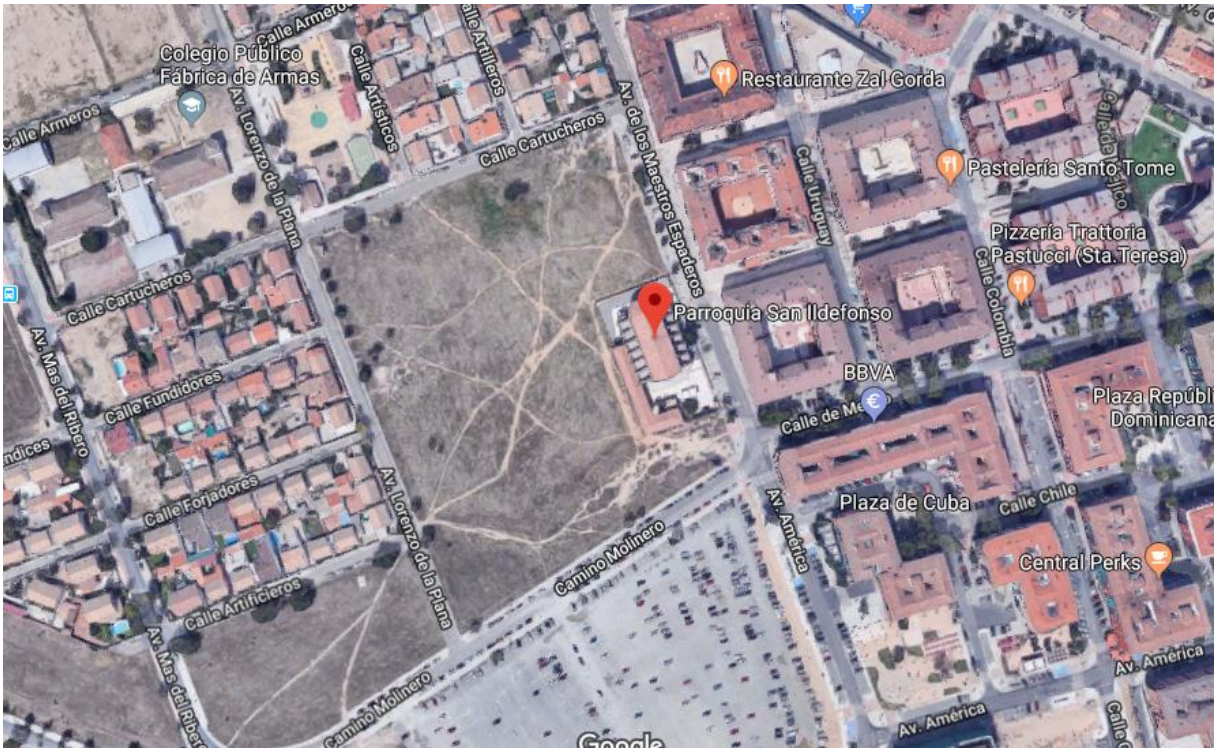
1. MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto se localiza en Toledo, capital de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. La ciudad se sitúa 90 kilómetros al sur de Madrid y actualmente está conectada a ésta mediante la línea de AVE, lo que supone una gran afluencia de turismo que va y viene en el día. Toledo es por tanto una ciudad turística de clima mediterráneo continental.



La ciudad se conoce como la ciudad de las Tres Culturas, dado que a lo largo de su historia han convivido en ella judíos, musulmanes y cristianos. Todos los vestigios de estas culturas se engloban en el casco histórico de la ciudad, dentro de la muralla la mayoría.
Es precisamente en el casco donde se encuentra uno de los campus de la Universidad de Castilla-LaMancha. El otro campus, el tecnológico se localiza en los edificios de la antigua Fábrica de Armas, que ha sido rehabilitado a medida que se ha requerido más espacio.

La Vega Baja se sitúa al norte del centro histórico de Toledo, España. Es un gran vacío urbano, que pese a su situación privilegiada, a los pies del casco histórico, se ha mantenido libre hasta la actualidad. La principal causa de ello radica en el uso militar que del recinto realiza la Real Fábrica de Armas, que se mantiene en uso desde su construcción en el siglo XVIII hasta el cese de su actividad militar a finales de los años 90, cuando se convierte en la nueva sede de la Universidad de Castilla La Mancha, mediante un convenio del Ministerio de Defensa y el Ayuntamiento de Toledo. El suelo adyacente se recalifica para la construcción de 1300 viviendas y equipamientos.
Este nuevo ensanche se paraliza en 2005, cuando los estudios arqueológicos confirman la presencia de lo que parece ser una gran estructura urbana de la época visigoda.



PARCELA DE ACTUACIÓN

La parcela se sitúa en el borde urbano del Barrio de Santa Teresa. Con una superficie total de 28974 m^2 , limita al Este con la avenida de Los Maestros espaderos, al Norte con la calle cartucheros, al Oeste con la Avenida Lorenzo de la Plana y al Sur con la calle México o camino de Molineros.
Longitud 190 m y ancho de 156 m.
En ella se inserta la parroquia de San Ildefonso de planta baja mas uno, y linda con viviendas plurifamiliares de planta baja mas cuatro al Este y viviendas unifamiliares de planta baja al Norte y al Oeste.

VIVIENDAS PARA ESTUDIANTES

El proyecto se plantea como un pequeño complejo conformado por una serie de cubos de 5 m de lado y 7 m de altura en los que se concentran las unidades habitacionales. Estas unidades habitacionales se adosan entre si en sentido este oeste conformando bloques lineales de altura planta baja más uno y longitud 90 metros que recorren la parcela en su totalidad.

La propuesta consta de 3 bloques de 90 m, con capacidad para al menos 14 usuarios y máximo 20, y otros 4 bloques de 50 m con capacidad para un mínimo de 8 usuarios y máximo 12.

Todos los recorridos que estructuran el proyecto son peatonales y para bicicletas. Viales sentido este oeste de ancho 3 m, con adoquinado y borde hasta edificación de césped o albero. Los viales Norte Sur son de ancho 5 m.

La fachada Norte la conforma un aparcamiento con capacidad de 70 plazas de aparcamiento 4 de las cuales serán reservadas.

Anexo al aparcamiento el primer bloque en el que se sitúan las 4 viviendas adaptadas que exige la norma de accesibilidad de Castilla La Mancha se abre al interior configurando un acceso a los viales internos. En todos los bloques se practican aberturas que se corresponden con la sustracción de dos de los módulos habitacionales, permitiéndose de este modo recorridos internos en sentido Norte Sur y viceversa.

El borde con la calle México en el que el plan director prevee el ensanche de la calle México para mejorar el flujo de tráfico rodado en la zona, por lo que se ha optado por resolver dicho borde con la creación de un parque que amortigua el impacto que una vía de estas características puede generar en las viviendas, y además configura un nuevo acceso a la parroquia de San Ildefonso.

Al Oeste, el borde con la calle Lorenzo de la Plana, se proyecta la creación de un parque corredor de 8400 m^2 que conecta con un espacio verde existente al Norte de la parcela. Se alterna arbolado de mayor tamaño con especies como el plátano de sombra, las moreras y el pino y arbolado de menor tamaño más ornamental como son las acacias, jacarandas y naranjos. La disposición de dicho arbolado y el adoquinado propuesto que se introduce y aleja a lo largo del eje longitudinal, genera espacios de esparcimiento para el disfrute de los ciudadanos y los usuarios de las viviendas.

El proyecto consta de viviendas de carácter individual y viviendas de carácter colectivo.
Viviendas de carácter individual, planta baja salón cocina y planta superior dormitorio. De superficie 56 m2.
Viviendas de carácter colectivo, se han creado viviendas de dos dormitorios y de cuatro dormitorios.
Vviendas de dos dormitorios dispuestos en planta baja y primera uno encima del otro de 28 m^2 cada uno con baño privado de 5 m^2 y zona común salón cocina en planta baja de 25 m^2, con doble altura y una escalera que da acceso a la habitación situada en planta primera.

Viviendas de cuatro dormitorios de 28 m^2 cada una y las dos de planta baja adaptadas, de igual superficie con baño privado de 5 m^2. Cuentan con una zona común en planta baja que articula el acceso a las habitaciones con salón y cocina comedor de 25 m^2 cada uno.

Los usos comunes de este complejo se sitúan en planta primera y liberan su planta baja facilitando la circulación interior. Se proyectan 4 bloques de dimensiones variables según su uso.
Gimnasio superficie 267 m^2. Da servicio a la ciudad y a los usuarios del proyecto y tiene unas dimensiones de 27m de largo por 9,8 m de ancho.

Biblioteca 296 m^2. Da servicio a la ciudad y a los usuarios del proyecto y tiene unas dimensiones de 30m de largo por 9,8 m de ancho.

Sala de estudios 267 m^2. Da servicio solo a los usuarios del proyecto y tiene unas dimensiones de 27m de largo por 9,8 m de ancho.

Sala de estar y juegos 267 m^2. Da servicio solo a los usuarios del proyecto y tiene unas dimensiones de 27m de largo por 9,8 m de ancho.

2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO

El sistema constructivo básico es el de cimentación mediante zapata corrida.. Estructura portante vertical formada por pilares de acero laminado y la estructura horizontal por forjados unidireccionales de chapa colaborante. Cubierta plana invertida.

Mientras no se disponga del preceptivo estudio geotécnico previo a la redacción del Proyecto de Ejecución, por referencias del entorno se prevé que los parámetros a considerar en la cimentación serán:

Tipo de suelo: Blando
Tensión admisible del terreno: 10 Tn/m2
Módulo de Balastro: 10000 Tn/m3

2.2 SISTEMA ESTRUCTURAL:

- **Trabajos previos:** El solar al replanteo se presentará limpio y explanado. Se procederá a comprobar las dimensiones del mismo respecto al proyecto y se tomarán puntos de nivelación para el acondicionamiento del terreno.

- **Movimiento de tierras:** Se realizará la excavación y vaciado de la losa de cimentación y redes de saneamiento así como pozos para ejecución de arquetas de registro, mediante medios manuales hasta el firme que adopte la Dirección Técnica. Las tierras extraídas se transportarán a vertedero salvo las necesarias para rellenos y compactación que apruebe la Dirección Técnica.

Se prevé así mismo el relleno y compactación de zahorras para base de losa, compactadas hasta un 100% PM y con un espesor medio de 30 cm.

●**Cimentación:** Se prevé cimentación por losa de HA de canto 40cm, sobre una capa de hormigón de limpieza de 10cm. El material utilizado será HA 25 con acero B 500S.

Las características de los materiales estructurales básicos, serán:

Cemento: cemento Portland PA-350
Áridos: árido rodado con un tamaño máximo de 30mm y con curva granulométrica continua.
Agua: se aceptará cualquier tipo de agua potable
Aditivos: se consultarán con la Dirección Técnica.
Hormigón: Hormigón en masa HM-20/P/40/ IIa. Fck: 20 N/mm2. Tamaño max del árido: 40 mm rodado. Consistencia seca plástica. Asiento en el cono de Abrams: 3 a 5 cm.
Hormigón armado HA-25/B/20/ IIa. Fck: 25 N/mm2. Tamaño max del árido: 20 mm rodado. Consistencia blanda. Asiento en el cono de Abrams: 6 a 9 cm.
Acero: B-500S para barras corrugadas. Limite elástico 500 n/mm2. Carga unitaria de rotura 550 n/mm2 y alargamiento de rotura igual a 12.

●**Estructura vertical**: Sobre las zapatas se dispondrá una estructura metálica compuesta por pilares de acero laminado.

●**Estructura portante:** Se prevé sobre la estructura vertical forjados unidireccionales de chapa colaborante MT- 60 de 12+4.

2.3 SISTEMA ENVOLVENTE:

El cerramiento general constituye una envolvente que limita los espacios habitables con el ambiente exterior de características tales que limitan adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico, acústico,..., en función del clima, la localidad y el uso del edificio.

- **Cerramiento exterior de fachada:** cerramiento compuesto formado por: citara de ladrillo perforado cara vista, embarrado de mortero de cemento, aislamiento de poliuretano, cámara de aire, tabique de paneles prefabricados y revestimiento interior.

- **Cubierta:** las cubiertas serán invertidas, no transitable. Compuestas de abajo a arriba por: barrera de vapor, formación de pendiente, capa de mortero de regularización, aislamiento térmico, mortero de protección y capa de mortero de agarre sobre la que apoya el solado cerámico.

- **Cerramientos medianeros:** cerramiento compuesto formado por: tabique de ladrillo hueco doble, aislamiento de poliuretano, cámara de aire, tabique de ladrillo hueco doble, enlucido de yeso y revestimiento interior.

- **Carpintería exterior:** La carpintería exterior de la fachada se proyecta en aluminio con rotura de puente térmico. La puerta de acceso de perfiles de hierro y vidrio, con cerradura de seguridad.

- **Cerrajería:** los elementos de cerrajería serán de hierro pintado formado por tubos y pletinas.

- **Vidrios exteriores:** para los huecos exteriores se empleará doble acristalamiento termo acústico 6+10+6 incoloro.

2.4 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN:

Lo constituyen todos los elementos de compartimentación de los espacios habitables y no habitables interiores de características tales que limitan adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico, acústico,..., en función del clima, la localidad y el uso del edificio.

- **Particiones interiores:** particiones compuestas por prefabricados de la casa Knauf. Con características distintas según la habitación.

- **Carpintería de madera interior:** La carpintería interior de puertas de paso, se proyecta de madera, con hojas ciegas, según los tipos. Las hojas serán prefabricadas y normalizadas, chapadas en madera de pino para barnizar de 35 mm de espesor, canteadas por sus bordes laterales, cerco, precerco y tapajuntas del mismo material. Los bastidores serán del mismo material. Los herrajes de colgar y seguridad y cierre de maniobra de manivela tipo pomo de 1º calidad y acabado mate, con cierre por resbalón. Las puertas de baños y aseos dispondrán de condena interior.

- **Vidrios interiores:** no se prevén.

2.5 SISTEMA DE ACABADOS:

Lo constituyen todo acabado sobre paramento cuyas características y prescripciones garantizan la funcionalidad, seguridad y habitabilidad.

- **Enfoscados y enlucidos:** Sobre cerramientos exteriores se proyecta un mortero de cemento M-4 (1:6), maestreado, disponiendo una malla de fibra de vidrio en los encuentros con elementos estructurales.

  Sobre paramentos verticales y horizontales interiores se dispone un guarnecido y enlucido con pasta de yeso Y-12 e Y-25F respectivamente.

  Sobre paramentos verticales pertenecientes a locales húmedos, se aplicará una pasta de adhesivo para recibir las piezas cerámicas.

- **Solados y acabados:** En todas las zonas de estancias se dispondrá de un suelo de baldosas de piedra natural de dimensiones y disposición según Dirección Técnica. Las escaleras y castillete de acceso a cubierta irán soladas con baldosas de piedra natural. Los rodapiés irán del mismo material. En los locales húmedos se dispondrá un gres porcelánico de dimensiones 20 x 20 cm a elegir por la dirección técnica y por la propiedad. En áreas exteriores se dispondrá: sobre la azotea y patio un pavimento de baldosas cerámicas a elegir por la dirección técnica y por la propiedad.

  Sobre los paramentos verticales de los locales húmedos, se prevé un aplacado de baldosas cerámicas de formato 15 x 15 cm. en color a elegir por la Dirección Técnica.

  En cuanto a los paramentos exteriores; irán revestidos con mortero monocapa de color blanco.

- **Pinturas:** Para cerramientos exteriores se prevé una pintura pétrea, en color a elegir por la Dirección Técnica.

Para los paramentos verticales y horizontales interiores, se prevé una pintura plástica lisa, en color a elegir por la dirección facultativa.

2.6 SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES:

●Protección contra-incendios:

Se limitará el riesgo de propagación interior y exterior del incendio, tanto a él mismo como a los colindantes controlando la reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos, de mobiliario, medianerías y fachadas.

El edificio dispone de los medios adecuados para facilitar el abandono de sus ocupantes.

El uso del edificio, no requiere de ningún sistema de detección-alarma-extinción, por lo que tampoco de señalización.

Se facilitará el acceso de los equipos de extinción y rescate de incendios.

La estructura portante mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las exigencias básicas anteriores.

●Anti-intrusión: se tomarán las medidas de seguridad necesarias en cuanto a la instalación de los sistemas que la propiedad solicite.

●Pararrayos: no existe riesgo de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.

●**Instalación de electricidad e iluminación:** el suministro eléctrico a proporcionar será el europeo 230/400v. Para el dimensionado de acometidas y derivaciones individuales se ha considerado u grado de electrificación máximo: 9200 w.

Se dispondrá una caja de protección y medida CPM que una en un mismo armario la protección de los fusibles y el equipo de medida. La ubicación será en el cerramiento exterior-parcela - empotrado a una altura entre 0.70 y 1.80 m del suelo. Poseerá un índice de protección de los materiales IP43 y un IK09.En la CPM se ubicará el contador y un único fusible que protege tanto al anterior como a la derivación individual.

Se proyecta un Cuadro general de Mando y Protección, situado en el vestíbulo de entrada. Constará de los siguientes elementos:

Interruptor General o Diferencial omnipolar de 40 y 30 mA.

Pequeños interruptores magnetotérmicos automáticos de corte omnipolar, uno por cada circuito interior.

Los mecanismos serán de color blanco, de material para empotrar, de superficie y paneles, en resina termoestable (baquelita). Mecanismo 10A, 250v, embornamiento rápido. Tipo Simón serie 82 ó similar.

Se instalará una red general de protección de puesta a tierra, compuesta por toma de tierra, línea general de tierra y derivaciones y conductores de protección, todo calculado y ejecutado según el R.E.B.T y Ordenes Complementarias.

●**Instalación de Ascensores:** no se prevé la instalación de un ascensor.

●**Transportes:** no se prevé la instalación de ningún sistema de transporte.

●**Instalación de fontanería y sanitarios. Agua fría y agua caliente sanitaria:** la red de abastecimiento de agua fría estará formada por: una acometida a la red general de abastecimiento, la cual se ejecutará según la Norma Municipal, un contador general, el cual se ubicará en una arqueta situada en cerramiento exterior de parcela, junto a la puerta de entrada a la misma y cumplirá las disposiciones que la Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, E.M.A.C.S.A establezca, y una red de derivación interior sobre la cual parte la alimentación a local húmedo. Toda esta canalización interior se proyecta en cobre con 1 mm de espesor mínimo de pared y de acuerdo con los diámetros obtenidos en el dimensionado de la red. Se dispondrán llaves de corte a la entrada del edificio y a la del local húmedo y se independizan con llaves de escuadra todos los aparatos.

La producción de agua caliente de esta vivienda se realizará mediante el sistema de captación de energía solar formado por placas y deposito acumular además estará complementada por un termo eléctrico acumulador instantáneo.

Los aparatos sanitarios se prevén de porcelana vitrificada en color blanco y la grifería de latón cromado de 1ª calidad.

●**Instalación de evacuación de residuos líquidos y sólidos:** la red de saneamiento proyectada consiste principalmente en la ejecución de una red enterrada conectada a acometida y a pozo de registro, la cual recogerá las aguas que proceden de los locales húmedos y de las aguas de lluvia. Estas aguas acometerán a dicha red a través de bajantes dispuestos para ello con el registro correspondiente antes de conectar con la misma. Toda la red estará ejecutada en PVC, de diámetros obtenidos en el dimensionado de la red.

●**Ventilación:** este edificio dispondrá de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal del mismo y que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes. Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior del edificio y del entorno exterior en fachadas, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá, con carácter general, por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.

●**Telecomunicaciones:** las instalaciones pertenecientes a este apartado, serán realizadas según Dirección Técnica y promotor.

●**Instalaciones térmicas y rendimiento energético:** el edificio dispone de una **envolvente** de características tales que limita adecuadamente *la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico* en función del clima, uso y régimen de verano y de invierno, así como sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas.

Dispondrá de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones

Térmicas en los Edificios RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio

●**Aislamientos:** en la cubierta plana, se dispondrá poliestireno extrusionado de alta densidad de 40 mm, y una barrera de vapor de film de polietileno de alta densidad con resistencia mayor a 10 MN.s/g

En cerramientos exteriores y medianeras, se proyectará poliuretano de 30 mm de espesor medio y densidad 35 kg/ m3. En la parte inferior de los cerramientos exteriores, se aplicará una emulsión asfáltica de peso mínimo 2 kg/ m2, aplicada en dos capas.

En suelo se dispondrá de un fieltro de fibras de vidrio aglomeradas con resinas termoendurecibles, pegadas por una capa a papel kraft alquitranado de 8 mm de espesor y 12 kg/ m3 de densidad.

Sobre la mejora del terreno mediante capa de zahorra natural y previo a solera de HA de se colocará un film de polietileno de 3 kg/m2.

●**Suministro de combustibles:** no existe ningún suministro de ningún tipo de combustible.

●**Ahorro de energía e incorporación de energía solar térmica o fotovoltaica:** se prevé la incorporación de energía solar térmica para la producción de agua caliente de la vivienda.

2.7 EQUIPAMIENTOS:

- **Definición de locales húmedos:** los locales objeto de definición y de proyecto en este apartado los agrupamos de esta forma: baños y cocina, los cuales se ejecutarán:

BAÑOS

Paramentos verticales: paramentos aplacados con piezas cerámicas hasta una altura de 1.20 m y de 1.80 m en zona de baño, rematado con un listelo y recibidos con pasta de adhesivo sobre mortero de cemento rayado, y paramentos pintados sobre mortero de perlita.

Pavimento: pavimento de baldosas de gres porcelánico a elegir por la propiedad.

Techo: enlucido de yeso y pintado.

Aparatos sanitarios: Los aparatos sanitarios se prevén de porcelana vitrificada en color blanco y la grifería de latón cromado.

COCINA

Paramentos verticales: paramentos aplacados con piezas cerámicas y recibidos con pasta de adhesivo sobre mortero de cemento rayado, y paramentos pintados sobre mortero de perlita.

Pavimento: pavimento de baldosas de gres porcelánico.
Techo: enlucido de yeso y pintado.

3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

Es Objeto de Aplicación las exigencias básicas del CTE, por tratarse de un Proyecto de Nueva Construcción:

3.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL:

El objetivo del requisito básico de "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el edificio tenga un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto. El edificio se proyecta, fabricará, construirá y se mantendrá de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los siguientes apartados.

- **Sección SE 1: Resistencia y 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 edificio, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

- **Sección 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.

Para garantizar el cumplimiento de estos documentos básicos, utilizaremos conjuntamente:

DB-SE-AE: Acciones en la edificación
DB-SE-C: Cimientos
DB-SE-A: Acero
DB-SE-F: Fábrica
DB-SI: Seguridad en caso de incendio

NCSE: Norma de construcción sismorresistente
EHE: Instrucción de hormigón estructural

3.1 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.

El objetivo del requisito básico de "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Este Documento Básico, tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas S1-S6.

- **Sección SI 1: Propagación interior:** se limitará el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio, tanto al mismo como a los colindantes.

1 .COMPARTIMENTACION EN SECTORES DE INCENDIO:
El edificio está destinado a **Vivienda Unifamiliar**, situado en la vega baja de Toledo

Se tienen en cuenta las condiciones de compartimentación en sectores de incendio recogidas en la Tabla 1.1 de del documento SI1, en la que se establece la superficie máxima construida de cada sector de incendio:

Todo el edificio constituye un único sector de incendios, por tratarse de una vivienda y tener una superficie inferior a 2.500 m2.

Para éste proyecto se procederá a resolver la DB-SI en el edificio de la biblioteca. Se constituye un único sector de incendios con una superficie de 268,7 m2, inferior a 2500 m2

2. RESISTENCIA AL FUEGO DE LAS PAREDES, TECHOS Y PUERTAS QUE DELIMITAN EL SECTOR DE INCENDIO:
La resistencia al fuego de los elementos separadores de los sectores de incendio es conforme a lo establecido en la Tabla 1.2. del documento SI1:

Al tratarse de un único sector de incendio y un único edificio, sus paredes y techos no separan sectores de incendio diferentes.

3. LOCALES DE RIESGO ESPECIAL
Existe un local de riesgo bajo en la planta primera, un almacén.

4. ESPACIOS OCULTOS:
No existen espacios ocultos.

5. REACCION AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO:

Los elementos constructivos cumplen las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la Tabla 4.1:

Zonas ocupables: **Techos y Paredes: C-s2,d0; Suelos: EFL**
Aparcamiento: **Techos y Paredes: B-s1,d0; Suelos: C_{FL}-s1**

- **Sección SI 2: Propagación exterior:** se limitará el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a los otros.

1. MEDIANERIAS Y FACHADAS:
   Las fachadas: con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de las fachadas, (para nuestro caso; fachadas de edificios diferentes y enfrentados), los puntos de ambas

fachadas que no sean EI 60 deben estar separados la distancia d, en función del ángulo a formado por los planos exteriores de dichas fachadas.

Nuestro caso: a=0 y d≥3m

No hay limitación de riesgo de propagación vertical del incendio, pues no existe ningún sector de incendio superior e inferior.

La clase de reacción al fuego de los elementos que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas ó de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3 d2.

2. CUBIERTAS:
No afecta el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, a otros edificios, a otros sectores de incendio u otros locales de riesgo. Por lo tanto no se producen este tipo de situaciones y no tendremos en cuenta los encuentros entre cubierta y fachada.

Los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las cubiertas, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego B_{ROOF} (t1)

- **Sección SI 3: Evacuación de ocupantes:** El edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para facilitar que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

1. CÁLCULO DE LA OCUPACION
Para determinar los valores de densidad de ocupación tendremos en cuenta la superficie útil total , quedando en 42 ocupantes

2. Nº DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN:
Todas las plantas o recintos disponen de más de una salida de planta de recinto tal como se recoge en planos.
La longitud de los recorridos de evacuación no excederá en 50 metros según tabla 3.1

3. DIMENSIONADO DE LOS MEDIOS DE EVACUACION:
Las escaleras tendrán una anchura de 2 metros, por lo que cumplen sobradamente con la capacidad de evacuación requerida.

4. PUERTAS SITUADAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.
Las puertas de salida abrirán en el sentido de la evacuación, serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre consistirá en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado de la evacuación.
Las puertas y pasos cumplen: A ≥ P/200

5. SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN.

Se utilizarán señales de evacuación conforme a UNE 23034:1988, debiendo ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal.

6. CONTROL DE HUMO:
No es necesario instalar un sistema de control de humo.

- **Sección SI 4: Detección, control y extinción del incendio:** el edificio dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, control y extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.

1. DOTACION DE INSTALACIONES: no es necesario disponer de ninguna dotación de instalaciones.

2. SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES: no es necesario señalizar ya que no existen instalaciones.

- **Sección SI 5: Intervención de los bomberos:** se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción del incendios.

1. CONDICIONES DE APROXIMACIÓN Y ENTORNO: los viales de aproximación de los vehículos de bomberos cumplen las condiciones recogidas en el apartado 1.1 de la Sección SI5.
La altura de evacuación descendente es menor de 9 m.

2. ACCESIBILIDAD POR FACHADA: la fachada prevista cumple con las condiciones que establece esta exigencia.

- **Sección SI 6: Resistencia al fuego de la estructura:** La estructura portante mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.

1. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA: se admite que un elemento tiene suficiente resistencia la fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t, no supera el valor de la resistencia de dicho elemento.

2. ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES:

La resistencia al fuego exigible a la estructura viene determinada en la tabla 3.1

Tabla 3.1 *Resistencia al fuego* suficiente de los elementos estructurales

Uso del *sector de incendio* considerado [1]	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante *altura de evacuación* del edificio		
		<15 m	<28 m	≥28 m

Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 [3]	R 90	R 120	R 180

La resistencia al fuego de cada uno de los elementos estructurales cumple lo recogido en la tabla 3.2:

Tabla 3.2 *Resistencia al fuego* suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios[1]

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACION

Se dotará de alumbrado de evacuación y de emergencia.

Se instalan aparatos de luz de emergencia autónomos los cuales entraran en funcionamiento por unas faltas de tensión o disminución del valor de servicio a un 70%, teniendo autonomía de una hora al menos.

La exigencia preceptiva (ITC-BT 28) establece el nivel mínimo medio de alumbrado en 5 lux.

Para su cálculo emplearemos la fórmula:

N = S / (□ / 5) ; siendo

- N = nº de aparatos necesarios
- S = superficie útil
- □ = flujo de aparatos

La iluminación media superior a 0,5 lux hasta 1,00 m de altura del suelo.

Las luminarias modelo combinado y dos para alumbrado antipánico o de ambiente se ha resuelto con lámparas en zona de público y general.(emergencias combinadas 2 x 8 w)
UNE- EN 60598-2-22
UNE-20392 Lámpara de fluorescencia.
Los circuitos no superarán en ningún caso los doce puntos de alumbrado.

SUMINISTRO DE AGUA CONTRA INCENDIOS

Se conectarán a los depósitos acumuladores de agua existentes para el abastecimiento de las instalaciones de extinción de incendios.

Las secciones en tuberías, accesorios y tomas de agua estarán de acuerdo con las Normas Básicas NTE-IPF-74; NORMAS CEPREVEN RT2-BIE; REAL DECRETO 1942/93 "REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS"

La red de tubería deberá proporcionar como mínimo una hora, en la hipótesis de funcionamiento simultaneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica mínima de 2 Bar en el orificio de salida de cualquier BIE.

El sistema de BIE se someterá antes de su puesta en servicio a una prueba de estanqueidad y resistencia mecánica sometiendo a la red a una presión estática de igual a la máxima de servicio, y como mínimo 10Kg/cm2, manteniendo dicha presión de prueba durante 2 horas como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

La acometida de la red contra incendios será independiente de la de suministro normal y garantizará la presión mínima.

REGLAMENTACION Y NORMATIVA APLICADA

Las reglamentaciones y normativas que le son de aplicación se citan a continuación:

- Reglamento de suministro domiciliario de agua de la Junta de Andalucía.
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, R.D. 1942/1993 de 5 de Noviembre (B.O.E. de 14 de diciembre de 1993).
- CTE-DB-SI.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IPF-IFA.
- Reglas Técnicas del CEPREVEN (Centro de prevención de Daños y Pérdidas).
- Norma UNE-EN 671-1:1995 sobre Bocas de incendio equipadas con mangueras semirrígidas (BIES 25 mm).
- Norma UNE-EN 671-2:1995 sobre Bocas de incendio equipadas con mangueras planas (BIES 45 mm).
- Norma UNE 23.091 de mangueras de impulsión para la lucha contra incendios.
- Norma UNE 23.400 para racores de conexión de 25, 45, 70 y 100 mm.
- Norma UNE 23410-1:1994 sobre Lanzas-boquilla de agua para la lucha contra incendios.
- Norma UNE 23.500 para sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- Norma UNE 23590:1998 sobre Sistemas de rociadores automáticos. Diseño e instalación.
- Norma UNE 23595-1:1995 sobre Sistemas de rociadores automáticos. Parte 1: Rociadores.
- Norma UNE 23595-2:1995 sobre Sistemas de rociadores automáticos. Parte 2: Puestos de control y cámaras de retardo para sistemas de tubería mojada.
- Norma UNE 23595-3: 1995 sobre Sistemas de rociadores automáticos. Parte 3: Conjuntos de válvula de alarma para sistemas de tubería seca y dispositivos de apertura rápida.
- Normas UNE 23-405-90, 23-406-90 y 23-407-90 para hidrantes.
- Norma UNE 23008-2:1998 sobre Concepción de las instalaciones de pulsadores manuales de alarma de incendio.
- Normas UNE 23032, 23033, 23034 y 23035 sobre Seguridad contra incendios.

- Norma UNE 23093:1998 sobre Ensayos de resistencia al fuego.
- Norma UNE 23102:1990 sobre Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción.
- Normas UNE 23721, 23723, 23724, 23725, 23726, 23727, 23728, 23729, 23730 y 23735 sobre Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción.
- Norma UNE-EN 26184 sobre Sistemas de protección contra explosiones.
- Norma UNE 23.110 para lucha contra incendios a través de extintores portátiles.
- Normas UNE 23.501, 23.502, 23.503, 23.504, 23.505, 23.506 y 23.507 para sistemas de extinción por agua pulverizada.
- Normas UNE 23.521, 23.522, 23.523, 23.524, 23.525 y 23.526 para sistemas de extinción por espuma física de baja expansión.
- Normas UNE 23.541, 23.542, 23.543 y 23.544 para sistemas de extinción por polvo.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Agua.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

3.2 SEGURIDAD DE UTILIZACION DB-SUA

El objetivo del requisito básico "*Seguridad de Utilización*" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos durante el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

El DB-SU, especifica 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 de utilización.

- **Sección SUA 1: Seguridad frente al riesgo de caídas:** Se limitará el riesgo de que los usuarios sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Así mismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condición de seguridad.

1. RESBALADICIDAD DE LOS SUELOS: el uso de vivienda, no se incluye en los usos para los cuales se especifica el tipo de suelo a colocar para evitar el resbalamiento, es por ello que no nos afecta este apartado de dicha sección.

2. DISCONTINUIDAD EN EL PAVIMENTO: el suelo no presentará imperfecciones ni irregularidades que supongan una diferencia de nivel > 6 mm. Los desniveles que no excedan en 50 mm, se resolverán con una pendiente que no supere el 25%. El suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 15 mm de diámetro. No se limitan zonas de circulación mediante barreras delimitadoras. La vivienda no dispone de escalones aislados.

3. DESNIVELES: se limitará el riesgo de caídas en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) con una diferencia de cota mayor a 55 cm mediante barreras de protección, que en nuestro caso forman parte de los elementos de cerrajería. Tendrán una resistencia y rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el DB SE AE. Dichas barreras no podrán ser fácilmente escalables por los niños, no existiendo puntos de apoyo en la altura comprendida entre 200 y 700 mm sobre el nivel del suelo ó sobre la línea de escalera. No tendrán aberturas que puedan ser atravesados por una esfera de 100 mm.

4. ESCALERAS Y RAMPAS: No se dispone ninguna rampa y en las ***escaleras***, se cumple:

   Las huellas serán mayores a 22 cm y la contrahuella inferior a 20 cm. Además se verificará la relación de proporción:
   $54\ cm \leq 2c + h \leq 70\ cm$.

   El tramo de escalera tendrá mínimo tres escalones y salvará una altura inferior a 3.20 m.

   Todos los peldaños tendrán la misma contrahuella y huella.

   La anchura de la misma será de 0.80 m, libre de obstáculos.

   Las mesetas intermedias tendrán la anchura de la escalera y un mínimo de 0.80 metro. Al tratarse de una meseta intermedia para la cual la escalera cambia de dirección, la anchura de la escalera no se reducirá a lo largo de la meseta. Puede disponer de mesetas partidas con peldaños a 45º.

   Al tratarse de una escalera que salva una altura mayor a 55 mm, dispondrá de un pasamano continuo por lo menos a un lado. Este estará a una altura comprendida entre 900 y 1100 mm

5. LIMPIEZA DE LOS ACRISTALAMIENTOS EXTERIORES: Al tratarse de huecos cuyos cristales son fácilmente desmontables, no tomaremos ninguna medida al respecto.

- **Sección SUA 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento:** se limitará el riesgo de que los usuarios puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o móviles del edificio.

  1. IMPACTO: En relación al riesgo de impacto de elementos fijos, la altura libre de paso será como mínimo de 2200 mm y en umbrales de puerta de 2000 mm como mínimo. Los elementos fijos que sobresalen de las fachadas y que están situados sobre zonas de circulación estarán a una altura de 2200 mm, como mínimo. En las zonas de circulación las paredes carecerán de elementos salientes que vuelen más de 150 mm en un área comprendida entre 1000 y 2200 mm medida desde el suelo. No existen elementos volados a una altura menor de 2000 mm. No existe riesgo por impacto de elementos practicables, de elementos frágiles y por elementos insuficientemente perceptibles.

  2. ATRAPAMIENTO: la distancia hasta el objeto fijo más próximo en una puerta corredera ser mayor a 200 mm.

- **Sección SUA 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento:** se limitará el riesgo de que los usuarios puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos del edificio. No existe riesgo por aprisionamiento.

- **Sección SUA 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada:** se limitará el riesgo de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación. El nivel mínimo de ésta será de 100 lux y un factor de uniformidad media mínimo del 40%, para interiores y 20 lux para exteriores.

- **Sección SUA 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación:** se limitará el riesgo causado por situaciones con alta ocupación facilitando la circulación de las personas y la sectorización con elementos de protección y contención en previsión del riesgo de aplastamiento. El ámbito de aplicación de esta sección excluye el uso de este edificio, por ello no existe tal riesgo en este caso.

- **Sección SUA 6: Seguridad frente al riesgo de ahogamiento:** se limitará el riesgo de caídas que puedan derivar en ahogamiento en piscinas, depósitos, pozos y similares mediante elementos que restrinjan el acceso. Queda excluida de esta sección las piscinas pertenecientes a viviendas unifamiliares.

- **Sección SUA 7: Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento:** se limitará el riesgo por vehículos en movimiento atendiendo a los tipos de pavimentos y la señalización y protección de las zonas de circulación y de las personas. El ámbito de aplicación de esta sección no recoge el uso de aparcamientos en viviendas unifamiliares.

- **Sección SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo:** se limitará el riesgo de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.

  1. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION: será necesaria la instalación contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos Ne > Na.

  $Ne = Ng \times Ae \times C1 \times 10^{-6}$

Ng = densidad de impactos sobre el terreno = **1.50** (nº de impactos/año,km2)
Ae = sup. de captura equivalente del edificio aislado en m2, que es delimitada por una línea trazada a una distancia 3H de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro marcado: 2.436 m2

C1= **0,5**

Ne = 0.001827 nº de impactos / año, km2

Na = (5.5 x 10^{-3}) / C2XC3XC4XC5

C2 = 1 (estructura hormigón y cubierta de hormigón)
C3 = 1 (edificio sin contenido inflamable)
C4 = 1
C5 = 1 (edificio que no puede ocasionar un impacto ambiental grave)

Na = 0.0055 nº de impactos / año, km2

Ne<Na; no existe riesgo por la acción de un rayo.

- **Sección SUA 9: Accesibilidad:** se facilitará el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad.

  Dentro de los límites de las viviendas, incluidas las unifamiliares y sus zonas exteriores privativas, las condiciones de accesibilidad únicamente son exigibles en aquellas que deban ser accesibles. No es nuestro caso.

3.3 EXIGENCIAS BASICAS DE SALUBRIDAD DB-HS "HIGIENE, SALUD Y PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE"

El objetivo del requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente", tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y

de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de tal forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

El documento básico DB-HS Salubridad, especifica 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 salubridad.

- **Sección HS 1: Exigencia básica de protección frente a la humedad:** se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.

1. GENERALIDADES: esta sección se aplica a los muros y suelos que se encuentran en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubierta). La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en la *SECCION HE 1, LIMITACION DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL DB HE Ahorro de Energía.*

2. DISEÑO:

o **Suelos:** tenemos la losa de cimentación en contacto con el terreno.

- **grado de impermeabilidad:**
presencia de agua baja: **ks >10^{-5} . 2**

- **condiciones de las soluciones constructivas: C2+C3**

C2: debe utilizarse hormigón de retracción moderada

C3: debe realizarse una hidrofugación complementaria del suelo mediante la aplicación de un producto líquido colmatador de poros sobre la superficie terminada del mismo

- **condiciones de los puntos singulares:**

Encuentros del suelo con los muros: el encuentro del suelo con el muro, debe sellarse la junta con una banda elástica embebida en la masa de hormigón a ambos lados de la junta.

Encuentros del suelo y particiones interiores: cuando el suelo se impermeabilice por el interior, la partición no debe apoyarse sobre la capa de impermeabilización, sino sobre la capa de protección de la misma.

o **Fachadas:**

- **grado de impermeabilidad:**
zona pluviométrica: **III,** en promedio**: 3**
zona eólica: **A**
altura del edificio ≤ **15m**
terreno tipo**: IV**
clase de entorno del edificio**: E1**
grado de exposición del viento: **V3**

- **condiciones de las soluciones constructivas: R1+B1+C1**

R1: el revestimiento exterior debe tener al menos una resistencia media a la filtración: para revestimientos continuos esto es:
Espesor comprendido entre 10 y 15 mm
Adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad
Permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal
Adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento aceptable frente a la fisuración.
Al disponer en fachadas el aislante por el exterior de la hoja principal, compatibilidad química con el aislante y disposición de una armadura constituida por una malla de fibra de vidrio o de poliester.

B1: resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua, para ello:
Cámara de aire sin ventilar
Aislante no hidrófilo colocado en la cara interior de la hoja principal.

C1: debe utilizarse al menos una hoja principal de espesor medio. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:
1/2 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior.
24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

- **condiciones de los puntos singulares:**

Juntas de dilatación: deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que cada junta estructural coincida con una de ellas y que la distancia entre juntas de dilatación sea como máximo **12 m**

Sellante sobre relleno introducido en la junta: deben emplearse rellenos y sellantes de materiales que tengan una elasticidad y una adherencia suficientes para absorber los movimientos de la hoja previstos y que sean impermeables y resistentes a los agentes atmosféricos. La profundidad del sellante debe ser mayor o igual que 1 cm y la relación entre su espesor y su anchura debe estar comprendida entre 0.5 y 2. En fachadas enfoscadas debe enrasarse con el paramento de la hoja principal sin enfoscar. Cuando se utilicen chapas metálicas en las juntas de dilatación, deben disponerse las mismas de tal forma que éstas cubran a ambos lados de la junta una banda de muro de 5 cm como mínimo y cada chapa debe fijarse mecánicamente en dicha banda y sellarse su extremo correspondiente.

Juntas de dilatación en el revestimiento exterior: el revestimiento exterior debe estar provisto de juntas de dilatación de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea suficiente para evitar el agrietamiento.

- **Arranque de la fachada desde la cimentación:**

Barrera impermeabilizante: debe disponerse una barrera impermeabilizante que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad.

Zócalo: cuando la fachada esté constituida por un material poroso o tenga un revestimiento poroso, para protegerla de las salpicaduras, debe disponerse un zócalo de un material cuyo coeficiente de succión sea menor que el 3%, de más de 30 cm de altura sobre el nivel de suelo exterior que cubra el impermeabilizante del muro o la barrera impermeable dispuesta entre el muro y la fachada, y sellarse la unión con la fachada en su parte superior.

- **Encuentros de la fachada con los forjados:**

Cuando la hoja principal esté interrumpida por el forjado y tenga revestimiento exterior continuo: disponer una junta de desolidarización entre la hoja principal y el forjado por debajo de éstos dejando una holgura de 2 cm que debe rellenarse después de la retracción de la hoja principal con un material cuya elasticidad sea compatible con la deformación prevista del forjado y protegerse de la filtración con un goterón; o bien reforzar el revestimiento exterior con armaduras dispuestas a lo largo del forjado de tal forma que sobrepasen el elemento hasta 15 cm por encima del forjado y 15 cm por debajo de la primera hilada de la fábrica.

Cuando el paramento exterior de la hoja principal sobresalga del borde del forjado: el vuelo debe ser menor que 1/3 de espesor de dicha hoja.

Cuando el forjado sobresalga del plano exterior de la fachada: debe tener una pendiente hacia el exterior para evacuar el agua de 10º mínimo y debe disponerse un goterón en el borde del mismo.

- **Encuentros de la fachada con los pilares:**

Cuando la hoja principal esté interrumpida por los pilares: en el caso de revestimientos continuos, debe reforzarse éste con armaduras dispuestas a lo largo del pilar de tal forma que lo sobrepasen 15 cm por ambos lados.

- **Encuentros de la cámara de aire ventilada con los forjados y dinteles:**

Cuando la cámara quede interrumpida por el forjado o por un dintel: debe disponerse un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada

o condensada en la misma, éste será un elemento continuo impermeable (lámina, perfil especial, etc,) dispuesta a lo largo del fondo de la cámara, con inclinación hacia al exterior, de tal forma que su borde superior esté situado como mínimo a 10 cm del fondo y al menos 3 cm por encima del punto mas alto del sistema de evacuación.

Sistema de evacuación: para la evacuación debe disponerse un conjunto de tubos de material estanco que conduzca el agua al exterior, separados 1.5 m como máximo; o bien un conjunto de llagas de la primera hilada desprovistas de mortero, separados 1.5 m como máximo a lo largo de las cuales se prolonga hasta el exterior el elemento de recogida dispuesto en el fondo de la cámara.

- **Encuentro de la fachada con la carpintería:**

Sellante la junta entre cerco y muro: debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.

Disposición de vierteaguas en alfeizar: cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería. El vierteaguas tendrá una pendiente hacia el exterior de 10º como mínimo, debe ser impermeable o disponerse sobre una barrera impermeable fijada al cerco o al muro que se prolongue por la parte trasera y por ambos lados del vierteaguas y que tenga una pendiente hacia el exterior de 10º mínimo. El vierteaguas debe disponer de un goterón en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior de la fachada al menos 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser de 2 cm mínimo. La junta de las piezas con goterón debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

- **Aleros y cornisas:** los aleros y cornisas de constitución continua deben tener una pendiente hacia el exterior para evacuar el agua de 10º como mínimo y los que sobresalgan más de 20 cm del plano de la fachada deben:

Ser impermeables: deben ser impermeables o tener la cara superior protegida por una barrera impermeable, para evitar que el agua se filtre a través de ellos. Deben disponer en el encuentro con el paramento vertical de elementos de protección prefabricados o realizados in situ que se extiendan hacia arriba al menos 15 cm y cuyo remate superior se resuelva de forma similar a la descrita anteriormente par aevitar filtraciones de agua. Disponer de un goterón en el borde exterior de la cara inferior para evitar que el agua de lluvia evacuada alcance la fachada por la parte inferior. Las juntas de las piezas con goterón deben

tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

o **Cubiertas.**

- **grado de impermeabilidad:** es único e independiente de factores climáticos.

- **condiciones de las soluciones constructivas:** las cubiertas deben disponer de los elementos siguientes:

sistemas de formación de pendientes: cuando la cubierta sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar.

una barrera contra el vapor: inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento.

capa separadora bajo el aislante térmico: cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.

aislante térmico: según se determine en la sección HE1 del DB "Ahorro de Energía"

capa separadora bajo la capa de impermeabilización: cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos.

capa de impermeabilización: cuando el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida o e solapo de las piezas de la protección sea insuficiente.

capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización: cuando deba evitarse la adherencia entre ambas capas, la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático.

capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico: cuando la cubierta sea transitable para peatones, en este caso la capa separadora debe ser antipunzonante.

capa de protección: cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa impermeabilizante se autoprotegida.

un sistema de evacuación de aguas.

- **condiciones de los componentes**

sistemas de formación de pendientes: debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas, y

su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes. Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él. La pendiente mínima de la cubierta inclinada será del 26% y para la cubierta plana transitable 1-5%.

aislante térmico: el material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las solicitaciones mecánicas, además si está en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles, en caso contrario disponer un capa separadora.

capa de impermeabilización: debe aplicarse y fijarse de acuerdo a las condicones para cada tipo de material constructivo de la misma. Emplearemos materiales bituminosos con sistemas de fijación mecánicos.

cámara de aire ventilada: deberá situarse en el lado exterior del aislante térmico y ventilarse mediante un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su área efectiva total y la superficie de cubierta cumpla: 30> Ss/Ac>3.

capa de protección: debe ser resistente a la interperie y tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento. Para nuestro caso emplearemos tejas, cuyo solapo debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta y deberá recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad.

solado fijo: puede ser de los materiales siguientes: baldosas recibidas con mortero, capa de mortero, piedra natural recibida con mortero, hormigón adoquín sobre lecho de arena, mortero filtrante, aglomerado asfáltico u otros materiales de características análogas. El material debe tener una forma y dimensiones compatibles con la pendiente. Las piezas no deben colocarse a hueso.

- **condiciones de los puntos singulares:**

Cubiertas planas:

juntas de dilatación: deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo 15 m. Siempre que exista un encuentro con un

paramento vertical o una junta estructural debe disponerse una junta de dilatación coincidiendo con ellos. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente. Los bordes de las juntas de dilatación deben ser romos, con un ángulo de 45º aproximadamente, y la anchura de la junta debe ser mayor que 3 cm.
Cuando la capa de protección sea de solado fijo, deben disponerse juntas de dilatación en la misma. Estas juntas deben afectar a las piezas, al mortero de agarre y a la capa de asiento del solado y deben disponerse de la siguiente forma: coincidiendo con las juntas de la cubierta; en el perímetro exterior e interior de la cubierta y en los encuentros con paramentos verticales y *elementos pasantes*; en cuadrícula, situadas a 5 m como máximo en cubiertas no ventiladas y a 7,5 m como máximo en cubiertas ventiladas, de forma que las dimensiones de los paños entre las juntas guarden como máximo la relación 1:1,5.
En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de *protección de la cubierta*.

encuentro de la cubierta con un paramento vertical: La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la *protección de la cubierta.*
El encuentro con el paramento debe realizarse redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente o achaflanándose una medida análoga según el sistema de impermeabilización.
Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse de alguna de las formas siguientes:
mediante una roza de 3 x 3 cm como mínimo en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando aproximadamente un ángulo de 30º con la horizontal y redondeándose la arista del paramento; mediante un retranqueo cuya profundidad con respecto a la superficie externa del paramento vertical debe ser mayor que 5 cm y cuya altura por encima de la protección de la cubierta debe ser mayor que 20 cm; mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.

encuentro de la cubierta con un sumidero: el sumidero debe ser una pieza prefabricada, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y debe disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior y debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección. El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación. La impermeabilización debe prolongarse 10

cm como mínimo por encima de las alas. La unión del impermeabilizante con el sumidero debe ser estanca. Cuando el sumidero se disponga en la parte horizontal de la cubierta, debe situarse separado 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales o con cualquier otro elemento que sobresalga de la cubierta. El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta. Cuando el sumidero se disponga en un paramento vertical, el sumidero debe tener sección rectangular. Debe disponerse un impermeabilizante que cubra el ala vertical, que se extienda hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

3. DIMENSIONADO: no disponemos de ningún elemento a dimensionar al respecto.

4. PRODUCTOS DE CONSTRUCCION:

o **Características exigibles a los productos:**

- **El aislamiento térmico:** está definido por la succión o absorción al agua por capilaridad a corto plazo por inmersión parcial y a largo plazo por inmersión total.

- **La barrera de vapor:** está definido mediante la resistencia al paso del vapor de agua.

- **La impermeabilización:** está definido mediante: estanqueidad, resistencia a la penetración de raíces, envejecimiento artificial por exposición prolongada a la combinación de radiación ultravioleta, elevadas temperaturas y agua, resistencia a la fluencia, estabilidad dimensional, envejecimiento térmico, flexibilidad a bajas temperaturas, resistencia a carga estática, resistencia a la carga dinámica, alargamiento a la rotura, y resistencia a tracción.

o **Componentes de la hoja principal de las fachadas:** los ladrillos tendrán como máximo una **succión de 0.45 g/(cm2.min)** medida según el ensayo de UNE 67 031:1985.

o **Aislante térmico:** será **no hidrófilo.**

o **Control de recepción en obra de productos:** Queda recogido en el Pliego de Condiciones y deberán tener la documentación exigida y las características de las propiedades exigidas y realizados los ensayos específicos y recogidos en el Pliego.

5. CONSTRUCCION: Queda definido en proyecto las características técnicas mínimas que deben reunir los productos así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto.

o **Ejecución:** se ejecutarán las obras según proyecto, legislación y normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución, y siguiendo las especificaciones recogidas en el Pliego.

o **Control de la ejecución:** se controlarán las obras según proyecto y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución y siguiendo las especificaciones recogidas en el Pliego.
o **Control de la obra terminada:** en esta sección no se prescriben pruebas finales, se seguirán los criterios de los artículos de la parte I del CTE.

6. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN:

o **suelos:**

- comprobación del estado de limpieza de la red de drenaje y de evacuación: 1 año
- limpieza de las arquetas: 1 año
- comprobación de la posible existencia de filtraciones por grietas y fisuras. 1 año.

o **fachadas:**

- comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas. 3 años.
- comprobación del estado de conservación de los puntos singulares.
  3 años.
- comprobación de la posible existencia de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones, en la hoja principal. 5 años.
- Comprobación del estado de limpieza de las llagas o de las aberturas de ventilación de la cámara. 10 años.

o **cubierta:** en este caso la zona exterior

- Limpieza de los elementos de desagüe y comprobación de su correcto funcionamiento. 1 año.
- comprobación del estado de conservación de de la protección. 3 años.
- comprobación del estado de conservación de los puntos singulares. 3 años.

● **Sección HS 2: Exigencia básica de recogida y evacuación de residuos:** los edificios dispondrán de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal manera que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y su posterior gestión.

1. GENERALIDADES: esta sección se aplica a los edificios de viviendas de nueva construcción en lo referente a la recogida de los residuos ordinarios generados en ellos. Para la aplicación de esta sección se ha considerado y puesto que se trata de una vivienda unifamiliar *Espacios de almacenamiento inmediato:* Para lo cual se dispondrá de espacios para almacenar cada una de las cinco fracciones de los residuos ordinarios generados en ella, teniendo en cuanta que para el papel/ cartón y vidrio se puede utilizar como espacio de almacenamiento inmediato el almacén de contenedores.

2. DISEÑO:

o **capacida de almacenamiento de cada fracción:** C= Ca x Pv

- **Ca: Coeficiente de almacenamiento :** según tabla

  envases ligeros: 7.80 dm3/ persona
  materia orgánica: 3.00 dm3/ persona
  papel-cartón: 10.85 dm3/ persona
  vidrio: 3.36 dm3/ persona
  varios: 10.50 dm3/ persona

- **Pv. Ocupantes habituales de la vivienda :** 2

  envases ligeros: **15.60 dm3**
  materia orgánica: **6.00 dm3**
  papel-cartón: **21.70 dm3**
  vidrio: **6.72 dm3**
  varios: **21.00 dm3**

Con independencia de lo anteriormente expuesto, el espacio de almacenamiento de cada fracción debe tener una superficie en planta no menor que 30 x 30 cm y debe ser igual o mayor que 45 dm3. Los espacios destinados a materia orgánica y envases ligeros deben disponerse en la cocina o en zonas ajenas auxiliares. El acabado de la superficie de cualquier elemento que esté situado a menos de 30 cm de los límites del espacio de almacenamiento debe ser impermeable y fácilmente lavable.

3. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN: Deben señalizarse correctamente los contenedores según la fracción correspondiente y el almacén de contenedores. En el interior del almacén de contenedores deben disponerse en un soporte indeleble junto con otras normas de uso y mantenimiento, instrucciones para que cada fracción se vierta en el contenedor correspondiente. Debe realizarse las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad son:

Limpieza de contenedores: 3 días
Desinfección de contenedores: 1.5 meses
Limpieza del suelo del almacén: 1 día

Lavado con manguera del suelo del almacén: 2 semanas
Limpieza de las paredes, puertas, ventanas, etc: 4 semanas
Limpieza de las paredes y techos del almacén, incluidos elementos de ventilación: 6 meses
Desinfección, desinsectación y desratización del almacén de contenedores: 1.5 meses.

- **Sección HS 3: Exigencia básica de calidad del aire interior:** los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes. Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá, con carácter general, por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.

1. GENERALIDADES: esta sección se aplica a los edificios de viviendas, al interior de las mismas, a los almacenes de residuos, a los trasteros, a los aparcamientos y garaje.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS: el caudal de ventilación mínimo para los locales se obtiene según tabla y este es:

Dormitorio principal: 8 l/sg por local
Resto de Dormitorios: 4 l/sg por local
Salas de estar y comedores: 10 l/sg por local
Aseos y cuartos de baño: 8 l/sg por local
Cocina: 50 l/sg por local

3. DISEÑO:

o **Condiciones generales de los sistemas de ventilación-vivienda:** Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica con las siguientes características.

- el aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción; y las particiones situadas entre los locales de admisión y los locales de extracción deben disponer de aberturas de paso.

- Los locales con varios usos de los del punto anterior, deben disponer en cada zona destinada a un uso diferente de las aberturas correspondientes.

- Se emplearán carpinterías exteriores de clase 0 ó 1 según NORMA UNE EN 12207:2000 para que las juntas de apertura puedan ser utilizadas como aberturas de admisión.

- Cuando la ventilación sea híbrida, las aberturas de admisión deben comunicar directamente con el exterior.

- Cuando algún local con extracción esté compartimentado, deben disponerse aberturas de paso entre los compartimentos; la abertura de extracción debe disponerse en el compartimento más contaminado, que en el caso de aseos y baños es aquel en el que está situado el inodoro y en el caso de cocinas la cocción. La abertura de paso que conecta con el resto de la vivienda debe estar situada en el local menos contaminado.

- Las aberturas de extracción deben conectarse a conductos de extracción y deben disponerse a una distancia del techo menor que 100 mm y a una distancia de cualquier rincón o esquina vertical mayor que 100 mm.

- Los conductos de extracción no pueden compartir con locales de otros usos salvo con los trasteros.

- Las cocinas, comedores, dormitorios y salas de estar deben disponer de un sistema. Complementario de ventilación natural. Par ello dispondrán de una ventana exterior practicable.

- La cocina dispondrá de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello se colocará un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de ventilación general de la vivienda que no podrá utilizarse para la extracción de aire de locales de otro uso.

o **Condiciones particulares de los elementos:**

- **Aberturas y bocas de ventilación:** *las aberturas de admisión* que comunican el local directamente con el exterior, *las mixtas*, y *las bocas de toma*, deben estar en contacto con un espacio exterior suficientemente grande para permitir que en su planta pueda situarse un círculo de diámetro igual a 1/3 de la altura del cerramiento más bajo de los que delimitan y no menor a 4 , de tal modo que ningún punto de dicho cerramiento resulte interior al círculo y que cuando las aberturas estén situadas en un retranqueo, el ancho de éste cumpla las siguientes condiciones:

  Igual o mayor a 3 m cuando la profundidad del retranqueo esté comprendido entre 1.5 y 3 m.
  Igual o mayor que la profundidad cuando ésta sea mayor o igual a 3 m.

Pueden utilizarse como *abertura de paso* un aireador o la holgura existente entre las hojas de las puertas y el suelo.

Las *aberturas de ventilación* en contacto con el exterior deben disponerse de tal forma que se evite la entrada de agua de lluvia o estar dotadas de elementos adecuados para el mismo fin.

Las bocas de expulsión deben situarse separadas horizontalmente 3 m como mínimo, de cualquier elemento de entrada de aire de ventilación, de linde de la parcela y de cualquier punto donde pueda haber personas de forma habitual que se encuentren a menos de 10 m de distancia de la boca. Dispondrán de malla antipájaros.

En el caso de *ventilación híbrida*, la *boca de expulsión* debe ubicarse en la cubierta del edificio a una altura sobre ella de 1 m como mínimo y debe superar las siguientes alturas en función de su emplazamiento

La altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia comprendida entre 2 y 10 m.
1.3 veces la altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia menor o igual que 2 m.
2 m en cubiertas transitables.

- **Conductos de admisión:** los conductos de admisión deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido. Tendrán un acabado que dificulte su ensuciamiento y serán practicables para su registro y limpieza cada 10 m como máximo.

- **Conductos de extracción de ventilación híbrida:** Cada conducto dispondrá en la boca de expulsión de un aspirador híbrido. Los conductos serán verticales, de sección uniforme y carecer de obstáculos. Cuando atraviesen elementos separadores de sectores de incendios cumplirán la sección SI 1. Tendrán un acabado que dificulte su ensuciamiento y serán practicables para su registro y limpieza en la coronación y arranque y serán estancos al aire.

- **Conductos de extracción para ventilación mecánica:** Cada conducto de extracción, a excepción de las cocinas, dispondrán en la boca de expulsión de un aspirador mecánico, pudiendo varios conductos de extracción compartir un mismo aspirador mecánico. Los conductos serán verticales. La sección de los mismos entre dos puntos consecutivos será uniforme. Tendrán un acabado que dificulte su ensuciamiento y ser practicables para su registro y limpieza en la coronación y arranque de los tramos verticales. Cuando se prevea que las paredes de los conductos pueda alcanzarse la temperatura de rocío éstos deben aislarse térmicamente de tal forma que se eviten condensaciones. Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de la SI 1.Deben ser estancos al aire.

- **Aspiradores híbridos, mecánicos y extractores:** los aspiradores mecánicos y los híbridos deben disponerse en un lugar accesible para realizar su limpieza. Para los extractores de la cocina debe disponerse un filtro de grasas y aceites.

- **Ventanas y puertas exteriores:** las ventanas y puertas exteriores que se dispongan para la ventilación natural complementaria deben estar en contacto con un espacio que tenga las mismas características que el exigido para las aberturas de admisión.

4. DIMENSIONADO:

o **Aberturas de ventilación:**

***Aberturas de admisión*: 4 qv,**
***Aberturas de extracción*: 4 qv,**
***Aberturas de paso*: 70 cm2**
***Aberturas mixtas:* 8 qv,**

Siendo **qv** el caudal de ventilación mínimo exigido:

Dormitorio principal: 8 l/sg por local
Resto de Dormitorios: 4 l/sg por local
Salas de estar y comedores: 10 l/sg por local
Aseos y cuartos de baño: 8 l/sg por local
Cocina: 50 l/sg por local

o **Conductos de extracción:**

Para ventilación híbrida: se obtiene en función del caudal total de aire del tramo del conducto **qv total y la clase de tiro.** Ambos datos se obtinen en función de la zona climática y el número de plantas.

Para ventilación mecánica: si los conductos se disponen contiguos a un local habitable se dimensionarán igual que las aberturas de admisión o bien mediante: **S= 2.50 qvt.** Si los conductos se disponen en la cubierta, la seción debe ser como mínimo igual a la obtenida por: **S= 2 qvt.**

o **Aspiradores híbridos, mecánicos y extractores:** deben dimensionarse de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestrar las pérdidas de presión previstas del sistema. Los extractores deben dimensionarse de acuerdo a los caudales mínimos ya dimensionados.

o **Ventanas y puertas exteriores:** La superficie total practicable de las ventanas y puertas exteriores de cada local debe ser como mínimo 1/20 de la superficie útil del mismo.

5. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN:

- **Característica exigibles a los productos:** de forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar deben cumplir lo especificado en los aparatados anteriores, en la legislación vigente y a la NORMA UNE 100 102:1988.

- **Control de recepción en obra:** En el Pliego de condiciones del proyecto, deben indicarse las condiciones particulares de control para la recepción de los productos, incluyendo ensayos necesarios para comprobar las características exigidas a los mismos. Además dispondrán de la documentación exigida y su control se llevará a cabo siguiendo los criterios indicados en la parte I del CTE.

6. CONSTRUCCIÓN: En el proyecto deben definirse y justificarse las características técnicas máximas que deben reunir los productos así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados en la parte I del CTE. Deben ejecutarse siguiendo la legislación vigente, las normas de la buena práctica constructiva, las instrucciones del director y ejecución de obra y al Pliego de Condiciones.

7. MANTENIMIENTO:

conductos:

limpieza: 1 año
comprobación de la estanqueidad aparente. 5 años

aberturas:

limpieza: 1 año

aspiradores híbridos, mecánicos y extractores:

limpieza: 1 año
revisión del estado funcional. 5 años

filtros:

limpieza: 1 año
revisión del estado funcional. 6 meses

sistema de control:

revisión del estado de sus automatismos. 2 años

- **Sección HS 4: Exigencia básica de suministro de agua:** los edificios dispondrán de medios adecuados para suministrar el equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el

control del caudal de agua. Los equipos de producción de agua caliente dotados de sistemas de acumulación y los puntos terminales de utilización tendrán unas características tales que eviten el desarrollo de gérmenes patógenos.

1. GENERALIDADES: esta sección es de aplicación a todo edificio dentro del ámbito de aplicación general del CTE, por lo tanto, el uso y el tipo de documento en el que nos referimos pertenece a este campo y por ello de aplicación. Además se han instalado locales húmedos para el cual es necesario el suministro de agua, es por ello que pasaremos a analizar las exigencias básicas de esta sección.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS:

o **Propiedades de la instalación:**

- Calidad del agua: el agua cumplirá lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano. Las Compañías Suministradoras facilitaron los datos de caudal y presión que sirven de base de dimensionado. Los materiales empleados, no producirán concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores establecidos, no se modificarán las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada, serán resistentes a la corrosión interior, funcionarán eficazmente en las condiciones de servicio, no presentarán incompatibilidad electroquímica entre sí, serán resistentes a temperatura de hasta 40º y temperaturas exteriores de su entorno inmediato, serán compatibles con el agua suministrada , no favorecerán la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo, y su envejecimiento, fatiga, durabilidad no disminuirá la vida útil de la instalación.
- Para cumplir las condiciones anteriores se utilizarán revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.
- Las características de la instalación evitará el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecerá el desarrollo de la biocapa.

o **Protección contra retornos:**

- Se dispondrán sistemas antiretorno para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos: tras el contador, en la base de los ascendentes, y antes del equipo de tratamiento del agua.
- La instalación no se conectará directamente a instalaciones de evacuación ni a instalaciones de suministro de agua proveniente de otro origen que la red pública.
- En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada de agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos.
- Los antiretornos se encontrarán combinados con grifos de vaciado.

- **Condiciones mínimas de suministro:**

  - La instalación suministra a los aparatos y equipos de equipamiento los caudales:

aparato	Caudal instantaneo mín. Agua fría (L/sg)	Caudal instantaneo mín. ACS (L/sg)
1 lavabo	1 x 0.10	1 x 0.065
1 ducha	1 x 0.20	1 x 0.10
1 inodoros	1 x 0.10	
1 fregadero	1 x 0.20	1 x 0.10
1 lavavajillas	1 x 0.15	
1 pila	1 x 0.20	1 x 0.10
1 lavadora	1 x 0.20	
3 grifos	3 x 0.15	

  - La presión mínima en los puntos de consumo será de 100 kPa y la máxima 150 kPa.
  - La temperatura de ACS en los puntos de consumo estará comprendida entre 50 y 65º C.

- **Mantenimiento:**

  - Los sistemas de tratamiento de agua o el contador, se instalarán de tal forma que sea fácilmente llevar a cabo su mantenimiento.
  - Las redes de tuberías serán accesibles para su mantenimiento y reparación.

- **Ahorro de agua:**

  - Existe un sistema de contabilización de agua fría y de agua caliente para cada unidad de consumo individualizable.

3. DISEÑO: La instalación está compuesta de: instalación general de alimentación conectada a red general de abastecimiento de la vivienda y derivaciones particulares.

- **Esquema general de la instalación**: Red con contador único y compuesta por: tubo de alimentación conectado a red general de abastecimiento, un distribuidor principal y las derivaciones individuales.

- **Elementos que componen la instalación**: AGUA FRÍA

- **Acometida**: debe disponer de una llave de toma, un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general y una llave de corte en el exterior de la propiedad.

- **Instalación general**: debe contener una llave de corte general, un filtro de la instalación general, un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación, el distribuidor principal y los montantes.

- **Instalaciones particulares**: compuesta por una llave de paso general, las derivaciones particulares a locales húmedos con llaves de corte a la entrada de los mismos, ramales de enlace y los puntos de consumo los cuales llevarán llaves de corte individual.

o **Elementos que componen la instalación**: AGUA CALIENTE.

En el diseño de las instalaciones de ACS, deben aplicarse las condiciones análogas a las redes de agua fría. Tendremos que tener en cuenta la producción mediante sistema de captación de enrgía solar formada por placas y depósito acumulador además se complementa con un termo acumulador eléctrico. Dispondrá de una red de retorno paralela a las de impulsión. Se controlará la temperatura de preparación y la de distribución.

4. DIMENSIONADO DE LA RED: Todo el dimensionado de la red se ejecuta de acuerdo a la normativa vigente y queda desarrollado en el ANEJO correspondiente de este documento.

5. CONSTRUCCION: La instalación de suministro de agua se ejecutará con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena construcción y a las instrucciones del director de obra. Durante la ejecución e instalación de los materiales, accesorios y productos de construcción en la instalación interior, se utilizarán técnicas apropiadas para no empeorar el agua suministrada y en ningún caso incumplir los valores paramétricos establecidos. Se realizarán las pruebas necesarias para garantizar su buen funcionamiento.

6. PRODUCTOS DE CONSTRUCCION: Los materiales empleados reunirán las características específicas establecidas por las normativas vigentes.

7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN: Las operaciones de mantenimiento y conservación de la instalación quedan recogidas en las prescripciones contenidas para estas en el Real Decreto 865/2003.

● **Sección HS 5: Exigencia básica de evacuación de aguas:** los edificios dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas residuales generales en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.

1. GENERALIDADES: esta sección es de aplicación a todo edificio dentro del ámbito de aplicación general del CTE, por lo tanto, el uso y el tipo de documento en el que nos referimos pertenece a este campo y por ello de aplicación. Además existen locales húmedos para lo que se hace necesario la evacuación de aguas, las cuales son conectadas a la red general, es por ello que pasaremos a analizar las exigencias básicas de esta sección.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS: Dispondrán de cierres hidráulicos, las tuberías de la red de evacuación tendrán un trazado sencillo, con distancias, pendientes y diámetros adecuadas, así como accesibles para su mantenimiento y reparación, dispondrán de sistemas de ventilación adecuados que permitan el funcionamiento de los cierres hidráulicos. Esta instalación no se empleará para la evacuación de otro tipo de residuos.

3. DISEÑO: La red de evacuación desagua por gravedad en el pozo de la red de alcantarillado general y se emplea un sistema mixto, tan sólo uno de los bajantes mezcla aguas pluviales y aguas fecales, los otros dos lo hacen de manera separativa, uniéndose estas redes verticales en una horizontal y enterrada de conexión de estas aguas procedentes de planta baja a la red general.

COMPONENTES DE LA INSTALACION:

- **Cierres Hidráulicos**: lo componen los sifones individuales, los botes sifónicos, los sumidero sifónicos instalados en los aparatos, los cuales: serán autolimpiables, sus superficies interiores no retendrán materias sólidas, no tendrán partes móviles, tendrán un registro de limpieza accesible y manipulable, su altura mínima será de 50 mm para los usos continuos y 70 mm para los discontinuos, la altura máxima será de 100 mm. La corona estará a una distancia menor de 60 cm y por debajo de la válvula de desagüe del aparato, el diámetro del sifón será mayor al de la válvula de desagüe y menor que el del ramal de desagüe, cuando exista un cambio de diámetro el tamaño aumentará en sentido del flujo y se instalarán próximos a la válvula de desagüe. No se instalarán en serie, por lo que cuando se instale bote sifónico para varios aparatos, estos no llevarán sifón individual. Los aparatos situados en la cocina: fregaderos, lavadoras, lavavajillas,.., etc contarán con sifón individual. Los botes sifónicos no darán servicio a los inodoros.

- **Redes de pequeña evacuación:** el trazado de la misma es sencillo, sin cambios bruscos de dirección y empleando piezas especiales adecuadas, estarán conectadas a las bajantes pero se permite que vayan conectadas al manguetón del inodoro, la distancia del bote sifónico a la bajante no debe ser mayor a 2 m, las derivaciones que acometen al bote sifónico deben tener una longitud máxima de 2.50 m con una pendiente comprendida entre 2 y 4%. En los aparatos dotados de sifón individual la distancia de éstos a las bajantes será como máximo de 4 m y sus pendientes: entre 2.5 y 5% para fregaderos, lavaderos lavabos y bidés, 10% para bañeras y duchas. El desagüe del inodoro se hará directamente a las bajantes o por medio de un manguetón de longitud máxima 1 m. Dispondrán de rebosadero los lavabos, bidés, bañeras y fregaderos, no se dispondrán desagües

enfrentados acometiendo a una tubería común, las uniones de los desagües a las bajantes deben tener la mayor inclinación posible (no menor a 45º), cuando empleemos sifones individuales los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios deben unirse a un tubo de derivación que desemboque en una bajante o si esto no fuera posible en el manguetón del inodoro (con la cabecera registrable con tapón roscado).

- **Bajantes y canalones**: las bajantes deben realizarse sin desviaciones ni retranqueos y con un diámetro uniforme el cual no puede disminuir en el sentido de la corriente.

- **Colectores**:

  Colectores colgados: las bajantes deben conectarse mediante piezas especiales, según las especificaciones técnicas del material. No puede realizarse esta conexión mediante simples codos. La conexión de un bajante de aguas pluviales al colector en los sistemas mixto, debe disponerse separada 3 m de la conexión de la bajante más próxima de aguas residuales. La pendiente mínima de estos colectores será de un 1%. No acometerán a un mismo punto más de dos colectores. En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, así como las derivaciones, deben disponerse registros constituidos por piezas especiales, según el material del que se trate, de tal manera que los tramos entre ellos no superen los 15 m.

  Colectores enterrados: se dispondrán en zanjas de dimensiones adecuadas situados por debajo de la red de distribución de agua potable, tendrán una pendiente mínima de 2%, y se dispondrán registros de manera que en tramos continuos la distancia entre éstos no sea mayor a 15 m.

- **Elementos de conexión**: En las redes enterradas la unión entre la vertical y horizontal y en esta, entre sus encuentros y derivaciones debe realizarse con arquetas dispuestas sobre cimiento de hormigón, con tapa practicable. Acometiendo sólo un colector por cada cara de la arqueta y formando un ángulo de salida superior a 90º.

- **Elementos especiales**: no existen dichos elementos.

- **Subsistema de ventilación**: para este tipo de edificio, con menos de siete metros para ello los bajantes de aguas residuales deben prolongarse al menos 1.30 m por encima de la cubierta cuando no sea transitable. La salida de ventilación no debe estar situada a menos de 6 m de cualquier toma de aire exterior en caso contrario se situarán al menos a 50 cm por encima de la cota máxima de dichos huecos. La salida debe estar convenientemente protegida de la entrada de cuerpos extraños y su diseño debe ser tal que la acción del viento favorezca la expulsión de gases.

4. DIMENSIONADO DE LA RED: Todo el dimensionado de la red se ejecuta de acuerdo a la normativa vigente y queda desarrollado en el ANEJO correspondiente de este documento.

5. CONSTRUCCION: La instalación de evacuación de aguas residuales se ejecutará con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena construcción y a las instrucciones del director de obra. Se realizarán las pruebas necesarias para garantizar su buen funcionamiento.

6. PRODUCTOS DE CONSTRUCCION: Los materiales empleados reunirán las características específicas establecidas por las normativas vigentes.

7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN: Para un correcto funcionamiento de la instalación se deberá comprobar periódicamente la estanqueidad general de la red, la existencia de olores y el mantenimiento de todos los elementos. Se revisarán y desatascarán los sifones y las válvulas, cada 6 meses se limpiarán los sumideros y botes sifónicos, cada 10 años se procederá a la limpieza de arquetas,.., y se mantendrá el agua permanentemente en los sumideros, botes sifónicos y sifones individuales para evitar malos olores.

3.4 EXIGENCIAS BASICAS DE PROTECCION CONTRA EL RUIDO DB-HR:

El objetivo de este requisito " Protección frente al ruido " consiste en limitar dentro de los edificios, y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, utilizarán y se mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características adecuadas para reducir la transmisión del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

El DB-HR, especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

1. GENERALIDADES:

1.1 AMBITO DE APLICACIÓN: por tratarse de un edificio de nueva construcción le es de aplicación esta sección.

1.2 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN: para satisfacer las exigencias se deben alcanzar los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos y cumplirse las especificaciones referentes a ruido y vibraciones de las instalaciones. Para la correcta aplicación de esta sección deberán realizarse una serie de verificaciones optando por uno de los procedimientos de comprobación. En nuestro caso optaremos por la **OPCION SIMPLIFICADA.** Para satisfacer la justificación documental del proyecto se aportan las fichas justificativas.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS:

2.1 VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO

- **Aislamiento acústico a ruido aéreo:**

  - Protección frente al ruido generado en la misma unidad de uso: índice global reducción acústica R_A de la tabiquería no menor de 33 dBA

  - Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso: aislamiento acústico ruido aéreo D_{nTA} no menor de 45-50 dBA

  - Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones: aislamiento acústico ruido aéreo D_{nTA} entre recinto habitable y recinto de instalaciones no será menor de 45-55 dBA.

  - Recintos habitables y recintos protegidos colindantes con otros edificios: aislamiento acústico ruido aéreo D_{nTA} no será menor de 50 dBA.

  - Protección frente al ruido procedente del exterior: aislamiento acústico ruido aéreo no será menor 30 dBA en función del uso del edificio (residencial) y de los valores del índice de ruido día (L_d= 60 dBA)

- **Aislamiento acústico a ruido de impactos**

  - Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso: nivel global de presión de ruido de impactos de un recinto colindante a otro que pertenezca a una unidad de uso diferente no será mayo que 65 dB.

  - Protección frente al ruido procedente de recinto de instalaciones: nivel global de presión de ruido de impactos de un recinto colindante con un recinto de instalaciones no será mayor que 60 dB.

- **Ruido y vibraciones de las instalaciones**

  - Se limitarán los niveles de ruido y vibraciones que las instalaciones puedan transmitir a los recintos a través de las sujeciones o puntos de contacto de aquellas con los elementos constructivos, de tal forma que no se aumenten perceptiblemente los niveles debidos a las restantes fuentes de ruido del edificio.

3. DISEÑO Y DIMENSIONADO:

3.1 AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO Y A RUIDO DE IMPACTO: para el diseño y dimensionado de los elementos constructivos se opta por la opción simplificada para la cual se deben elegir los distintos elementos constructivos:

- tabiquería 110 kg/m2 R_A = 39 dBA

- las medianerías 176 kg/m2 R_A = 44 dBA

- las fachadas 242 kg/m2 R_A = 44 dBA

- las cubiertas 650 kg/m2 R_A = 58 dBA

3.3 RUIDO Y VIBRACIONES DE LAS INSTALACIONES: los suministradores de los equipos incluirán en la documentación de los mismos los valores que caracterizan los ruidos y las vibraciones, nivel potencia acústica, rigidez dinámica, amortiguamiento, transmisibilidad, coeficiente absorción acústica…

Los equipos se instalarán sobre soportes antivibratorios elásticos que cumplan la UNE 100153IN.

Se instalarán conectores flexibles a la entrada y a la salida de las tuberías de los equipos.

Los conductos de aire acondicionado deben estar revestidos de un material absorbente acústico y deben utilizarse silenciadores específicos. Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas. Se usarán rejillas y difusores terminales.

4. PRODUCTOS DE CONSTRUCCION:

4.1 CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LOS PRODUCTOS: los productos utilizados en edificación y que contribuyen a la protección frente al ruido se caracterizan por sus propiedades acústicas que debe proporcionar el fabricante. Los productos que componen los elementos constructivos se caracterizan por unidad de superficie kg/m2. Los productos utilizados para aplicaciones acústicas se caracterizan por rigidez dinámica, coeficiente absorción, resistividad al flujo del aire. En el pliego se indican las características acústicas de los productos utilizados en los elementos constructivos de separación.

4.2 CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS: deberá comprobarse que los productos recibidos corresponden a los especificados en el pliego, disponen de la documentación exigida, están caracterizados por las propiedades exigidas, han sido ensayados cuando así lo establezca el pliego.

5. CONSTRUCCIÓN:

5.1 EJECUCIÓN: las obras de construcción del edificio se ejecutarán con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la

ejecución de la obra. En el pliego se indicarán las condiciones particulares de ejecución de los elementos constructivos.

5.2 CONTROL DE LA EJECUCIÓN: el control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anexos y las modificaciones autorizadas por el director de obra y el director de la ejecución de la obra. Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el pliego.

5.3 CONTROL DE LA OBRA TERMINADA: en el caso de que se realicen mediciones in situ para comprobar las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo, de aislamiento acústico a ruido de impacto y de limitación del tiempo de reverberación, se realizarán por laboratorios acreditados y conforme a lo establecido en las UNE EN ISO 140-4 y UNE EN ISO 140-5 para ruido aéreo, UNE EN ISO 140-7 para ruido de impactos y UNE EN ISO 3382 para tiempo de reverberación. Se admiten tolerancias entre los valores obtenidos por mediciones in situ y los valores límites establecidos, 3 dBA para aislamiento a ruido aéreo, 3 dB para aislamiento a ruido de impacto y 0,1 s para tiempo de reverberación.

6. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN: los edificios deben mantenerse de tal forma que en sus recintos se conserven las condiciones acústicas exigidas inicialmente.

Cuando en un edificio se realice alguna reparación, modificación o sustitución de los materiales o productos que componen sus elementos constructivos, éstas deben realizarse con materiales o productos de propiedades similares, y de tal forma que no se menoscaben las características acústicas del mismo.

Debe tenerse en cuenta que la modificación en la distribución dentro de una unidad de uso, como por ejemplo la desaparición o el desplazamiento de la tabiquería, modifica sustancialmente las condiciones acústicas de la unidad.

4. ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO 1. CÁLCULO DE ESTRUCURA
ANEJO 2. MEMORIA DE CLIMATIZACIÓN

Definición y selección de la estructura y sus materiales

Se escoge una estructura metálica, pensando en la rapidez de ejecución y también por un diseño arquitectónico que permita tener una estructura liviana visualmente, para los forjados se ha optado por un forjado de chapa grecada.

Proceso de cálculo

Se plantea una estructura simple en su geometría en la que se separan principalmente 4 tipos de barras, pilares, vigas de carga, vigas de atado y vigas de tercer orden.

ESTRUCTURA COMPLETA

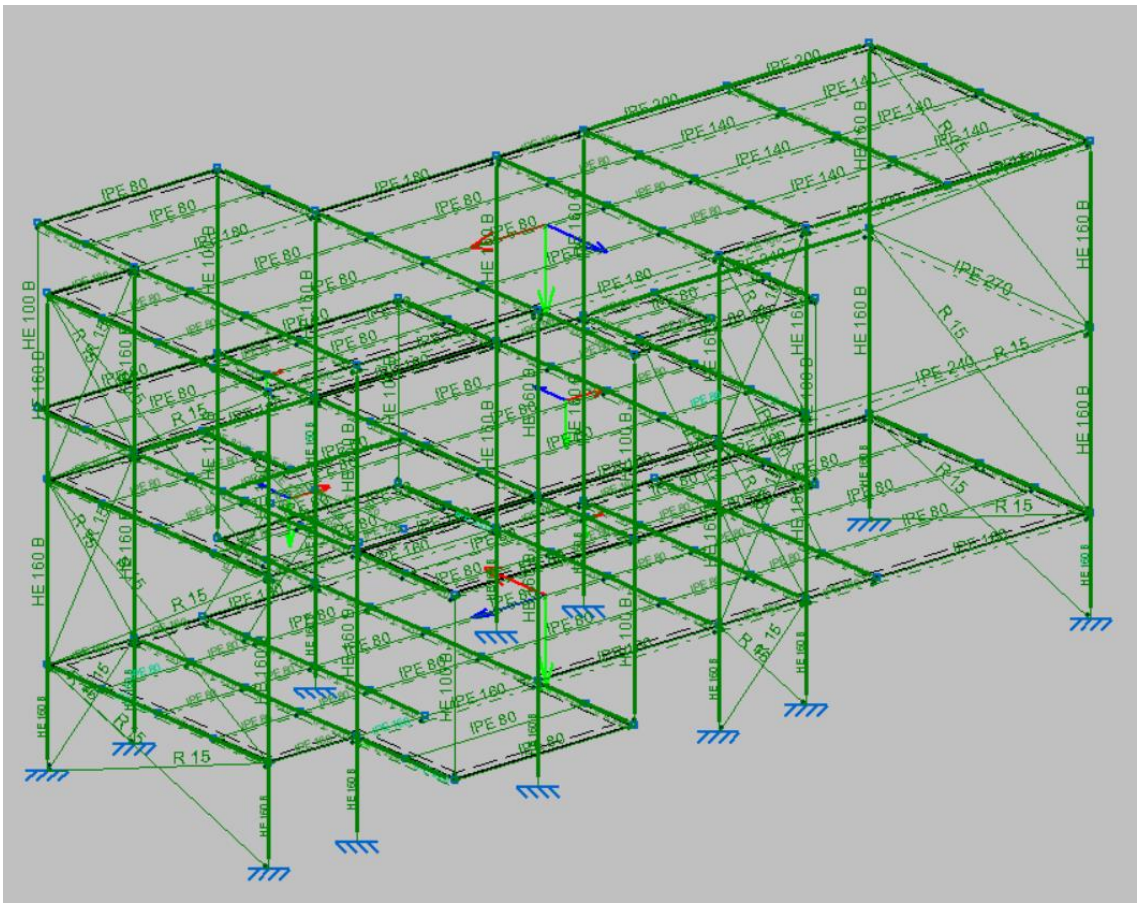
Se ha considerado en la estructura la propia escalera, para poder dimensionar los perfiles de la misma.

Las flechas se configuraron en L/400 para garantizar la integridad estructuras, de las vigas se eliminó el pandeo lateral del ala superior pues podemos considerar que el forjado de chapa colaborante arriostra, se ha asignado el factor crítico C1 1.2 pues entendemos que nuestros nudos son semirrígidos.

Los pilares se establecieron como intraslacionales.

En cuanto al viento se ha cogido los datos de las tablas correspondientes a Edificio de pisos para los paramentos verticales.

ESTRUCTURA CUMPLIENDO



Acciones en la edificación.

El CTE define distintos tipos de acciones a considerar para el cálculo de las estructuras, en nuestro caso sólo tendremos en cuenta las siguientes:

Acciones permanentes.

Peso propio.

En el C*TE DB SE-AE* en su apartado *2.1 Peso propio* especifica que para viviendas bastara considerar como peso propio de la tabiquería una carga de **1kN/m^2** por cada m2 de superficie construida, así mismo también se especifica que el peso propio de las instalaciones y equipos fijos debe definirse de acuerdo con loas valores aportados por los suministradores, en nuestro caso **1,5kN/m^2**.

Tabiqueria: 1kN/m^2

Instalaciones 1,5 kN/m^2

Acciones variables.

Sobre carga de uso.

La sobrecarga de uso (apartado *3.1 DB SE-AE*) es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

Según el *CTE DB SE-AE* en su *Tabla 3.1. Valores característicos de las sobre carga de uso*, en nuestro caso es una vivienda unifamiliar y por lo tanto pertenece a la **Categoría A "Zonas residenciales" Subcategoría A1 "Viviendas y zonas de habitaciones en hospitales y hoteles"** con un valor característico de **Carga uniforme de 2 kN/m^2 y para la cubierta en el castillete Categoría G "Cubiertas accesibles únicamente para conservación"**, **Subcategoría G1 "Cubiertas con inclinación inferior a 20"** con un valor característico de **Carga uniforme de 1 kN/m^2.**

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

A1 – Viviendas 2kN/m^2

G1 – Cubierta 1kN/m^2

Viento.

Nuestra edificación se localiza en el término municipal de Almería a una altitud de 7 m, y por tanto las disposiciones descritas en el *CTE DB SE-AE* apartado *3.3 Viento* sí son aplicables en nuestro caso (**altitud < 2000 m**)

El viento genera una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática qe y puede expresarse como:

$$qe = qb \cdot ce \cdot cp$$

siendo:

qb Presión dinámica del viento. En general 0,5 kN/m^2. Valores concretos según Anejo D.

ce Coeficiente de exposición, se determina según lo establecido en el CTE DB SE-AE apartado 3.3.3.

cp Coeficiente eólico o de presión, se determina según lo establecido en el CTE DB SE-AE apartado 3.3.4 Coeficiente eólico de edificios de pisos.

Presión dinámica:

Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Según el *Anejo D. Acción del viento* en su apartado *D.1 Presión dinámica* el valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse mediante la expresión:

$$qb = 0{,}5 \cdot \delta \cdot vb^2$$

siendo δ la densidad del aire y vb el valor básico de la velocidad del viento.

En general puede adoptarse el valor de *1,25 kg/m3* para la *densidad del aire (*δ), y el valor básico de la velocidad puede obtenerse del mapa de la *Figura D.1*, siendo la presión dinámica **0,42kN/m^2** para la zona A, **0,45 kN/m^2** para la zona B y **0,52 kN/m^2** para la zona C.

qb = 0,42kN/m^2

Coeficiente de exposición:

Este coeficiente depende de la altura del punto considerado y del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Su valor se establece en el apartado *3.3.3 Coeficiente de exposición* en la *Tabla 3.4 Valores del coeficiente de exposición Ce* y en el *Anejo D* apartado *D.2 Coeficiente de exposición* usaremos la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

Nuestra estructura se encuentra en una zona con **Grado de aspereza IV** y tiene una altura de 14 metros, por lo que nuestro coeficiente estará entre 1,4 y 1,7

ce = 1.6

Coeficiente de presión:

Para el cálculo de este coeficiente recurrimos a la Tabla 3.5

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

VIENTO				
	q_b (kN/m^2)	c_e	c_p	q_e (kN/m^2)
Vxp	0,42	1,6	0,8	0,538
Vxs	0,42	1,6	-0,7	-0,470
Vyp	0,42	1,6	0,8	0,538
Vys	0,42	1,6	-0,6	-0,403
	ZONA A	GRADO IV		
LOS VALORES NEGATIVOS SE TOMAN COMO UN EFECTO DE SUCCIÓN				
ESBELTEZ GEOMETRICA				
	ALTURA	ANCHO		
ESBELTE ZX	7,2	15	2,08	
ESBELTE ZY	7,2	9,2	1,28	

Nieve.

Para determinar la carga de nieve para edificios situados en localidades con altitud inferior a los 1.000 m se puede considerar una carga de 1 kN/m^2, o bien con la Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas, pero también pueden calcularse con el ***Anejo E*** en función de la zona y la altitud topográfica, este será nuestro caso ya que nuestra cubierta es horizontal podemos hacer uso de la tabla o del Anejo.

Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)

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

En nuestro caso nos encontramos en la **Zona 4** y con una altitud a **500 m**, por lo que nos corresponde un valor de **0,4 kN/m^2**.

Acciones accidentales.

Sismo.

NO APLICABE ab < 0,04 g

Resumen de cargas y hipótesis

CARGAS GRAVITACIONALES LINEALES BAJO LA HIPOTESIS G1

ELEMENTOS VERTICALES (CARGAS PERMANENTES LINEALES)					
Cerramiento exterior	**h (cm)**	**e (cm)**	**kN/m^3**	**kN/m^2**	**kN/m**
Ladrillo cara vista perforado + enfoscado cemento	280,0	13,00		2,00	5,60
Tradosado KNAUF w626	280,0	8,0		0,21	0,59
		21,0			**6,19**
Cerramiento vuelos	**h (cm)**	**e (cm)**	**kN/m^3**	**kN/m^2**	**kN/m**
Placas Madera accoya	280,0	2,0	5,00	0,10	0,28
Poliuretano proyectado	280,0	4,0	0,35	0,01	0,04
Panel OSB 3	280,0	1,8	6,50	0,12	0,33
Aislante Lana ROCA	280,0	12,0		0,06	0,17
Trasdosado Kanauf w626	280,0	8,0		0,21	0,59
		27,8			**1,40**
Cerramiento vidrio	**h (cm)**	**e (cm)**	**kN/m^3**	**kN/m^2**	**kN/m**
Vidrio	280,0	0,5	25,00	0,13	0,35
Camara de aire	280,0	2,0	0,00	0,00	0,00
Vidrio	280,0	0,5	25,00	0,13	0,35
Perfiles Al 100x60 mm e=2mm (0,017kN/m)	1600,0	6,0	0,00	0,00	0,27
		6,0			**2,37**
Pretil	**h (cm)**	**e (cm)**	**kN/m^3**	**kN/m^2**	**kN/m**
Ladrillo cara vista 1 pie + enfoscado	40,0	26,0		4,00	1,60
		26,0			**1,60**
OTROS ELEMNTOS LINEALES					
ELEMENTO	**h (cm)**	**e (cm)**	**kN/m^3**	**kN/m^2**	**kN/m**
Escalera	295,0	0,0	0,00	8,75	25,81
Barandillas	100,0	0,0	0,00	0,00	1,00

HIPOTESIS SUPERFICIALES

CARGAS PERMANENTES (SUPERFICIALES)		
INTERIOR		
NOMBRE	ELEMENTOS	kN/m^2
GF	Forjado chapa nervada MT-60 1mm 12cm	2,17
G1	Paque y tarima sobre rastreles 0,4 kN/m^2 Falso Techo 0,2 kN/m^2 Tabiqueria 1 kN/m^2	1,6
CUBIERTA		
NOMBRE	ELEMENTOS	kN/m^2
GF	Forjado chapa nervada MT-60 1mm 12cm	2,17
G1	Gress o Cerámica 0,8 kN/m^2 Falso Techo 0,2 kN/m^2 Cubierta plana invertida 2,5 kN/m^2	3,5
G1	Instalaciones	1,5

CARGAS VARIABLES (SUPERFICIALES)		
NOMBRE	ELEMENTOS	kN/m^2
Q1	Uso - A1 - Viviendas	2
Q2	Uso - G - Cubiertas conservación	1
N1	Nieve - Zona 4 - Cota 500m	0,4
Vx(P)	Viento eje X Presión	0,538
Vx(S)	Viento eje X Succión	-0,470
Vy(P)	Viento eje Y Presión	0,538
Vy(S)	Viento eje Y Succión	-0,403
SISMO		
NO APLICABE $a_b < 0,04$ g		

CARGAS PERMANENTES (SUPERFICIALES)		
INTERIOR		
NOMBRE	ELEMENTOS	kN/m²
GF	Forjado chapa nervada MT-60 1mm 12cm	2,17
G1	Paque y tarima sobre rastreles 0,4 kN/m² Falso Techo 0,2 kN/m² Tabiqueria 1 kN/m²	1,6
CUBIERTA		
NOMBRE	ELEMENTOS	kN/m²
GF	Forjado chapa nervada MT-60 1mm 12cm	2,17
G1	Gress o Cerámica 0,8 kN/m² Falso Techo 0,2 kN/m² Cubierta plana invertida 2,5 kN/m²	3,5
G1	Instalaciones	1,5

CARGAS VARIABLES (SUPERFICIALES)		
NOMBRE	ELEMENTOS	kN/m²
Q1	Uso - A1 - Viviendas	2
Q2	Uso - G - Cubiertas conservación	1
N1	Nieve - Zona 4 - Cota 500m	0,4
Vx(P)	Viento eje X Presión	0,538
Vx(S)	Viento eje X Succión	-0,470
Vy(P)	Viento eje Y Presión	0,538
Vy(S)	Viento eje Y Succión	-0,403
SISMO		
NO APLICABE $a_b < 0,04$ g		

A continuación se adjuntan los datos obtenidos de CYPE para las comprobaciones pertinentes

PARÁMETROSDEENTRADA(INTRODUCIDOS)		
DATOS GEOMÉTRICOS		
Número de vanos	%	3
Coeficiente de redistribución de negativos	%	15
Luz del vano	m	1.225

Tipo de perfil		MT-60
Espesor	mm	1.0
Canto total	cm	12
Límite de flecha relativo		500
Límite de flecha absoluto	mm	20
Conectores en extremos		NO
MATERIALES		
HORMIGÓN		
Tipo de hormigón		NORMAL
Resistencia característica del hormigón	MPa	30
Coeficiente de minoración de resistencia γ_c		1.5
Densidad o peso específico	kN/m³	24.0
ACEROESTRUCTURAL		
Límite elástico	MPa	275
Coeficiente de minoración de resistencia γ_a		1.1
ACERO DE ARMADO		
Tipo de acero de armar		B500S
Coeficiente de minoración de resistencia γ_s		1.15
Recubrimiento mecánico superior	cm	4.0
CARGAS		
Carga superficial		SI
Valor de la carga superficial permanente	kN/m²	4.05
Valor de la carga superficial variable	kN/m²	1.0
Alternancia de sobrecargas		NO

Carga lineal		NO
Carga puntual		NO
Coeficiente de mayoración de acciones perman. γ_p		1.35
Coeficiente de mayoración de acciones variables γ_q		1.5
Carga sísmica		NO
Carga dinámica		NO
Resistencia al fuego		NO
PARÁMETROSDESALIDA(CALCULADOS)		
FASEDEEJECUCIÓN (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3)		
Coeficiente de seguridad de cargas permanentes, γ_{Pe}		1.35
Coeficiente de seguridad de cargas variables, γ_{Qe}		1.35
Momento máximo negativo, $M_{maxneg.d}$	mkN/m	0.77
Momento máximo positivo, $M_{maxpos.d}$	mkN/m	0.62
Momento resistente elástico eficaz positivo, M_{Rep}	mkN/m	5.66
Momento resistente elástico eficaz negativo, M_{Ren}	mkN/m	4.69
Comprobación a flexión: $M_{maxpos.d} \leq M_{Rep}$		CORRECTO
Cortante máximo en apoyos, $V_{e.d}$	kN/m	3.67
Cortante resistente, V_{ue}	kN/m	88.47
Comprobación a cortante: $V_{e.d} \leq 0.5 \cdot V_{ue}$		CORRECTO
Flecha para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), f_{eb}	mm	0.39
Embalsamiento: ($f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)		NO
Flecha del forjado (peso propio acero + hormigón), f_{ec}	mm	0.23
Necesidad de apuntalamiento		**NO**
FASE MIXTA(artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)		
Resultante de compresiones en el hormigón, N_{cf}	kN/m	333.00
Fibra neutra de la sección mixta, x	cm	1.96
Comprobación de los datos		CORRECTO
Momento último resistente, $M_{p.Rd}$	mkN/m	25.80
Momento máximo positivo, $M^+_{max.d}$	mkN/m	0.90
Comprobación a flexión: ($M^+_{max.d} \leq M_{p.Rd}$)		CORRECTO
Momento máximo negativo, $M^-_{max.d}$	mkN/m	0.89
Cortante último vertical, $V_{v.Rd}$	kN/m	34.11
Cortante vertical máximo, $V_{v.max.d}$	kN/m	4.99
Comprobación a cortante vertical: ($V_{v.max.d} \leq V_{v.Rd}$)		CORRECTO
Luz de cortante, L_s	m	0.31
Cortante último a rasante, $V_{l.Rd}$	kN/m	28.79
Cortante máximo para rasante, $V_{l.max.d}$	kN/m	3.54

Comprobación a rasante: ($V_{l.max.d} \leq V_{l.Rd}$)		CORRECTO
Coeficiente de equivalencia a tiempo infinito (n = Es/(Ecm/2))		13.13
Inercia de la sección homogeneizada, I_T	m^4/m	8.908e-06
Inercia homogeneizada de la sección fisurada, I_{Tf}	m^4/m	5.397e-06
Inercia a considerar para el cálculo de la flecha, I_f	m^4/m	7.153e-06
Carga superficial que actua sobre el forjado, Q_d	kN/m²	9.90
Flecha,f	mm	0.05
Comprobación de flecha ($f \leq L_v/500$ o 20mm)		CORRECTO
Área de armaduras, As	cm²/m	0.26
Diámetro de barras de armadura negativa	mm	10.00
Separación entre barras de armadura negativa	cm	30.00
Volumen de hormigón por unidad de superficie, V_H	m³/m²	0.09
Peso del forjado, Q_{muerta}	kN/m²	2.17
Mallazo antifisuración		#Ø4@20cm

PARÁMETROSDEENTRADA(INTRODUCIDOS)		
DATOS GEOMÉTRICOS		
Número de vanos	%	3
Coeficiente de redistribución de negativos	%	15
Luz del vano	m	1.225
Tipo de perfil		MT-60
Espesor	mm	1.0
Canto total	cm	12
Límite de flecha relativo		500
Límite de flecha absoluto	mm	20

Conectores en extremos		NO
MATERIALES		
HORMIGÓN		
Tipo de hormigón		NORMAL
Resistencia característica del hormigón	MPa	30
Coeficiente de minoración de resistencia γ_c		1.5
Densidad o peso específico	kN/m³	24.0
ACERO ESTRUCTURAL		
Límite elástico	MPa	275
Coeficiente de minoración de resistencia γ_a		1.1
ACERO DE ARMADO		
Tipo de acero de armar		B500S
Coeficiente de minoración de resistencia γ_s		1.15
Recubrimiento mecánico superior	cm	4.0
CARGAS		
Carga superficial		SI
Valor de la carga superficial permanente	kN/m²	2.0
Valor de la carga superficial variable	kN/m²	2.0
Alternancia de sobrecargas		NO

Carga lineal		NO
Carga puntual		NO
Coeficiente de mayoración de acciones perman. γ_p		1.35
Coeficiente de mayoración de acciones variables γ_q		1.5
Carga sísmica		NO
Carga dinámica		NO
Resistencia al fuego		NO
PARÁMETROS DE SALIDA (CALCULADOS)		
FASE DE EJECUCIÓN (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3)		
Coeficiente de seguridad de cargas permanentes, γ_{Pe}		1.35
Coeficiente de seguridad de cargas variables, γ_{Qe}		1.35
Momento máximo negativo, $M_{maxneg.d}$	mkN/m	0.77
Momento máximo positivo, $M_{maxpos.d}$	mkN/m	0.62
Momento resistente elástico eficaz positivo, M_{Rep}	mkN/m	5.66
Momento resistente elástico eficaz negativo, M_{Ren}	mkN/m	4.69
Comprobación a flexión: $M_{maxpos.d} \leq M_{Rep}$		CORRECTO
Cortante máximo en apoyos, $V_{e.d}$	kN/m	3.67
Cortante resistente, V_{ue}	kN/m	88.47
Comprobación a cortante: $V_{e.d} \leq 0.5 \cdot V_{ue}$		CORRECTO
Flecha para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), f_{eb}	mm	0.39
Embalsamiento: ($f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)		NO
Flecha del forjado (peso propio acero + hormigón), f_{ec}	mm	0.23
Necesidad de apuntalamiento		**NO**
FASE MIXTA (artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)		
Resultante de compresiones en el hormigón, N_{cf}	kN/m	333.00
Fibra neutra de la sección mixta, x	cm	1.96
Comprobación de los datos		CORRECTO
Momento último resistente, $M_{p.Rd}$	mkN/m	25.80
Momento máximo positivo, $M^+_{max.d}$	mkN/m	0.74
Comprobación a flexión: ($M^+_{max.d} \leq M_{p.Rd}$)		CORRECTO
Momento máximo negativo, $M^-_{max.d}$	mkN/m	0.73
Cortante último vertical, $V_{v.Rd}$	kN/m	34.11
Cortante vertical máximo, $V_{v.max.d}$	kN/m	4.08
Comprobación a cortante vertical: ($V_{v.max.d} \leq V_{v.Rd}$)		CORRECTO
Luz de cortante, L_s	m	0.31
Cortante último a rasante, $V_{l.Rd}$	kN/m	28.79
Cortante máximo para rasante, $V_{l.max.d}$	kN/m	2.90

Comprobación a rasante: ($V_{l.max.d} \leq V_{l.Rd}$)		CORRECTO
Coeficiente de equivalencia a tiempo infinito (n = Es/(Ecm/2))		13.13
Inercia de la sección homogeneizada, I_T	m^4/m	8.908e-06
Inercia homogeneizada de la sección fisurada, I_{Tf}	m^4/m	5.397e-06
Inercia a considerar para el cálculo de la flecha, I_f	m^4/m	7.153e-06
Carga superficial que actua sobre el forjado, Q_d	kN/m²	8.64
Flecha,f	mm	0.04
Comprobación de flecha ($f \leq L_v/500$ o 20mm)		CORRECTO
Área de armaduras, As	cm²/m	0.21
Diámetro de barras de armadura negativa	mm	10.00
Separación entre barras de armadura negativa	cm	30.00
Volumen de hormigón por unidad de superficie, V_H	m³/m²	0.09
Peso del forjado, Q_{muerta}	kN/m²	2.17
Mallazo antifisuración		#Ø4@20cm

1.- ESTRUCTURA

1.1.- Resultados

1.1.1.- Barras

1.1.1.1.- Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N1/N2	4.200 4.200	0.72 L/(>1000)	4.000 4.000	1.12 L/(>1000)	4.200 4.200	1.09 L/(>1000)	4.200 4.200	0.76 L/(>1000)

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N5/N6	4.000 4.000	0.89 L/(>1000)	3.400 1.000	0.88 L/(>1000)	4.000 4.000	1.15 L/(>1000)	4.200 1.000	0.81 L/(>1000)
N7/N8	6.000 6.000	1.20 L/(>1000)	6.400 6.400	0.94 L/(>1000)	4.200 3.800	1.07 L/(>1000)	4.200 6.000	0.95 L/(>1000)
N9/N10	5.800 5.800	2.79 L/(>1000)	6.000 6.000	1.54 L/(>1000)	5.400 5.000	1.48 L/(>1000)	5.800 5.600	0.77 L/(>1000)
N11/N12	6.000 6.000	2.49 L/(>1000)	6.000 6.000	1.60 L/(>1000)	5.400 5.000	1.38 L/(>1000)	5.600 5.600	0.79 L/(>1000)
N13/N14	6.200 1.200	1.01 L/(>1000)	6.200 6.400	1.25 L/(>1000)	4.000 2.200	1.10 L/(>1000)	4.000 6.400	0.95 L/(>1000)
N17/N18	4.000 4.000	1.03 L/(>1000)	3.400 3.400	1.08 L/(>1000)	4.000 3.800	1.09 L/(>1000)	4.200 0.800	0.71 L/(>1000)
N19/N20	4.000 4.000	0.89 L/(>1000)	4.600 6.400	0.99 L/(>1000)	4.200 4.000	0.98 L/(>1000)	5.400 6.400	0.74 L/(>1000)
N22/N21	1.200 1.200	0.22 L/(>1000)	1.200 1.200	0.65 L/(>1000)	1.200 1.200	0.31 L/(>1000)	1.200 1.200	0.15 L/(>1000)
N24/N23	2.200 -	0.00 L/(>1000)	2.000 -	0.00 L/(>1000)	2.200 -	0.00 L/(>1000)	2.000 -	0.00 L/(>1000)
N25/N26	1.600 1.600	0.41 L/(>1000)	1.600 1.600	1.06 L/(>1000)	1.600 1.600	0.67 L/(>1000)	1.600 1.600	0.51 L/(>1000)
N28/N27	2.400 -	0.00 L/(>1000)	2.400 -	0.00 L/(>1000)	2.400 -	0.00 L/(>1000)	2.400 -	0.00 L/(>1000)
N30/N29	2.000 -	0.00 L/(>1000)	2.400 -	0.00 L/(>1000)	2.000 -	0.00 L/(>1000)	2.400 -	0.00 L/(>1000)
N31/N22	1.600 1.600	0.47 L/(>1000)	1.600 1.600	0.77 L/(>1000)	1.600 1.600	0.73 L/(>1000)	1.600 1.600	0.41 L/(>1000)
N32/N33	1.600 -	0.00 L/(>1000)	1.200 -	0.00 L/(>1000)	2.000 -	0.00 L/(>1000)	2.600 -	0.00 L/(>1000)
N26/N34	1.200 1.200	0.37 L/(>1000)	1.200 1.200	0.87 L/(>1000)	1.200 1.200	0.30 L/(>1000)	1.200 1.200	0.20 L/(>1000)
N36/N35	2.450 4.287	0.08 L/(>1000)	2.450 2.450	6.90 L/710.3	1.225 4.134	0.07 L/(>1000)	2.756 2.756	1.58 L/(>1000)
N38/N37	1.837 1.837	0.33 L/(>1000)	2.450 2.450	4.46 L/(>1000)	3.062 3.062	0.20 L/(>1000)	1.991 1.991	1.08 L/(>1000)
N39/N30	2.654 2.654	4.78 L/(>1000)	4.900 4.900	3.07 L/(>1000)	2.654 2.654	8.76 L/(>1000)	4.900 4.900	1.88 L/(>1000)
N25/N31	7.399 7.399	0.19 L/(>1000)	2.150 2.150	6.58 L/(>1000)	7.104 7.184	0.13 L/(>1000)	2.150 2.150	1.98 L/(>1000)
N28/N40	4.600 4.396	3.53 L/(>1000)	2.150 2.150	3.52 L/(>1000)	4.600 4.600	6.58 L/(>1000)	2.150 2.150	1.81 L/(>1000)
N42/N41	2.450 2.450	0.22 L/(>1000)	2.654 2.654	7.96 L/615.8	2.654 2.654	0.15 L/(>1000)	2.858 2.858	5.87 L/834.2
N44/N43	2.450 0.612	0.11 L/(>1000)	2.450 2.450	6.37 L/768.9	0.612 4.441	0.05 L/(>1000)	2.756 2.756	1.50 L/(>1000)
N46/N45	4.410 -	0.00 L/(>1000)	2.450 2.450	4.20 L/(>1000)	3.675 -	0.00 L/(>1000)	0.000 -	0.00 L/(>1000)
N32/N29	4.804 4.804	8.62 L/667.5	2.150 2.150	4.82 L/(>1000)	4.804 4.804	15.91 L/672.3	7.050 7.050	1.84 L/(>1000)
N26/N22	2.150 2.150	0.15 L/(>1000)	2.150 2.150	6.07 L/(>1000)	2.150 2.150	0.07 L/(>1000)	2.150 2.150	1.84 L/(>1000)
N27/N24	4.600 4.600	8.90 L/578.3	2.150 2.150	4.48 L/(>1000)	4.600 4.600	16.54 L/581.2	2.150 2.150	1.74 L/(>1000)
N48/N47	1.021	0.15	2.297	6.67	0.817	0.10	2.297	2.47

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
	4.287	L/(>1000)	2.297	L/734.7	4.287	L/(>1000)	2.297	L/(>1000)
N20/N2	4.287 4.287	0.07 L/(>1000)	2.450 2.450	6.51 L/752.4	2.450 2.450	0.04 L/(>1000)	2.297 2.297	1.39 L/(>1000)
N12/N10	1.837 1.837	0.20 L/(>1000)	2.450 2.450	5.95 L/823.3	1.837 1.837	0.05 L/(>1000)	2.297 2.297	1.05 L/(>1000)
N33/N3	4.600 4.600	6.43 L/788.5	2.150 2.150	3.72 L/(>1000)	4.600 4.600	11.93 L/796.2	2.150 2.150	1.43 L/(>1000)
N34/N21	4.804 7.050	0.23 L/(>1000)	2.150 2.150	5.80 L/(>1000)	4.600 7.050	0.43 L/(>1000)	2.150 2.150	1.78 L/(>1000)
N15/N23	2.450 2.450	6.62 L/763.5	4.900 4.900	3.17 L/(>1000)	2.450 2.450	12.30 L/769.9	4.900 4.900	1.35 L/(>1000)
N14/N8	1.837 1.837	0.48 L/(>1000)	2.654 2.654	3.06 L/(>1000)	2.246 2.246	0.11 L/(>1000)	2.858 2.858	1.05 L/(>1000)
N35/N37	3.260 3.260	4.06 L/904.1	12.319 12.319	8.25 L/642.3	3.260 3.260	6.81 L/937.3	12.562 12.562	2.81 L/(>1000)
N36/N38	6.550 6.550	4.02 L/879.8	12.562 12.562	8.18 L/655.6	6.550 6.550	6.80 L/905.2	12.562 12.562	2.57 L/(>1000)
N30/N31	1.650 1.650	0.07 L/(>1000)	1.650 1.650	2.42 L/(>1000)	1.650 1.650	0.02 L/(>1000)	1.650 1.650	0.85 L/(>1000)
N25/N28	1.650 1.650	0.07 L/(>1000)	1.650 1.650	2.34 L/(>1000)	1.444 1.444	0.02 L/(>1000)	1.650 1.650	0.81 L/(>1000)
N43/N45	12.400 12.400	15.09 L/473.1	12.400 12.400	3.36 L/(>1000)	12.400 12.400	26.02 L/475.7	3.044 3.044	0.69 L/(>1000)
N44/N46	13.050 13.294	2.55 L/(>1000)	12.319 12.319	3.37 L/(>1000)	13.294 13.537	4.38 L/(>1000)	12.075 12.319	1.43 L/(>1000)
N32/N27	4.537 3.300	0.10 L/(>1000)	4.744 4.744	2.80 L/(>1000)	2.887 3.300	0.03 L/(>1000)	4.744 4.744	1.18 L/(>1000)
N29/N24	4.744 3.300	0.07 L/(>1000)	1.856 1.856	2.49 L/(>1000)	2.062 3.300	0.02 L/(>1000)	1.856 1.856	0.99 L/(>1000)
N20/N12	3.250 3.250	5.02 L/728.9	12.400 12.400	7.44 L/752.4	3.250 3.250	8.41 L/758.4	12.400 12.400	1.43 L/(>1000)
N21/N23	1.650 1.650	0.06 L/(>1000)	1.650 1.650	3.03 L/(>1000)	1.650 1.650	0.01 L/(>1000)	1.650 1.650	0.64 L/(>1000)
N33/N34	1.650 1.650	0.06 L/(>1000)	1.650 1.650	3.07 L/(>1000)	1.650 1.650	0.01 L/(>1000)	1.650 1.650	0.67 L/(>1000)
N50/N49	0.833 0.833	0.29 L/(>1000)	1.250 1.250	3.63 L/908.1	0.833 0.833	0.20 L/(>1000)	1.250 1.250	1.61 L/(>1000)
N52/N51	0.731 0.731	0.04 L/(>1000)	0.487 0.487	0.56 L/(>1000)	1.037 0.731	0.02 L/(>1000)	1.162 1.587	0.33 L/(>1000)
N53/N15	0.600 0.600	0.42 L/(>1000)	1.600 1.600	1.13 L/(>1000)	1.800 2.200	0.25 L/(>1000)	1.600 1.600	0.36 L/(>1000)
N54/N53	2.200 2.200	0.47 L/(>1000)	2.000 2.000	0.21 L/(>1000)	2.200 2.200	0.42 L/(>1000)	2.000 2.200	0.16 L/(>1000)
N55/N54	0.800 0.800	0.20 L/(>1000)	0.800 0.800	0.18 L/(>1000)	0.600 0.600	0.18 L/(>1000)	0.600 1.000	0.25 L/(>1000)
N56/N16	1.600 1.600	0.69 L/(>1000)	1.600 1.600	0.46 L/(>1000)	1.800 1.800	0.37 L/(>1000)	1.800 1.800	0.26 L/(>1000)
N57/N56	1.633 1.633	0.73 L/(>1000)	1.400 1.400	0.47 L/(>1000)	1.400 1.633	0.77 L/(>1000)	1.867 1.867	0.27 L/(>1000)
N58/N57	0.400 0.400	0.09 L/(>1000)	0.800 0.800	0.23 L/(>1000)	0.600 0.400	0.16 L/(>1000)	0.600 0.800	0.23 L/(>1000)
N59/N3	5.000 3.800	0.83 L/(>1000)	5.800 5.800	1.27 L/(>1000)	4.000 3.800	1.20 L/(>1000)	4.400 5.400	0.68 L/(>1000)

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N62/N4	4.000 4.000	0.83 L/(>1000)	3.400 3.400	0.93 L/(>1000)	4.000 4.000	1.16 L/(>1000)	4.000 3.800	0.82 L/(>1000)
N19/N35	4.832 -	0.00 L/(>1000)	3.544 -	0.00 L/(>1000)	4.188 -	0.00 L/(>1000)	4.832 -	0.00 L/(>1000)
N1/N36	4.832 -	0.00 L/(>1000)	3.222 -	0.00 L/(>1000)	4.510 -	0.00 L/(>1000)	3.222 -	0.00 L/(>1000)
N36/N43	4.938 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)
N35/N44	4.938 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)
N43/N20	4.585 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)	4.585 -	0.00 L/(>1000)	4.938 -	0.00 L/(>1000)
N44/N2	3.527 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)	3.880 -	0.00 L/(>1000)	2.116 -	0.00 L/(>1000)
N17/N36	1.697 -	0.00 L/(>1000)	1.508 -	0.00 L/(>1000)	1.697 -	0.00 L/(>1000)	2.074 -	0.00 L/(>1000)
N19/N39	1.697 -	0.00 L/(>1000)	1.886 -	0.00 L/(>1000)	2.074 -	0.00 L/(>1000)	1.131 -	0.00 L/(>1000)
N36/N66	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)
N39/N44	1.814 -	0.00 L/(>1000)	2.419 -	0.00 L/(>1000)	1.814 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)
N44/N18	2.217 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)
N66/N20	2.016 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)	0.605 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)
N7/N40	2.074 -	0.00 L/(>1000)	1.320 -	0.00 L/(>1000)	2.074 -	0.00 L/(>1000)	1.320 -	0.00 L/(>1000)
N5/N41	1.320 -	0.00 L/(>1000)	1.320 -	0.00 L/(>1000)	1.508 -	0.00 L/(>1000)	1.508 -	0.00 L/(>1000)
N41/N65	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)
N40/N47	2.822 -	0.00 L/(>1000)	3.023 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)	3.023 -	0.00 L/(>1000)
N47/N6	2.419 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)	2.419 -	0.00 L/(>1000)	2.620 -	0.00 L/(>1000)
N65/N8	1.209 -	0.00 L/(>1000)	2.016 -	0.00 L/(>1000)	2.822 -	0.00 L/(>1000)	2.217 -	0.00 L/(>1000)
N67/N68	2.042 2.042	3.35 L/(>1000)	2.246 2.246	1.44 L/(>1000)	2.042 2.042	3.24 L/(>1000)	2.042 2.042	0.81 L/(>1000)
N69/N70	0.200 -	0.00 L/(>1000)	0.800 0.800	0.03 L/(>1000)	1.000 -	0.00 L/(>1000)	1.400 -	0.00 L/(>1000)
N70/N71	1.250 1.250	0.38 L/(>1000)	9.500 9.500	6.32 L/(>1000)	1.250 1.250	0.25 L/(>1000)	8.200 8.200	5.15 L/(>1000)
N75/N76	2.850 2.850	0.55 L/(>1000)	11.100 11.100	5.68 L/(>1000)	9.800 2.850	0.37 L/(>1000)	9.800 10.450	4.37 L/(>1000)
N82/N83	2.850 2.850	0.32 L/(>1000)	11.100 11.100	4.66 L/(>1000)	2.850 2.850	0.18 L/(>1000)	9.800 10.233	2.66 L/(>1000)
N88/N89	0.412 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	1.856 -	0.00 L/(>1000)	0.000 -	0.00 L/(>1000)
N90/N91	2.269 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	3.094 -	0.00 L/(>1000)	2.475 -	0.00 L/(>1000)
N92/N93	3.471	0.53	2.654	4.19	3.675	0.26	2.858	3.03

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
	3.471	L/(>1000)	2.654	L/(>1000)	3.675	L/(>1000)	2.858	L/(>1000)
N105/N106	1.600 1.600	0.23 L/(>1000)	1.600 1.600	3.29 L/867.5	1.600 1.600	0.13 L/(>1000)	1.600 1.600	1.40 L/(>1000)
N110/N108	2.062 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	2.062 -	0.00 L/(>1000)	0.000 -	0.00 L/(>1000)
N111/N112	3.300 3.300	0.18 L/(>1000)	3.300 3.300	2.13 L/(>1000)	3.300 3.300	0.05 L/(>1000)	3.300 3.300	0.59 L/(>1000)
N114/N115	3.300 3.300	0.20 L/(>1000)	3.300 3.300	1.79 L/(>1000)	3.300 3.300	0.06 L/(>1000)	3.300 3.300	0.50 L/(>1000)
N117/N118	1.600 1.600	0.18 L/(>1000)	12.400 12.400	8.41 L/534.5	1.600 1.600	0.08 L/(>1000)	12.400 12.400	1.39 L/(>1000)
N122/N123	1.600 8.200	0.26 L/(>1000)	12.400 12.400	8.37 L/568.3	1.600 7.994	0.09 L/(>1000)	12.400 12.400	1.48 L/(>1000)
N127/N128	8.200 1.600	0.24 L/(>1000)	12.400 12.400	8.37 L/566.5	1.600 2.219	0.07 L/(>1000)	12.400 12.400	1.49 L/(>1000)
N132/N133	3.094 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	3.094 -	0.00 L/(>1000)	1.856 -	0.00 L/(>1000)
N134/N135	1.856 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	1.856 -	0.00 L/(>1000)	0.412 -	0.00 L/(>1000)
N97/N98	0.600 -	0.00 L/(>1000)	0.800 0.800	0.03 L/(>1000)	0.600 -	0.00 L/(>1000)	1.200 -	0.00 L/(>1000)
N98/N99	2.681 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	2.681 -	0.00 L/(>1000)	2.062 -	0.00 L/(>1000)
N99/N100	2.475 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	2.062 -	0.00 L/(>1000)	2.887 -	0.00 L/(>1000)
N101/N102	1.400 -	0.00 L/(>1000)	0.800 0.800	0.03 L/(>1000)	1.400 -	0.00 L/(>1000)	1.200 -	0.00 L/(>1000)
N102/N103	2.681 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	2.681 -	0.00 L/(>1000)	0.619 -	0.00 L/(>1000)
N103/N104	2.681 -	0.00 L/(>1000)	1.650 1.650	0.54 L/(>1000)	2.681 -	0.00 L/(>1000)	3.094 -	0.00 L/(>1000)
N108/N109	1.400 -	0.00 L/(>1000)	0.800 0.800	0.03 L/(>1000)	0.800 -	0.00 L/(>1000)	1.000 -	0.00 L/(>1000)
N136/N137	0.612 0.153	0.04 L/(>1000)	0.766 0.766	0.14 L/(>1000)	0.153 0.153	0.03 L/(>1000)	0.766 0.766	0.12 L/(>1000)
N95/N137	2.325 2.325	1.68 L/(>1000)	2.325 2.325	3.52 L/(>1000)	2.325 2.325	1.46 L/(>1000)	2.558 2.558	1.82 L/(>1000)
N79/N109	2.093 2.093	1.19 L/(>1000)	1.860 1.860	3.61 L/(>1000)	2.093 2.093	1.16 L/(>1000)	2.093 2.093	2.24 L/(>1000)
N109/N137	0.487 0.487	0.04 L/(>1000)	0.487 0.487	0.15 L/(>1000)	0.325 0.325	0.02 L/(>1000)	0.487 0.487	0.12 L/(>1000)
N138/N139	0.780 1.560	0.18 L/(>1000)	0.780 0.780	1.17 L/(>1000)	0.585 1.365	0.23 L/(>1000)	0.780 0.780	0.96 L/(>1000)
N140/N138	0.400 0.400	0.14 L/(>1000)	0.600 0.600	0.16 L/(>1000)	0.400 0.400	0.14 L/(>1000)	0.600 0.400	0.22 L/(>1000)
N140/N141	0.731 0.731	0.60 L/(>1000)	0.975 0.975	0.35 L/(>1000)	0.975 0.731	0.89 L/(>1000)	0.975 0.975	0.57 L/(>1000)
N141/N139	0.200 0.200	0.09 L/(>1000)	0.400 0.400	0.05 L/(>1000)	0.200 0.400	0.10 L/(>1000)	0.400 0.400	0.04 L/(>1000)
N141/N51	0.563 0.563	0.40 L/(>1000)	0.938 0.938	0.38 L/(>1000)	1.314 0.375	0.27 L/(>1000)	1.126 0.938	0.39 L/(>1000)
N67/N140	0.375 0.375	0.63 L/(>1000)	1.126 1.126	0.50 L/(>1000)	1.314 1.501	0.64 L/(>1000)	1.314 1.314	0.40 L/(>1000)

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N142/N143	0.375 0.375	0.44 L/(>1000)	1.126 1.126	0.22 L/(>1000)	0.375 0.375	0.42 L/(>1000)	1.126 1.126	0.31 L/(>1000)
N144/N142	1.126 1.126	1.10 L/(>1000)	0.938 0.938	0.48 L/(>1000)	1.126 1.126	1.08 L/(>1000)	0.938 0.938	0.29 L/(>1000)
N45/N12	4.938 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)	4.938 -	0.00 L/(>1000)	4.938 -	0.00 L/(>1000)
N46/N10	5.291 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)
N37/N46	4.233 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)	5.291 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)
N38/N45	4.938 -	0.00 L/(>1000)	4.585 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)	4.233 -	0.00 L/(>1000)
N9/N38	4.188 -	0.00 L/(>1000)	4.832 -	0.00 L/(>1000)	4.510 -	0.00 L/(>1000)	4.832 -	0.00 L/(>1000)
N11/N37	3.866 -	0.00 L/(>1000)	4.832 -	0.00 L/(>1000)	2.899 -	0.00 L/(>1000)	4.832 -	0.00 L/(>1000)
N145/N146	1.837 1.837	0.36 L/(>1000)	2.450 2.450	7.02 L/698.2	2.246 2.246	0.07 L/(>1000)	2.450 2.450	1.09 L/(>1000)
N100/N153	1.000 -	0.00 L/(>1000)	0.800 0.800	0.03 L/(>1000)	1.200 -	0.00 L/(>1000)	1.400 -	0.00 L/(>1000)
N104/N154	0.400 -	0.00 L/(>1000)	0.800 0.800	0.03 L/(>1000)	0.400 -	0.00 L/(>1000)	1.400 -	0.00 L/(>1000)
N2/N3	1.000 1.000	0.25 L/(>1000)	0.400 0.400	0.03 L/(>1000)	1.000 1.000	0.09 L/(>1000)	0.800 0.400	0.03 L/(>1000)
N3/N4	2.681 2.681	0.48 L/(>1000)	1.444 1.444	0.61 L/(>1000)	1.856 1.856	0.15 L/(>1000)	1.650 1.444	0.16 L/(>1000)
N4/N6	1.650 1.650	4.78 L/690.0	1.650 1.650	0.11 L/(>1000)	1.650 1.650	8.37 L/690.0	2.681 -	0.00 L/(>1000)
N6/N8	0.600 0.600	0.48 L/(>1000)	0.800 0.800	0.58 L/(>1000)	0.400 0.400	0.13 L/(>1000)	0.800 0.800	0.12 L/(>1000)
N146/N10	1.733 1.733	0.12 L/(>1000)	1.083 1.083	1.62 L/(>1000)	1.733 1.733	0.04 L/(>1000)	1.083 1.083	0.30 L/(>1000)
N8/N146	0.650 0.650	0.43 L/(>1000)	1.733 1.733	1.07 L/(>1000)	0.650 0.650	0.12 L/(>1000)	1.517 1.517	0.24 L/(>1000)

1.- ESTRUCTURA

1.1.- Resultados

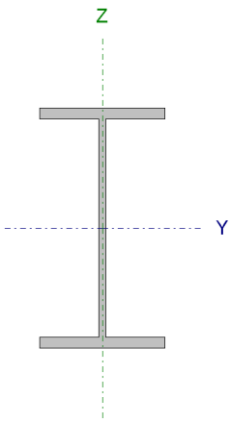
1.1.1.- Barras

1.1.1.1.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Nota: Se muestra el listado completo de comprobaciones realizadas para las 10 barras con mayor coeficiente de aprovechamiento.

Barra N48/N109

Perfil: IPE 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N48	N109	1.225	16.40	541.00	44.90	2.45

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	0.00	0.00	0.00	1.00
L_K	0.000	0.000	0.000	1.225
C_m	1.000	1.000	1.000	0.400
C_1	-		1.200	

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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.58*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1320.96* kN

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. **$N_{cr,y}$** : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *1320.96* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	541.00	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	44.90	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	2.45	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	1980.00	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	81000	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.000	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.000	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	1.225	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	5.98	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	5.74	cm
	i_z :	1.65	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$26.85 \leq 248.60 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	126.20	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	4.70	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	5.93	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	5.04	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	210000	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	275.00	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.102*** ✓

η : ***0.121*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *43.82* kN

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

$N_{c,Rd}$: *429.52* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *362.89* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_T : *0.84*

Siendo:

ϕ_T : *0.74*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_T : *0.34*

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

$\bar{\lambda}_T$: *0.58*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *1320.96* kN

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

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

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: *1320.96* kN

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.666*** ✓

η : ***0.754*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N48, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *15.39* kN·m

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

$M_{c,Rd}$: *23.13* kN·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. $W_{pl,y}$: *88.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

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

$M_{b,Rd}^{+}$: 23.13 kN·m

$M_{b,Rd}^{-}$: 20.42 kN·m

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: 88.30 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

χ_{LT}: Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^{+} : 1.00

χ_{LT}^{-} : 0.88

Siendo:

ϕ_{LT}^{+} : 0.00

ϕ_{LT}^{-} : 0.73

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.21

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

$\bar{\lambda}_{LT}^{+}$: 0.00

$\bar{\lambda}_{LT}^{-}$: 0.62

M_{cr}: Momento crítico elástico de pandeo lateral. M_{cr}^{+} : ∞

M_{cr}^{-} : 63.54 kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^{+} : ∞

M_{LTv}^{-} : 42.10 kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : ∞

M_{LTw}^{-} : 47.59 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y}$: 77.29 cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	44.90	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	2.45	cm4
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	210000	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	81000	MPa
L_c^+: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c^+ :	0.000	m
L_c^-: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c^- :	1.225	m
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 :	1.20	
$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{f,z}^+$:	1.93	cm
	$i_{f,z}^-$:	1.93	cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.016** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N109, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.08 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 5.05 kN·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	
$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.	$W_{pl,z}$:	19.30	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	261.90	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	1.05	

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.242*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N48, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *24.08* kN

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

$V_{c,Rd}$: *99.50* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *6.58* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

26.85 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *26.85*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.07* kN

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

$V_{c,Rd}$: *158.30* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *10.47* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

d: Altura del alma. **d** : *126.20* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

24.08 kN ≤ 49.75 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *24.08* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *99.50* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.07 kN ≤ 79.15 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.204 m del nudo N48, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.07* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *158.30* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.766*** ✓

η : ***0.854*** ✓

η : ***0.553*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N48, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *43.09* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *15.39* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.00* kN·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*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *429.52* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *23.13* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *5.05* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *88.30* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *19.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

k_y, k_z, $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.00

k_z : 1.00

$k_{y,LT}$: 0.60

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

$C_{m,y}$: 1.00
$C_{m,z}$: 1.00
$C_{m,LT}$: 0.40

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} : 0.88

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: 0.00
$\bar{\lambda}_z$: 0.00

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : 0.60
α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

24.08 kN ≤ 49.75 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: 24.08 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: 99.50 kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

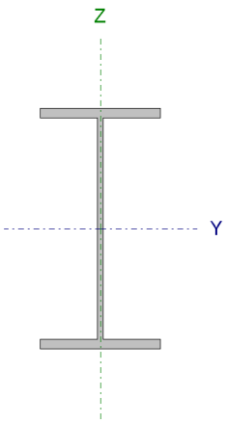
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Barra N14/N145

Perfil: IPE 200
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N14	N145	2.600	28.50	1943.00	142.00	6.98

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	2.600	2.600	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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.34*** ✓

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** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *435.37* kN

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. **$N_{cr,y}$** : *5957.24* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *435.37* kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *1943.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *142.00* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *6.98* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *13000.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	2.600	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	2.600	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 :	8.55	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	8.26	cm
	i_z :	2.23	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

32.68 ≤ 251.55 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	183.00	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	5.60	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	10.25	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	8.50	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	275.00	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.242*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.383 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	180.52	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *746.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.219*** ✓

η : ***0.537*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *163.14* kN

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

$N_{c,Rd}$: *746.43* kN

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** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *304.03* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.96

χ_z : 0.41

Siendo:

ϕ_y : 0.58

ϕ_z : 1.59

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.21

α_z : 0.34

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

$\bar{\lambda}_y$: 0.36

$\bar{\lambda}_z$: 1.34

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 435.37 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 5957.24 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 435.37 kN

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

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.292** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N145, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 16.88 kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.00 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 57.88 kN·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 $W_{pl,y}$: 221.00 cm³

tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

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

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.139*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.433 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *1.63* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *0.00* kN·m

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

$M_{c,Rd}$: *11.68* kN·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*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *44.60* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.096*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.650 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.25* kN

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

$V_{c,Rd}$: *169.36* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *11.20* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *200.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

32.68 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *32.68*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.017*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.867 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *4.73* kN

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

$V_{c,Rd}$: *275.99* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *18.25* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *28.50* cm²

d: Altura del alma. **d** : *183.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</u> (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

15.56 kN ≤ 84.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.217 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *15.56* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *169.36* kN

<u>Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</u> (CTE DB SE-A, 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 $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

3.76 kN ≤ 137.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.217 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *3.76* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *275.99* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.470*** ✓

η : ***0.489*** ✓

η : ***0.841*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.433 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *159.92* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *6.74* kN·m
$\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *1.63* kN·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** : *2*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *746.43* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *57.88* kN·m
$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *11.68* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *28.50* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{W_{pl,y}}$: *221.00* cm³
$\mathbf{W_{pl,z}}$: *44.60* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.04*

k_z : *1.74*

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.96*
χ_z : *0.41*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.36*
$\bar{\lambda}_z$: *1.34*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 en un punto situado a una distancia de 0.217 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

15.56 kN ≤ 84.68 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *15.56* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *169.36* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.950 m del nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *1.24* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *8.21* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.093*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.650 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *15.65* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *169.06* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *169.36* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.66* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *8.21* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.017*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.867 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *4.73* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *275.50* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *275.99* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.66* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *8.21* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

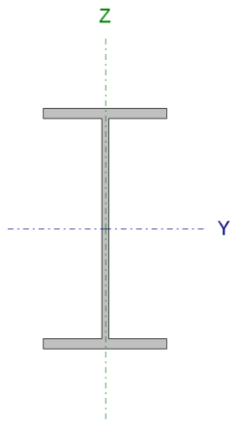
Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Barra N41/N93

Perfil: IPE 160
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N41	N93	1.300	20.10	869.00	68.30	3.60

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	0.00	0.00	0.00	0.94
L_K	0.000	0.000	0.000	1.225
C_m	1.000	1.000	1.000	0.400
C_1	-		1.200	

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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.55*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.10* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1798.22* kN

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. **$N_{cr,y}$** : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *1798.22* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *869.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *68.30* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *3.60* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *3960.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*0.000*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*1.225*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*6.83*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*6.58*	cm
	i_z :	*1.84*	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

29.04 ≤ 250.58 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*145.20*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*5.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*7.26*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*6.07*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.142*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.137 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*74.73*	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *526.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.400*** ✓

η : ***0.466*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *210.75* kN

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

$N_{c,Rd}$: *526.43* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *452.35* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_T : 0.86

Siendo:

ϕ_T : 0.71

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_T : 0.34

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

$\bar{\lambda}_T$: 0.55

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : 1798.22 kN

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

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

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: 1798.22 kN

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.253** ✓

η : **0.281** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^- : 8.21 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 32.48 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de — **Clase** : 1

desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *124.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{b,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{b,Rd}^+}$: *32.48* kN·m

$\mathbf{M_{b,Rd}^-}$: *29.27* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *124.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

χ_{LT}: Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : *1.00*

χ_{LT}^- : *0.90*

Siendo:

ϕ_{LT}^+ : *0.00*

ϕ_{LT}^- : *0.70*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.21*

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: *0.00*

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: *0.57*

$\mathbf{M_{cr}}$: Momento crítico elástico de pandeo lateral. $\mathbf{M_{cr}^+}$: ∞

$\mathbf{M_{cr}^-}$: *105.10* kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$\mathbf{M_{LTv}}$: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^{+} : ∞

M_{LTv}^{-} : 62.94 kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : ∞

M_{LTw}^{-} : 84.17 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: 108.63 cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : 68.30 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : 3.60 cm4

E: Módulo de elasticidad. — E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — G : 81000 MPa

L_c^{+}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^{+} : 0.000 m

L_c^{-}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. — L_c^{-} : 1.225 m

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 : 1.20

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. — $i_{f,z}^{+}$: 2.16 cm

$i_{f,z}^{-}$: 2.16 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.173** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : 1.18 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 6.84 kN·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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: 26.10 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.220*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *26.67* kN

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

$V_{c,Rd}$: *120.97* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. — A_v : *8.00* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. — h : *160.00* mm

t_w: Espesor del alma. — t_w : *5.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

29.04 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. — λ_w : *29.04*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. — $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.026*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.650 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *4.97* kN

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

$V_{c,Rd}$: *194.15* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *12.84* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *20.10* cm²

d: Altura del alma. **d** : *145.20* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *5.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

25.27 kN ≤ 60.48 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.162 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *25.27* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *120.97* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

3.64 kN ≤ 97.08 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.162 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *3.64* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *194.15* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.826*** ✓

η : ***0.785*** ✓

η : ***0.742*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *210.75* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^-$: 8.21 kN·m $M_{z,Ed}^-$: 1.18 kN·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	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$: 526.43 kN	
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$: 32.48 kN·m $M_{pl,Rd,z}$: 6.84 kN·m	

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** : 20.10 cm²	
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$: 124.00 cm³ $W_{pl,z}$: 26.10 cm³	
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa	

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa	
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05	

k_y, k_z, $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.00	
k_z : 1.00	
$k_{y,LT}$: 0.60	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: 1.00 $C_{m,z}$: 1.00 $C_{m,LT}$: 0.40	
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} : 0.90	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$: 0.00 $\bar{\lambda}_z$: 0.00	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : 0.60 α_z : 0.60	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 en un punto situado a una distancia de 0.162 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

25.27 kN ≤ 60.48 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *25.27* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *120.97* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.009*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.487 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *0.74* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *4.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.116*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.487 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *13.96* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: *120.53* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *120.97* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.38* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *4.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.022*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.487 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *4.29* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *193.45* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *194.15* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.38* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *4.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

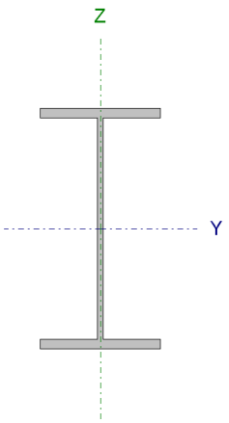
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Barra N8/N146

Perfil: IPE 200
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N8	N146	2.600	28.50	1943.00	142.00	6.98

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	2.600	2.600	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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.34*** ✓

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** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *435.37* kN

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. **$N_{cr,y}$** : *5957.24* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *435.37* kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *1943.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *142.00* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *6.98* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *13000.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	2.600	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	2.600	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 :	8.55	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	8.26	cm
	i_z :	2.23	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

32.68 ≤ 251.55 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	183.00	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	5.60	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	10.25	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	8.50	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	275.00	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.245*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.383 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	183.21	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *746.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.218*** ✓

η : ***0.536*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *162.83* kN

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

$N_{c,Rd}$: *746.43* kN

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** : *2*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *304.03* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *28.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.96

χ_z : 0.41

Siendo:

ϕ_y : 0.58

ϕ_z : 1.59

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.21

α_z : 0.34

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

$\bar{\lambda}_y$: 0.36

$\bar{\lambda}_z$: 1.34

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 435.37 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 5957.24 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 435.37 kN

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

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.293** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N146, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 16.96 kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 0.00 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 57.88 kN·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 $W_{pl,y}$: 221.00 cm³

tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

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

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.129*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.433 m del nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *1.50* kN·m

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

$M_{c,Rd}$: *11.68* kN·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*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *44.60* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.097*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.433 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.35* kN

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

$V_{c,Rd}$: *169.36* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *11.20* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *200.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

32.68 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *32.68*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.015*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.867 m del nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *4.10* kN

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

$V_{c,Rd}$: *275.99* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *18.25* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *28.50* cm²

d: Altura del alma. **d** : *183.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.60* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</u> (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

15.82 kN ≤ 84.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.217 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *15.82* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *169.36* kN

<u>Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</u> (CTE DB SE-A, 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 $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

3.47 kN ≤ 137.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.217 m del nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *3.47* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *275.99* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.458*** ✓

η : ***0.477*** ✓

η : ***0.822*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.433 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *162.53* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *6.85* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^-}$: *1.43* kN·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** : *2*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *746.43* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *57.88* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *11.68* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *28.50* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *221.00* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *44.60* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.04*

k_z : *1.75*

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.96*
χ_z : *0.41*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.36*
$\bar{\lambda}_z$: *1.34*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 en un punto situado a una distancia de 0.217 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

15.82 kN ≤ 84.68 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *15.82* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *169.36* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.950 m del nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *1.24* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *8.21* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.059*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.083 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *9.99* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *169.15* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *169.36* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.47* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *8.21* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.733 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.45* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.00* kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: *275.84* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *275.99* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.21* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *8.21* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

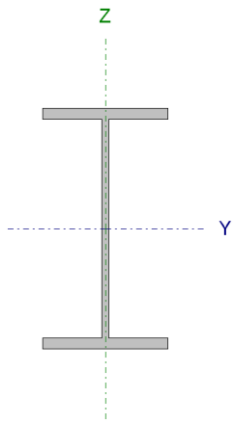
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Barra N154/N47

Perfil: IPE 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N154	N47	1.225	16.40	541.00	44.90	2.45

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	1.225	1.225	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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.85*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *620.14* kN

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. **$N_{cr,y}$** : *7472.12* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *620.14* kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *541.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *44.90* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *2.45* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *1980.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.225*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.225*	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 :	*5.98*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*5.74*	cm
	i_z :	*1.65*	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*126.20*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*4.70*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*5.93*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*5.04*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.061*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N154, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*26.30*	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *429.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.284*** ✓

η : ***0.410*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.072 m del nudo N154, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *121.88* kN

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

$N_{c,Rd}$: *429.52* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *296.96* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.99

χ_z : 0.69

Siendo:

ϕ_y : 0.53

ϕ_z : 0.97

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.21

α_z : 0.34

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

$\bar{\lambda}_y$: 0.25

$\bar{\lambda}_z$: 0.85

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 620.14 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 7472.12 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 620.14 kN

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

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.513** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 11.85 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 23.13 kN·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 $W_{pl,y}$: 88.30 cm³

tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

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

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.023*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.612 m del nudo N154, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.11* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *0.00* kN·m

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

$M_{c,Rd}$: *5.05* kN·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*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *19.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.107*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.919 m del nudo N154, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *10.68* kN

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

$V_{c,Rd}$: *99.50* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *6.58* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

26.85 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *26.85*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.766 m del nudo N154, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.53* kN

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

$V_{c,Rd}$: *158.30* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *10.47* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

d: Altura del alma. **d** : *126.20* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

4.37 kN ≤ 49.75 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *4.37* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *99.50* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.17 kN ≤ 79.15 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+0.8·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.17* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *158.30* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.797*** ✓

η : ***0.807*** ✓

η : ***0.724*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *121.88* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *11.85* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.01* kN·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*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *429.52* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *23.13* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *5.05* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *88.30* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *19.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.01*

k_z : *1.45*

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.99*
χ_z : *0.69*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.25*
$\bar{\lambda}_z$: *0.85*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

4.37 kN ≤ 49.65 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *4.37* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *99.30* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.009*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.072 m del nudo N154, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·GF+1.35·G1+1.5·Vx(-).

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.00* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *0.54* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.101*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *9.98* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *99.22* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *99.50* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.07* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N154, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.41* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *158.05* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *158.30* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.58* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

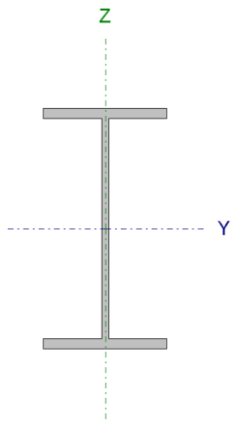
Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Barra N42/N92

Perfil: IPE 160
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N42	N92	1.300	20.10	869.00	68.30	3.60

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	0.00	0.00	0.00	0.94
L_K	0.000	0.000	0.000	1.225
C_m	1.000	1.000	1.000	0.400
C_1	-		1.200	

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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.55*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.10* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1798.22* kN

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. **$N_{cr,y}$** : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *1798.22* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *869.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *68.30* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *3.60* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *3960.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	0.000	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	0.000	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	1.225	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	6.83	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	6.58	cm
	i_z :	1.84	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

29.04 ≤ 250.58 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	145.20	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	5.00	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	7.26	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	6.07	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	0.30	
E: Módulo de elasticidad.	E :	210000	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	275.00	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.093*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.137 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	48.71	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *526.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.391*** ✓

η : ***0.455*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *205.78* kN

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

$N_{c,Rd}$: *526.43* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *452.35* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.10* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_T : 0.86

Siendo:

ϕ_T : 0.71

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_T : 0.34

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

$\bar{\lambda}_T$: 0.55

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 1798.22 kN

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

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

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: 1798.22 kN

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.249** ✓

η : **0.277** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 8.10 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 32.48 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de **Clase** : 1

desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *124.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{b,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{b,Rd}^+}$: *32.48* kN·m

$\mathbf{M_{b,Rd}^-}$: *29.27* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *124.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

χ_{LT}: Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : *1.00*

χ_{LT}^- : *0.90*

Siendo:

ϕ_{LT}^+ : *0.00*

ϕ_{LT}^- : *0.70*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.21*

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: *0.00*

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: *0.57*

$\mathbf{M_{cr}}$: Momento crítico elástico de pandeo lateral. $\mathbf{M_{cr}^+}$: ∞

$\mathbf{M_{cr}^-}$: *105.10* kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$\mathbf{M_{LTv}}$: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^{+} : ∞

M_{LTv}^{-} : 62.94 kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : ∞

M_{LTw}^{-} : 84.17 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: 108.63 cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : 68.30 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : 3.60 cm4

E: Módulo de elasticidad. — E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — G : 81000 MPa

L_c^{+}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^{+} : 0.000 m

L_c^{-}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. — L_c^{-} : 1.225 m

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 : 1.20

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. — $i_{f,z}^{+}$: 2.16 cm

$i_{f,z}^{-}$: 2.16 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.168** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : 1.15 kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : 0.00 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 6.84 kN·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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: 26.10 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.218*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — V_{Ed} : *26.32* kN

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

$V_{c,Rd}$: *120.97* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. — A_v : *8.00* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. — h : *160.00* mm

t_w: Espesor del alma. — t_w : *5.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

29.04 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. — λ_w : *29.04*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. — $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.025*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.650 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *4.80* kN

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

$V_{c,Rd}$: *194.15* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *12.84* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *20.10* cm²

d: Altura del alma. **d** : *145.20* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *5.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

24.93 kN ≤ 60.48 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.162 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *24.93* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *120.97* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

3.52 kN ≤ 97.08 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.162 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *3.52* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *194.15* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.795*** ✓

η : ***0.755*** ✓

η : ***0.712*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.325 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *200.45* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^-$: 8.03 kN·m $M_{z,Ed}^+$: 1.14 kN·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	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$: 526.43 kN	
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$: 32.48 kN·m $M_{pl,Rd,z}$: 6.84 kN·m	

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** : 20.10 cm²	
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$: 124.00 cm³ $W_{pl,z}$: 26.10 cm³	
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 261.90 MPa	

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 275.00 MPa	
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : 1.05	

k_y, k_z, $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

	k_y : 1.00
	k_z : 1.00
	$k_{y,LT}$: 0.60

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: 1.00 $C_{m,z}$: 1.00 $C_{m,LT}$: 0.40
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} : 0.90
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$: 0.00 $\bar{\lambda}_z$: 0.00
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : 0.60 α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 en un punto situado a una distancia de 0.162 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(+).

24.93 kN ≤ 60.48 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *24.93* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *120.97* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.017*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.137 m del nudo N42, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *0.74* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *4.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.113*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.487 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *13.69* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: *120.81* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *120.97* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.49* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *4.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.024*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.650 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *4.73* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *193.90* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *194.15* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.49* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *4.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

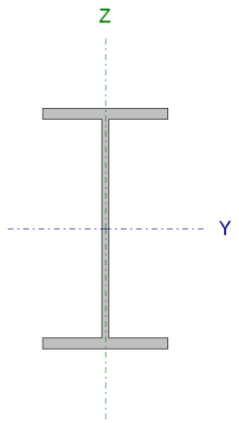
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Barra N36/N82

Perfil: IPE 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N36	N82	1.225	16.40	541.00	44.90	2.45

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	0.00	0.00	0.00	1.00
L_K	0.000	0.000	0.000	1.225
C_m	1.000	1.000	1.000	0.400
C_1	-		1.200	

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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.58*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1320.96* kN

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. **$N_{cr,y}$** : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *1320.96* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *541.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *44.90* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *2.45* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *1980.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*0.000*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*1.225*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*5.98*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*5.74*	cm
	i_z :	*1.65*	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*126.20*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*4.70*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*5.93*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*5.04*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.081*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.072 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*34.94*	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *429.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.417*** ✓

η : ***0.494*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(-).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *179.13* kN

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

$N_{c,Rd}$: *429.52* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *362.89* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_T : 0.84

Siendo:

ϕ_T : 0.74

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_T : 0.34

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

$\bar{\lambda}_T$: 0.58

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : 1320.96 kN

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

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

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: 1320.96 kN

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.321** ✓

η : **0.364** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.306 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^- : 7.43 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 23.13 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de — **Clase** : 1

desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *88.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{b,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{b,Rd}^+}$: *23.13* kN·m

$\mathbf{M_{b,Rd}^-}$: *20.42* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *88.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

χ_{LT}: Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : *1.00*

χ_{LT}^- : *0.88*

Siendo:

ϕ_{LT}^+ : *0.00*

ϕ_{LT}^- : *0.73*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.21*

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: *0.00*

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: *0.62*

$\mathbf{M_{cr}}$: Momento crítico elástico de pandeo lateral. $\mathbf{M_{cr}^+}$: ∞

$\mathbf{M_{cr}^-}$: *63.54* kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$\mathbf{M_{LTv}}$: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^{+} : ∞

M_{LTv}^{-} : 42.10 kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : ∞

M_{LTw}^{-} : 47.59 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: 77.29 cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : 44.90 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : 2.45 cm4

E: Módulo de elasticidad. — **E** : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : 81000 MPa

L_c^{+}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^{+} : 0.000 m

L_c^{-}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. — L_c^{-} : 1.225 m

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 : 1.20

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. — $i_{f,z}^{+}$: 1.93 cm

$i_{f,z}^{-}$: 1.93 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.043** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.612 m del nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : 0.22 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 5.05 kN·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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: 19.30 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.257*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.306 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *25.57* kN

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

$V_{c,Rd}$: *99.50* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *6.58* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

26.85 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *26.85*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.10* kN

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

$V_{c,Rd}$: *158.30* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *10.47* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. A : *16.40* cm²

d: Altura del alma. d : *126.20* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

24.26 kN ≤ 49.75 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *24.26* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *99.50* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

0.40 kN ≤ 79.15 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.40* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *158.30* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.754*** ✓

η : ***0.787*** ✓

η : ***0.652*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.306 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *175.94* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^-$:	7.42	kN·m
	$M_{z,Ed}^+$:	0.12	kN·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	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	429.52	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	23.13	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	5.05	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	16.40	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	88.30	cm³
	$W_{pl,z}$:	19.30	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	261.90	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	1.05	

k_y, k_z, $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

k_y :	1.00	
k_z :	1.00	
$k_{y,LT}$:	0.60	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	1.00	
	$C_{m,z}$:	1.00	
	$C_{m,LT}$:	0.40	
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} :	0.88	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	0.00	
	$\bar{\lambda}_z$:	0.00	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	0.60	
	α_z :	0.60	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

24.26 kN ≤ 49.75 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *24.26* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *99.50* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.013*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N36, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *0.54* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.126*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *12.50* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 98.99 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 99.50 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 1.93 MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : 3.55 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : **0.007** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.766 m del nudo N36, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.07 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 157.96 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 158.30 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 0.81 MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : 3.55 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

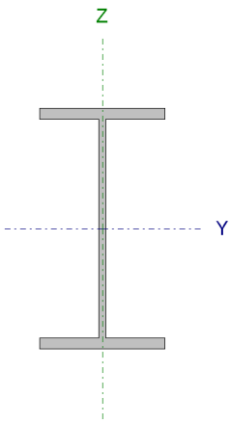
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

Barra N44/N105

Perfil: IPE 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N44	N105	1.225	16.40	541.00	44.90	2.45

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	0.00	0.00	0.00	1.00
L_K	0.000	0.000	0.000	1.225
C_m	1.000	1.000	1.000	0.400
C_1	-		1.200	

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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.58*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1320.96* kN

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. **$N_{cr,y}$** : ∞

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *1320.96* kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *541.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *44.90* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *2.45* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *1980.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*0.000*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*1.225*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*5.98*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*5.74*	cm
	i_z :	*1.65*	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

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*126.20*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*4.70*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*5.93*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*5.04*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

<u>Resistencia a tracción</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.063*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.072 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*27.25*	kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *429.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.411*** ✓

η : ***0.486*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *176.54* kN

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

$N_{c,Rd}$: *429.52* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$N_{b,Rd}$: *362.89* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_T : 0.84

Siendo:

ϕ_T : 0.74

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_T : 0.34

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

$\bar{\lambda}_T$: 0.58

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 1320.96 kN

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

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

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: 1320.96 kN

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : **0.316** ✓

η : **0.358** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.306 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 7.31 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 23.13 kN·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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *88.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{b,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{b,Rd}^+}$: *23.13* kN·m

$\mathbf{M_{b,Rd}^-}$: *20.42* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *88.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

χ_{LT}: Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : *1.00*

χ_{LT}^- : *0.88*

Siendo:

ϕ_{LT}^+ : *0.00*

ϕ_{LT}^- : *0.73*

α_{LT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : *0.21*

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

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: *0.00*

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: *0.62*

$\mathbf{M_{cr}}$: Momento crítico elástico de pandeo lateral. $\mathbf{M_{cr}^+}$: ∞

$\mathbf{M_{cr}^-}$: *63.54* kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral $\mathbf{M_{cr}}$ se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv}: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTv}^{+} : ∞

M_{LTv}^{-} : 42.10 kN·m

M_{LTw}: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

M_{LTw}^{+} : ∞

M_{LTw}^{-} : 47.59 kN·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. — $W_{el,y}$: 77.29 cm³

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — I_z : 44.90 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. — I_t : 2.45 cm4

E: Módulo de elasticidad. — **E** : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : 81000 MPa

L_c^{+}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. — L_c^{+} : 0.000 m

L_c^{-}: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. — L_c^{-} : 1.225 m

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 : 1.20

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. — $i_{f,z}^{+}$: 1.93 cm; $i_{f,z}^{-}$: 1.93 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.037*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.612 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vy(-).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : 0.19 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 5.05 kN·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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: 19.30 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.253*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.306 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *25.17* kN

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

$V_{c,Rd}$: *99.50* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *6.58* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. h : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

26.85 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *26.85*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.97* kN

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

$V_{c,Rd}$: *158.30* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *10.47* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

d: Altura del alma. **d** : *126.20* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

23.87 kN ≤ 49.75 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *23.87* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *99.50* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 **$V_{c,Rd}$**.

0.35 kN ≤ 79.15 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.35* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *158.30* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.739*** ✓

η : ***0.773*** ✓

η : ***0.640*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.306 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *176.54* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^-$:	7.19	kN·m
	$M_{z,Ed}^+$:	0.09	kN·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	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	429.52	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	23.13	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	5.05	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	16.40	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	88.30	cm³
	$W_{pl,z}$:	19.30	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	261.90	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	275.00	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	1.05	

k_y, k_z, $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

k_y :	1.00	
k_z :	1.00	
$k_{y,LT}$:	0.60	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	1.00	
	$C_{m,z}$:	1.00	
	$C_{m,LT}$:	0.40	
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} :	0.88	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	0.00	
	$\bar{\lambda}_z$:	0.00	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	0.60	
	α_z :	0.60	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 en un punto situado a una distancia de 0.153 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

23.87 kN ≤ 49.75 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *23.87* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *99.50* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *0.54* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.121*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *12.03* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *99.11* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *99.50* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.47* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *3.55* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.459 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(-)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.93* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *157.68* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *158.30* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *1.47* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *3.55* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

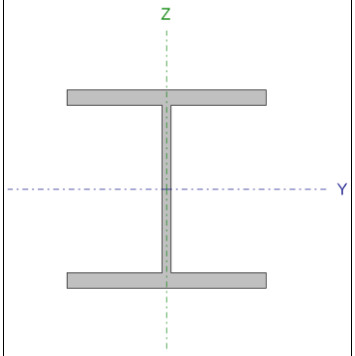
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Barra N11/N38

Perfil: HE 160 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N11	N38	1.600	54.30	2492.00	889.20	31.24

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	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	1.120	1.120	0.000	0.000
C_m	0.400	0.400	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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.32*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *14692.05* kN

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. **$N_{cr,y}$** : *41174.76* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *14692.05* kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *2492.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *889.20* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *31.24* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *47940.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.120*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.120*	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 :	*7.89*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*6.77*	cm
	i_z :	*4.05*	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$16.75 \leq 164.47$$ ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*134.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*8.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*10.72*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*20.80*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.135*** ✓

η : ***0.143*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *191.39* kN

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

$N_{c,Rd}$: *1422.14* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)
La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *1336.15* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.94*

Siendo:

ϕ_y : *0.52*

ϕ_z : *0.58*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_y** : *0.34*

α_z : *0.49*

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.19*

$\bar{\lambda}_z$: *0.32*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *14692.05* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: *41174.76* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *14692.05* kN

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

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.272*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *25.21* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *0.00* kN·m

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

$M_{c,Rd}$: *92.71* kN·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. $W_{pl,y}$: *354.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

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

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.355*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : 15.79 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 44.52 kN·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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 170.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : **0.138** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 26.74 kN

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

$V_{c,Rd}$: 193.55 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : 12.80 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : 160.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

16.75 < **64.71** ✓

Donde:
λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *16.75*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:
f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)
Se debe satisfacer:

η : ***0.023*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *15.23* kN

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

$V_{c,Rd}$: *658.98* kN

Donde:
A_v: Área transversal a cortante. A_v : *43.58* cm²

Siendo:
A: Área de la sección bruta. **A** : *54.30* cm²
d: Altura del alma. **d** : *134.00* mm
t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

26.74 kN ≤ 96.77 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *26.74* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *193.55* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

15.23 kN ≤ 329.49 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *15.23* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *658.98* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.759*** ✓

η : **0.327** ✓

η : **0.350** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(-)+0.75·N1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *189.94* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{+}$: *25.09* kN·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *15.79* kN·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*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *1422.14* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$: *92.71* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *44.52* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *54.30* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *354.00* cm³; $W_{pl,z}$: *170.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.01*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *0.40*; $C_{m,z}$: *0.40*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *1.00*; χ_z : *0.94*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *0.19*; $\bar{\lambda}_z$: *0.32*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(+)+1.5·Vy(-)+0.75·N1.

26.74 kN ≤ 96.77 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *26.74* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *193.55* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

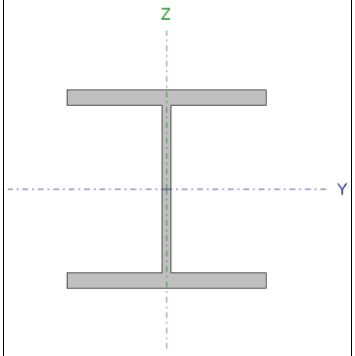
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Barra N9/N37

Perfil: HE 160 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N9	N37	1.600	54.30	2492.00	889.20	31.24

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	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	1.120	1.120	0.000	0.000
C_m	0.400	0.400	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

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.32*** ✓

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *14692.05* kN

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. **$N_{cr,y}$** : *41174.76* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *14692.05* kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *2492.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *889.20* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *31.24* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *47940.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*1.120*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*1.120*	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 :	*7.89*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*6.77*	cm
	i_z :	*4.05*	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

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$16.75 \leq 164.47$$ ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*134.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*8.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*10.72*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*20.80*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*275.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

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

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.138*** ✓

η : ***0.147*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *196.23* kN

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

$N_{c,Rd}$: *1422.14* kN

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** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)
La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *1336.15* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.94*

Siendo:

ϕ_y : *0.52*

ϕ_z : *0.58*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.19*

$\bar{\lambda}_z$: *0.32*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *14692.05* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: *41174.76* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *14692.05* kN

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

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.229*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(+)+0.75·N1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *21.22* kN·m

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

$M_{c,Rd}$: *92.71* kN·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. $W_{pl,y}$: *354.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

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

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.365*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : 16.24 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 44.52 kN·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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: 170.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

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

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : **0.114** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 21.98 kN

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

$V_{c,Rd}$: 193.55 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : 12.80 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : 160.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

16.75 < **64.71** ✓

Donde:
λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *16.75*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

Siendo:
f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)
Se debe satisfacer:

η : ***0.024*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *15.83* kN

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

$V_{c,Rd}$: *658.98* kN

Donde:
A_v: Área transversal a cortante. A_v : *43.58* cm²

Siendo:
A: Área de la sección bruta. **A** : *54.30* cm²
d: Altura del alma. **d** : *134.00* mm
t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

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

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

21.98 kN ≤ 96.77 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(+).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *21.98* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *193.55* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, 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 $V_{c,Rd}$.

15.83 kN ≤ 329.49 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *15.83* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *658.98* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.727*** ✓

η : **0.315** ✓

η : **0.347** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.5·Q1+1.5·Q2+0.9·Vx(+)+0.9·Vy(+)+0.75·N1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *195.33* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *20.85* kN·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *16.24* kN·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*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *1422.14* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$: *92.71* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *44.52* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *54.30* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *354.00* cm³; $W_{pl,z}$: *170.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *275.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.01*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *0.40*; $C_{m,z}$: *0.40*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *1.00*; χ_z : *0.94*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *0.19*; $\bar{\lambda}_z$: *0.32*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·GF+1.35·G1+1.05·Q1+1.05·Q2+1.5·Vx(-)+1.5·Vy(+).

21.98 kN ≤ 96.77 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *21.98* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *193.55* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

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

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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 (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Comprobaciones

1) Pilar HE 160 B

- Panel

Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

16.75 ≤ 64.71 ✓

Donde:

dwc: Canto del alma — **dwc** : *134* mm

twc: Espesor del alma. — **twc** : *8.0* mm

ε : *0.92*

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

Resistencia a cortante del alma del pilar (CTE DB SE-A 8.8.6)

Debe cumplirse:

83.06 kN ≤ 218.29 kN ✓

Vwp,Ed: Esfuerzo cortante de cálculo. — **Vwp,Ed** : *83.06* kN

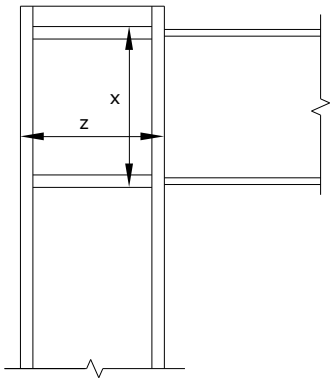
Vwp,Rd: Resistencia plástica de cálculo a cortante del alma — **Vwp,Rd** : *218.29* kN

Donde:

Avc: Área sometida a cortante

fyd: Resistencia de cálculo. — **fyd** : *261.90* N/mm²

Dirección	Avc (mm²)	Vwp,Ed (kN)	Vwp,Rd (kN)	Aprov. (%)
z	1280	63.76	174.19	36.60
x	1604	83.06	218.29	38.05



- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

56.84 N/mm² ≤ 261.90 N/mm² ✓

Donde:

σ: Tensión normal — **σ** : *-56.83* N/mm²

F⊥: Esfuerzo de cálculo normal de la sección — **F⊥** : *-23.53* kN

L⊥: Anchura efectiva para esfuerzos normales — **L⊥** : *46* mm

τ: Tensión tangencial — **τ** : *0.51* N/mm²

F||: Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección — **F||** : *0.29* kN

L||: Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales — **L||** : *62* mm

t: Espesor — **t** : *9.0* mm

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. — **γM0** : *1.05*

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

87.99 N/mm² ≤ 261.90 N/mm² ✓

Donde:

σ: Tensión normal — **σ** : *87.99* N/mm²

F⊥: Esfuerzo de cálculo normal de la sección — **F⊥** : *44.34* kN

L⊥: Anchura efectiva para esfuerzos normales — **L⊥** : *56* mm

τ: Tensión tangencial — **τ** : *0.34* N/mm²

F||: Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección — **F||** : *0.19* kN

L||: Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales — **L||** : *62* mm

t: Espesor — **t** : *9.0* mm

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. — **γM0** : *1.05*

- Rigidizador superior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

56.84 N/mm² ≤ 261.90 N/mm² ✓

Donde:

σ: Tensión normal — **σ** : *-56.83* N/mm²

F⊥: Esfuerzo de cálculo normal de la sección **F⊥** : *-23.53* kN

L⊥: Anchura efectiva para esfuerzos normales **L⊥** : *46* mm

τ: Tensión tangencial **τ** : *0.51* N/mm²

F||: Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección **F||** : *0.29* kN

L||: Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales **L||** : *62* mm

t: Espesor **t** : *9.0* mm

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

- Rigidizador inferior

Tensión de Von Mises en rigidizador (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

87.99 N/mm² ≤ 261.90 N/mm² ✓

Donde:

σ: Tensión normal **σ** : *87.99* N/mm²

F⊥: Esfuerzo de cálculo normal de la sección **F⊥** : *44.34* kN

L⊥: Anchura efectiva para esfuerzos normales **L⊥** : *56* mm

τ: Tensión tangencial **τ** : *0.34* N/mm²

F||: Esfuerzo de cálculo tangencial de la sección **F||** : *0.19* kN

L||: Anchura efectiva para esfuerzos tangenciales **L||** : *62* mm

t: Espesor **t** : *9.0* mm

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

- Comprobaciones por unión con elemento ''

- Ala

Cortante en el ala por los rigidizadores (CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

90.35 N/mm² ≤ 261.90 N/mm² ✓

Donde:

σ: Tensión normal **σ** : *90.32* N/mm²

τ: Tensión tangencial **τ** : *1.36* N/mm²

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (a) IPE 200'

- Ala

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

71.63 kN ≤ 97.11 kN ✓

Donde:

FT,Ed: Fuerza de tracción solicitante — **FT,Ed** : *71.63* kN

FT,Rd: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente — **FT,Rd** : *97.11* kN

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

FT,3,Rd : *97.11* kN

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que no puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

FT,2,Rd : *139.05* kN

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que no puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

FT,1,Rd : *139.05* kN

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 1.

FT,Rd : *97.11* kN

Donde:

Mpl,1,Rd : *1.02* kN·m

∑Ft,Rd: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos — **∑Ft,Rd** : *97.11* kN

tf: Espesor de la chapa — **tf** : *13.0* mm

m: Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela — **m** : *15* mm

∑leff,1: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.* — **∑leff,1** : *92* mm

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. — **γM0** : *1.05*

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual ∑leff deberá tomarse igual a la longitud eficaz leff para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción NEd deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

NEd: Valor de cálculo del esfuerzo axil.

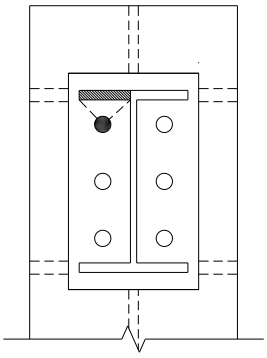
Nt,Rd: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

fyd: Resistencia de cálculo. **fyd** : *261.90* N/mm²

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

Fila	Área (mm²)	NEd (kN)	Nt,Rd (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	556	15.60	145.56	10.72
Σ		15.60	145.56	10.72



- Alma

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción NEd deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

40.42 kN ≤ 92.60 kN ✓

Donde:

NEd: Valor de cálculo del esfuerzo axil. **NEd** : *40.42* kN

Nt,Rd: Resistencia de cálculo de la sección a tracción. **Nt,Rd** : *92.60* kN

Donde:

A: Área sometida a tracción **A** : *354.00* mm²

fyd: Resistencia de cálculo. **fyd** : *261.90* N/mm²

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

- Comprobaciones por unión con elemento 'Viga (b) IPE 200'

- Alma

Punzonamiento (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en Tabla 7.13 EN 1993-1-8: 2005)

Debe cumplirse:

91.29 kN ≤ 544.74 kN ✓

Donde:

NEd: Esfuerzo de cálculo **NEd** : *91.29* kN

NRd: Resistencia de cálculo a punzonamiento. Resistencia plástica a cortante en el perímetro de la chapa lateral, Vpl,Rd **NRd** : *544.74* kN

Esfuerzo cortante

Donde:

Av: Área sometida a cortante **Av** : *2768* mm²

t: Espesor del elemento en la superficie de unión **t** : *8.0* mm

tp: Espesor del elemento de unión **tp** : *8.0* mm

hp: Altura del elemento de unión **hp** : *165* mm

fu: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión. **fu** : *410.00* N/mm²

γM2: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión. **γM2** : *1.25*

Resistencia a flexión del alma (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en Tabla 7.13 EN 1993-1-8: 2005)

Debe cumplirse:

91.29 kN ≤ 91.72 kN ✓

NEd: Esfuerzo de cálculo **NEd** : *91.29* kN

NRd: Resistencia de cálculo del alma a flexión **NRd** : *91.72* kN

Donde:

tw: Espesor del alma. **tw** : *8.0* mm

km: Coeficiente de interacción **km** : *1.00*

μ : *1.46*

hp: Altura del elemento de unión **hp** : *165* mm

hiw: Canto del alma entre radios de acuerdo **hiw** : *113* mm

β : *0.07*

tp: Espesor del elemento de unión **tp** : *8.0* mm

Wpl: Modulo plástico resistente **Wpl** : *1320* mm³

lch: Longitud de la línea de charnela **lch** : *83* mm

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM5: Coeficiente parcial de seguridad para la resistencia en las uniones entre piezas de sección tubular. **γM5** : *1.00*

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

βw: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

fu: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ⊥: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ||: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ⊥: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ||: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas

Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	62	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	108	8.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	62	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	108	8.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	62	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	108	8.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	62	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	108	8.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		fu (N/mm²)	βw
	σ⊥ (N/mm²)	τ⊥ (N/mm²)	τ|| (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	σ⊥ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	45.2	45.2	0.6	90.4	23.43	45.2	13.78	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	27.2	47.2	12.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	70.0	70.0	0.4	140.0	36.28	70.0	21.34	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	51.3	88.9	23.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	45.2	45.2	0.6	90.4	23.43	45.2	13.78	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	27.2	47.1	12.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	70.0	70.0	0.4	140.0	36.28	70.0	21.34	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	51.3	88.9	23.04	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 200

- Chapa frontal

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

71.63 kN ≤ 93.81 kN ✓

Donde:

FT,Ed: Fuerza de tracción solicitante — **FT,Ed** : *71.63* kN

FT,Rd: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente — **FT,Rd** : *93.81* kN

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

FT,3,Rd : *97.11* kN

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

FT,2,Rd : *93.81* kN

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

FT,1,Rd : *164.56* kN

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 2.

FT,Rd : *93.81* kN

Donde:

Mpl,1,Rd : *0.95* kN·m

Mpl,2,Rd : *1.03* kN·m

ΣFt,Rd: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos — **ΣFt,Rd** : *97.11* kN

tf: Espesor de la chapa — **tf** : *10.0* mm

m: Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela — **m** : *23* mm

n: Igual emin pero n ≤ 1,25 · m — **n** : *29* mm

Σleff,1: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.* — **Σleff,1** : *145* mm

Σleff,2: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.* — **Σleff,2** : *158* mm

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. — **γM0** : *1.05*

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual ∑leff deberá tomarse igual a la longitud eficaz leff para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de compresión NEd deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

120.21 kN ≤ 222.62 kN ✓

Donde:

NEd: Valor de cálculo del esfuerzo axil. **NEd** : *120.21* kN

Nc,Rd: Resistencia de cálculo de la sección a compresión. **Nc,Rd** : *222.62* kN

Donde:

A: Área sometida a compresión **A** : *850* mm²

f'y: Tensión de límite elástico reducida. **f'y** : *275.00* N/mm²

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

ρ: Factor de reducción **ρ** : *0.000*

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante VEd no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección Vpl,Rd, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción NEd deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

Donde:

NEd: Valor de cálculo del esfuerzo axil.

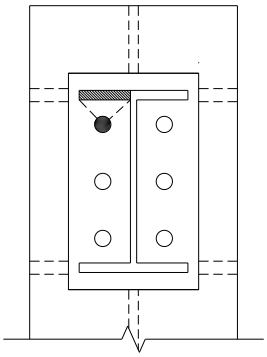
Nt,Rd: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

fyd: Resistencia de cálculo. **fyd** : *261.90* N/mm²

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

Fila	Área (mm²)	NEd (kN)	Nt,Rd (kN)	Aprov. (%)
Superior	--	--	--	--
Inferior	425	19.42	111.31	17.45
Σ		19.42	111.31	17.45



- Alma

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción NEd deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

32.79 kN ≤ 87.02 kN ✓

Donde:

NEd: Valor de cálculo del esfuerzo axil. **NEd** : *32.79* kN

Nt,Rd: Resistencia de cálculo de la sección a tracción. **Nt,Rd** : *87.02* kN

Donde:

A: Área sometida a tracción **A** : *332.00* mm²

fyd: Resistencia de cálculo. **fyd** : *261.90* N/mm²

fy: Tensión de límite elástico. **fy** : *275.00* N/mm²

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γM0** : *1.05*

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

βw: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

fu: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ⊥: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ||: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ⊥: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ||: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	100	8.5	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	166	5.6	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	100	8.5	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		fu (N/mm²)	βw
	σ⊥ (N/mm²)	τ⊥ (N/mm²)	τ|| (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	σ⊥ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	98.2	98.2	1.1	196.3	50.88	98.2	29.93	410.0	0.85
Soldadura del alma	82.9	82.9	17.6	168.6	43.70	82.9	25.28	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	98.1	98.1	0.9	196.3	50.86	98.1	29.92	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- e1 ≥ 1.2 d0 del eje del agujero al borde de la pieza.
- p1 ≥ 2.2 d0 entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- e2 ≥ 1.5 d0 del eje del agujero al borde de la pieza.
- p2 ≥ 3.0 d0 entre ejes de agujeros.

siendo d0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e1 y e2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será p ≤ 14·t ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será p ≤ 28·t ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

fub: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo Ad o el área resistente del tornillo As, según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

fu: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e1: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p1: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d0: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción Ft,Rd, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

As: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, Fp,Rd, dada por:

siendo

tp: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

dm: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

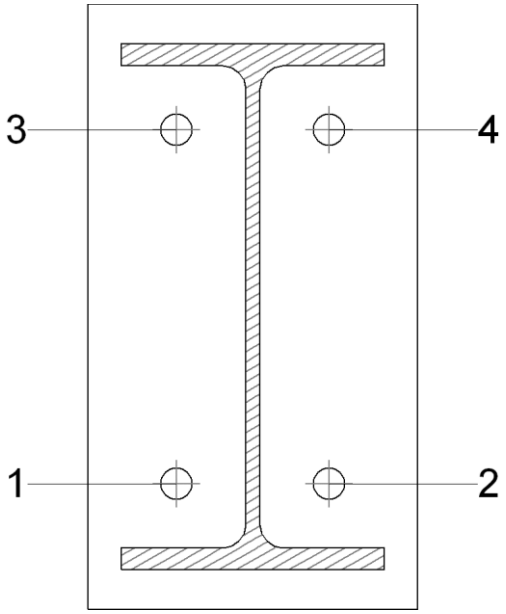
siendo

Fv,Ed: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

Ft,Ed: esfuerzo axil de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

Fv,Rd: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

Ft,Rd: resistencia de cálculo en tracción.



Disposición							
Tornillo	Denominación	d0 (mm)	e1 (mm)	e2 (mm)	p1 (mm)	p2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	34	--	58	135	24.3
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	34	--	58	135	24.3
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	34	--	58	135	24.3
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	34	--	58	135	24.3

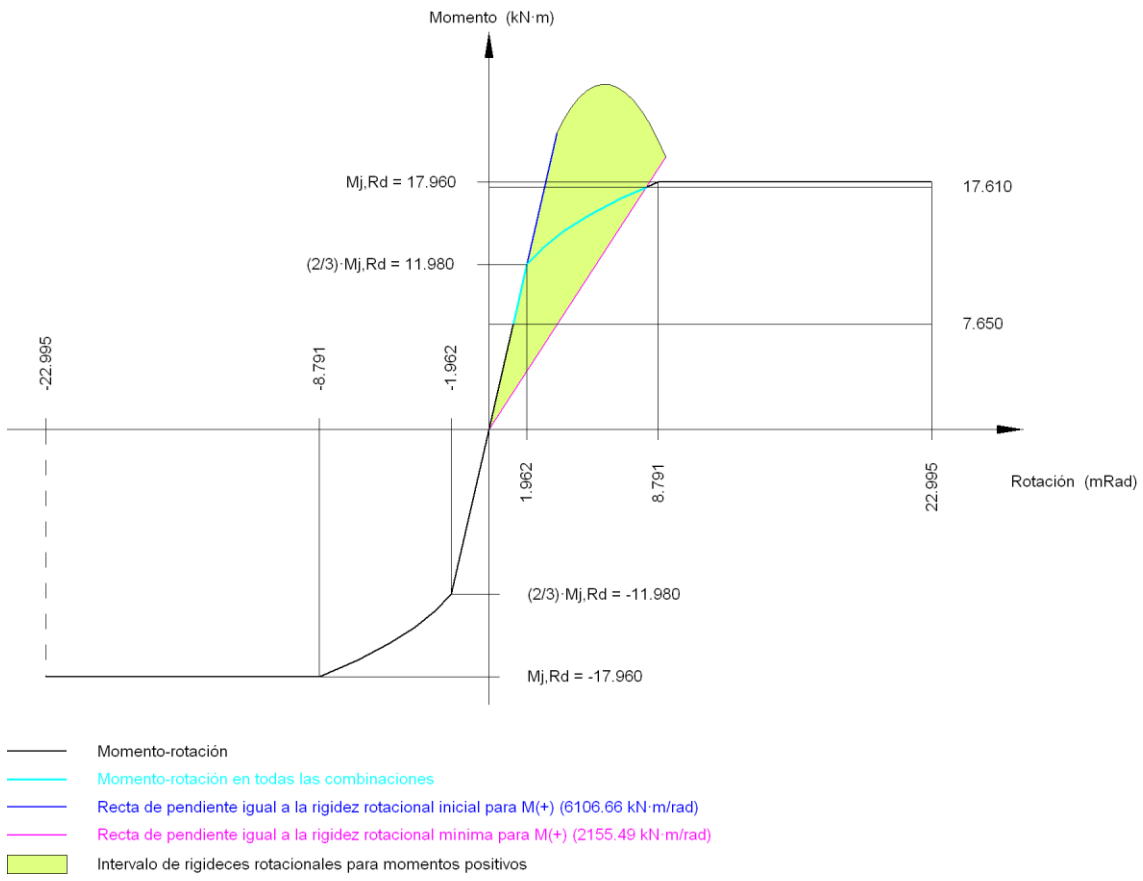
--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.372	36.191	12.08	Vástago	2.741	48.557	5.64	16.11	16.11
	Aplastamiento	4.372	98.389	4.44	Punzonamiento	2.741	117.563	2.33		
2	Sección transversal	4.403	36.191	12.17	Vástago	2.741	48.557	5.64	16.20	16.20
	Aplastamiento	4.403	98.400	4.47	Punzonamiento	2.741	117.563	2.33		
3	Sección transversal	4.374	36.191	12.09	Vástago	37.076	48.557	76.36	66.63	76.36
	Aplastamiento	4.374	98.369	4.45	Punzonamiento	37.076	117.563	31.54		
4	Sección transversal	4.406	36.191	12.17	Vástago	37.076	48.557	76.36	66.71	76.36
	Aplastamiento	4.406	98.400	4.48	Punzonamiento	37.076	117.563	31.54		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	3201.11	6106.66
Calculada para momentos negativos	3201.11	6106.66

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

1.43 ≤ 1.80 ✓

β : *1.43*

Donde:

FT,Rd1: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 — **FT,Rd1** : *139.05* kN

FT,Rd3: Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3 — **FT,Rd3** : *97.11* kN

Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

17.61 kN·m ≤ 17.96 kN·m ✓

MEd: Momento solicitante — **MEd** : *17.61* kN·m

Mj,Rd: Momento que puede resistir la unión. Viene dado por: — **Mj,Rd** : *17.96* kN·m

Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

0.36 ≤ 0.67 ✓

ϕEd: Rotación correspondiente al momento solicitante — **ϕEd** : *8.17* mRad

ϕCd: Capacidad de rotación de la unión. — **ϕCd** : *22.99* mRad

Donde:

h: Distancia de la fila al centro de compresiones — **h** : *163* mm

β: Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3 — **β** : *1.43*

3) Viga (b) IPE 200

- Chapa lateral

Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)

El esfuerzo cortante de cálculo VEd será menor que la resistencia de las secciones a cortante, Vc,Rd, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

0.57 kN ≤ 139.72 kN ✓

VEd: Esfuerzo cortante de cálculo. — **VEd** : *0.57* kN

Vc,Rd: Resistencia plástica de las secciones a cortante Vpl,Rd — **Vc,Rd** : *139.72* kN

Donde:

Av: Área sometida a cortante — **Av** : *924* mm²

fyd: Resistencia de cálculo. — **fyd** : *261.90* N/mm²

Resistencia de las secciones a flexión (CTE DB SE-A, 6.2.6)

Debe cumplirse:

0.06 kN·m ≤ 9.98 kN·m ✓

MEd: Valor de cálculo del momento flector. — **MEd** : *0.06* kN·m

Mc,Rd: Resistencia de cálculo de la sección a flexión. — **Mc,Rd** : *9.98* kN·m

La resistencia de las secciones a flexión, Mc,Rd, será:

siendo

Wpl: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión. — **Wpl** : *38115.0* mm³

fyd: Resistencia de cálculo. — **fyd** : *261.90* N/mm²

Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A, 6.2.8)

Flexión y cortante:

La sección se comprobará a cortante según el apartado 6.2.4. Adicionalmente, si el cortante de cálculo es mayor que la mitad de la resistencia de la sección a cortante, se comprobará el momento flector de cálculo frente al resistente obtenido según:

siendo

En ningún caso podrá ser Mv,Rd > M0,Rd

0.58 kN ≤ 69.86 kN

No es necesario reducir el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Tensión de Von Mises en la chapa lateral (CTE DB SE-A, 6.1)

Para la comprobación del agotamiento de la chapa lateral se debe cumplir la siguiente expresión, donde σ, τyz y τxz son las tensiones del punto más desfavorable de la sección inicial:

113.97 N/mm² ≤ 261.90 N/mm² ✓

Donde:

σ: Tensión normal	**σ** :	*-111.91*	N/mm²
τyz: Tensión tangencial yz	**τyz** :	*0.43*	N/mm²
τxz: Tensión tangencial xz	**τxz** :	*12.44*	N/mm²
fy: Tensión de límite elástico.	**fy** :	*275.00*	N/mm²
γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	**γM0** :	*1.05*	

Resistencia a pandeo local (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.3.2)

Debe cumplirse:

94.04 N/mm² ≤ 241.30 N/mm² ✓

Donde:

σc,Ed: Valor de cálculo de la tensión normal de compresión.	**σc,Ed** :	*94.04*	N/mm²
σb,Rd: Tensión resistente de cálculo a pandeo del elemento comprimido.	**σb,Rd** :	*241.30*	N/mm²

La resistencia de cálculo a pandeo de un elemento sometido a compresión se determinará del siguiente modo:

Donde:

χ: coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado	**χ** :	*0.92*	
fyd: resistencia de cálculo del acero, tomando fyd = fy / γM1 con γM1 = 1.05	**fyd** :	*2.57*	N/mm²

6.3.2.1 *Barras de sección constante y axil constante*

siendo

φ : *0.60*

α: Coeficiente de imperfección **α** : *0.49*

$\bar{\lambda}$: *0.35*

Donde:

β: Coeficiente de pandeo	**β** :	*2.00*	
L: Longitud hasta la primera columna de tornillos	**L** :	*36*	mm
t: Espesor de la chapa	**t** :	*8.0*	mm

E: Módulo de elasticidad — **E** : *210000.00* N/mm²

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, Fv,Ed no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, Fb,Rd.

0.31 ≤ 1 ✓

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

fu: resistencia a tracción del material de la pieza — **fu** : *410.00* N/mm²

t: Espesor de la chapa — **t** : *8.0* mm

d: Diámetro del tornillo. — **d** : *12* mm

γM2: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión. — **γM2** : *1.25*

fub: Tensión última a tracción del tornillo. — **fub** : *800.00* N/mm²

d0: Diámetro del agujero. — **d0** : *13* mm

Dirección	α	e1 (mm)	p1 (mm)	Fv,Ed (kN)	Fb,Rd,i (kN)
y	0.75	74.5	39.0	-18.35	59.04
z	1.00	145.5	63.0	1.77	78.72

α: coeficiente igual al menor de los valores:

e1: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p1: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

92.75 kN ≤ 152.42 kN ✓

Donde:

NEd: es el esfuerzo de cálculo — **NEd** : *92.75* kN

Nef,Rd: es la resistencia al desgarro — **Nef,Rd** : *152.42* kN

siendo

An: Área neta de la zona sometida a desgarro — **An** : *1008.00* mm²

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

fu: Tensión de rotura. — **fu** : *410.00* N/mm²

γM2: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión. — **γM2** : *1.25*

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. — **γM0** : *1.05*

- Alma

Resistencia a aplastamiento de un tornillo (CTE DB SE-A, 8.5.2)

El esfuerzo cortante solicitante del tornillo, Fv,Ed no será mayor que la resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, Fb,Rd.

0.45 ≤ 1 ✓

Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

fu: resistencia a tracción del material de la pieza — **fu** : *410.00* N/mm²

t: Espesor de la chapa — **t** : *5.6* mm

d: Diámetro del tornillo. — **d** : *12* mm

γM2: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión. — **γM2** : *1.25*

fub: Tensión última a tracción del tornillo. — **fub** : *800.00* N/mm²

d0: Diámetro del agujero. — **d0** : *13* mm

Dirección	α	e1 (mm)	p1 (mm)	Fv,Ed (kN)	Fb,Rd,i (kN)
y	0.75	157.0	39.0	-18.35	41.33
z	1.00	57.6	--	3.71	55.10

α: coeficiente igual al menor de los valores:

e1: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p1: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

92.75 kN ≤ 166.09 kN ✓

Donde:

NEd: es el esfuerzo de cálculo — **NEd** : *92.75* kN

Nef,Rd: es la resistencia al desgarro — **Nef,Rd** : *166.09* kN

siendo

An: Área neta de la zona sometida a desgarro — **An** : *1098.00* mm²

fy: Tensión de límite elástico. — **fy** : *275.00* N/mm²

fu: Tensión de rotura. — **fu** : *410.00* N/mm²

γM2: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión. — **γM2** : *1.25*

γM0: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. — **γM0** : *1.05*

Resistencia a pandeo local (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.3.2)

Debe cumplirse:

148.64 N/mm² ≤ 152.89 N/mm² ✓

Donde:

σc,Ed: Valor de cálculo de la tensión normal de compresión. — **σc,Ed** : *148.64* N/mm²

σb,Rd: Tensión resistente de cálculo a pandeo del elemento comprimido. — **σb,Rd** : *152.89* N/mm²

La resistencia de cálculo a pandeo de un elemento sometido a compresión se determinará del siguiente modo:

Donde:

χ: coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado — χ : *0.58*

fyd: resistencia de cálculo del acero, tomando fyd = fy / γM1 con γM1 = 1.05 — **fyd** : *2.57* N/mm²

6.3.2.1 *Barras de sección constante y axil constante*

siendo

φ : *1.11*

α: Coeficiente de imperfección — α : *0.49*

$\bar{\lambda}$: *0.93*

Donde:

β: Coeficiente de pandeo — β : *2.00*

L: Longitud hasta la primera columna de tornillos — **L** : *65* mm

t: Espesor de la chapa — **t** : *5.6* mm

E: Módulo de elasticidad — **E** : *210000.00* N/mm²

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

βw: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

fu: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ⊥: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ||: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ⊥: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ||: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	165	8.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		fu (N/mm²)	βw
	σ⊥ (N/mm²)	τ⊥ (N/mm²)	τ|| (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	σ⊥ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	55.1	55.6	10.0	112.2	29.08	55.6	16.94	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- e1 ≥ 1.2 d0 del eje del agujero al borde de la pieza.
- p1 ≥ 2.2 d0 entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- e2 ≥ 1.5 d0 del eje del agujero al borde de la pieza.
- p2 ≥ 3.0 d0 entre ejes de agujeros.

siendo d0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e1 y e2

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será p ≤ 14·t ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será p ≤ 28·t ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

siendo

n: número de planos de corte.

fub: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo Ad o el área resistente del tornillo As, según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

fu: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α: es el menor de:

Donde:

e1: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p1: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d0: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción Ft,Rd, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

siendo

As: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, Fp,Rd, dada por:

siendo

tp: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

dm: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

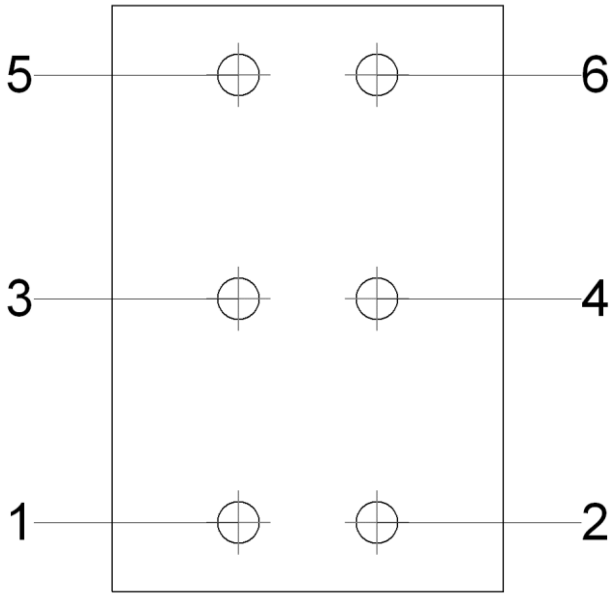
siendo

Fv,Ed: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

Ft,Ed: esfuerzo axil de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

Fv,Rd: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

Ft,Rd: resistencia de cálculo en tracción.



Disposición							
Tornillo	Denominación	d0 (mm)	e1 (mm)	e2 (mm)	p1 (mm)	p2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	26	20	39	63	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	36	20	39	63	19.5
3	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	26	--	39	63	35.5
4	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	36	--	39	63	35.5
5	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	26	20	39	63	19.5
6	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	36	20	39	63	19.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	18.719	26.976	69.39	Vástago	0.248	48.557	0.51	69.75	69.75
	Aplastamiento	18.719	71.897	26.04	Punzonamiento	0.248	65.835	0.38		
2	Sección transversal	18.433	26.976	68.33	Vástago	0.096	48.557	0.20	68.47	68.47
	Aplastamiento	18.433	59.159	31.16	Punzonamiento	0.096	65.835	0.15		
3	Sección transversal	15.659	26.976	58.05	Vástago	0.248	48.557	0.51	58.41	58.41
	Aplastamiento	15.659	72.002	21.75	Punzonamiento	0.248	65.835	0.38		
4	Sección transversal	15.317	26.976	56.78	Vástago	0.096	48.557	0.20	56.92	56.92
	Aplastamiento	15.317	59.213	25.87	Punzonamiento	0.096	65.835	0.15		
5	Sección transversal	12.637	26.976	46.84	Vástago	0.248	48.557	0.51	47.20	47.20
	Aplastamiento	12.637	65.437	19.31	Punzonamiento	0.248	65.835	0.38		
6	Sección transversal	12.210	26.976	45.26	Vástago	0.096	48.557	0.20	45.40	45.40
	Aplastamiento	12.210	58.282	20.95	Punzonamiento	0.096	65.835	0.15		

1.- CIMENTACIÓN

1.1.- Elementos de cimentación aislados

1.1.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 693.3 cm Ancho inicial Y: 35.0 cm Ancho final X: 876.7 cm Ancho final Y: 35.0 cm Ancho zapata X: 1570.0 cm Ancho zapata Y: 70.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 4Ø20c/16 Sup Y: 82Ø12c/19 Inf X: 3Ø25c/18 Inf Y: 82Ø12c/19
(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 693.3 cm Ancho inicial Y: 35.0 cm Ancho final X: 876.7 cm Ancho final Y: 35.0 cm Ancho zapata X: 1570.0 cm Ancho zapata Y: 70.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 4Ø20c/18 Sup Y: 92Ø12c/17 Inf X: 5Ø20c/12.5 Inf Y: 92Ø12c/17

1.1.2.- Medición

Referencia: (N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)		B 500 S, Ys=1.15			Total
Nombre de armado		Ø12	Ø20	Ø25	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)			3x16.12 3x62.12	48.36 186.35
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	82x0.89 82x0.79			72.98 64.79
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)		4x16.06 4x39.61		64.24 158.43
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	82x0.89 82x0.79			72.98 64.79
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	145.96 129.58	64.24 158.43	48.36 186.35	474.36
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	160.56 142.54	70.66 174.27	53.20 204.99	521.80

Referencia: (N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø12	Ø20	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)		5x15.98 5x39.41	79.90 197.05
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	92x0.89 92x0.79		81.88 72.70
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)		4x16.06 4x39.61	64.24 158.43
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	92x0.89 92x0.79		81.88 72.70
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	163.76 145.40	144.14 355.48	500.88
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	180.14 159.94	158.55 391.03	550.97

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)

Elemento	Ø12	Ø20	Ø25	Total	HA-30, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: (N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)	142.53	174.28	204.99	521.80	7.14	1.10
Referencia: (N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)	159.94	391.03		550.97	7.69	1.10
Totales	302.47	565.31	204.99	1072.77	14.84	2.20

1.1.3.- Comprobación

Referencia: (N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62) Dimensiones: 1570 x 70 x 65 Armados: Xi:Ø25c/18 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø20c/16 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.121252 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.17452 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.212877 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 732.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 357.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -263.00 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 148.73 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 219.55 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 1630.3 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 0 cm	
- N1:	Calculado: 57 cm	Cumple
- N5:	Calculado: 57 cm	Cumple
- N7:	Calculado: 57 cm	Cumple
- N9:	Calculado: 57 cm	Cumple
- N59:	Calculado: 57 cm	Cumple
- N62:	Calculado: 57 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0042	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple

Referencia: (N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62) Dimensiones: 1570 x 70 x 65 Armados: Xi:Ø25c/18 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø20c/16 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0019 Calculado: 0.0042	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0019 Calculado: 0.0031	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 63 cm Calculado: 690 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 79 cm Calculado: 500 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 72 cm Calculado: 249 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 280 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: (N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62) Dimensiones: 1570 x 70 x 65 Armados: Xi:Ø25c/18 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø20c/16 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 25 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 25 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: (N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58) Dimensiones: 1570 x 70 x 70 Armados: Xi:Ø20c/12.5 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø20c/18 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.122821 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.177071 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.216801 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 717.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 363.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 368.75 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 148.78 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 217.39 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 1458.6 kN/m²	Cumple

Referencia: (N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58) Dimensiones: 1570 x 70 x 70 Armados: Xi:Ø20c/12.5 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø20c/18 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 0 cm	
- N11:	Calculado: 62 cm	Cumple
- N13:	Calculado: 62 cm	Cumple
- N17:	Calculado: 62 cm	Cumple
- N19:	Calculado: 62 cm	Cumple
- N55:	Calculado: 62 cm	Cumple
- N58:	Calculado: 62 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0036	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0025	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0019 Calculado: 0.0036	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0019 Calculado: 0.0025	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple

Referencia: (N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58) Dimensiones: 1570 x 70 x 70 Armados: Xi:Ø20c/12.5 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø20c/18 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 40 cm Calculado: 667 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 51 cm Calculado: 489 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 71 cm Calculado: 244 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 45 cm Calculado: 307 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

1.2.- Vigas

1.2.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (a), C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (b), C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (c) y C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (d)	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

1.2.2.- Medición

Referencias: C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (a), C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (b), C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (c) y C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (d)		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x5.20 2x4.62	10.40 9.23
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x5.20 2x4.62	10.40 9.23
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	15x1.33 15x0.52		19.95 7.87
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	19.95 7.87	20.80 18.46	26.33
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	21.95 8.66	22.88 20.30	28.96

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-30, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (a), C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (b), C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (c) y C [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (d)	4x8.65	4x20.31	115.84	4x0.67	4x0.17
Totales	34.60	81.24	115.84	2.69	0.67

1.2.3.- Comprobación

Referencia: C.1 [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia: C.1 [(N1 - N5 - N7 - N9 - N59 - N62)-(N11 - N13 - N17 - N19 - N55 - N58)] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

INTRODUCCIÓN

La instalación se compone de un sistema todo aire que se encarga de la renovación, tratamiento y climatizado del aire y lo impulsa al recinto. Dicho sistema esta dimensionado de manera que no sea suficiente para climatizar en los picos de mayor carga, por lo que se dispone un sistema autónomo que puede ser encendido cuando sea necesario. Tendríamos por tanto un sistema primario con el que aseguramos renovación del aire para cualquier carga térmica, ya que el sistema dispone de un recuperador de calor.

ÍNDICE

1.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. CONDUCTOS 4

2.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. DIFUSORES Y REJILLAS 5

3.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA. TUBERÍAS 6

4.- UNIDADES NO AUTÓNOMAS PARA CLIMATIZACIÓN (FANCOILS) 7

1.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. CONDUCTOS

Conductos									
Tramo		Q (m³/h)	w x h (mm)	V (m/s)	Φ (mm)	L (m)	ΔP_1 (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
Inicio	Final								
A3-PB	A1-PI	3500.0	500x400	5.2	488.1	6.63	15.13	70.14	34.70
A3-PB	A1-PI	2916.7	400x400	5.4	437.3	6.72	15.13	82.03	22.82
A3-PB	A1-PI	2333.3	400x400	4.3	437.3	5.87	15.13	85.72	19.12
A3-PB	A1-PI	1750.0	400x300	4.3	377.7	5.21	15.13	93.17	11.68
A3-PB	A1-PI	1166.7	300x300	3.8	327.9	5.34	15.13	99.72	5.13
A3-PB	A1-PI	583.3	300x250	2.3	299.1	7.58		87.87	
N1-PB	A3-PB	2490.0	400x400	4.6	437.3	2.28		1.63	
N1-PB	A5-PB	990.0	300x250	3.9	299.1	0.94	5.83	17.21	
A1-PI	A1-PI	583.3	300x250	2.3	299.1	0.83	15.13	104.85	
A2-PI	A2-PI	300.0	200x200	2.2	218.6	0.83	2.98	41.63	
A2-PI	N1-PI	300.0	200x200	2.2	218.6	8.81		36.84	
A2-PI	N1-PI	600.0	250x200	3.6	244.1	5.46	2.98	36.09	5.53
A2-PI	N1-PI	900.0	250x250	4.3	273.3	7.32	2.98	31.10	10.53
A2-PI	N1-PI	1200.0	300x300	3.9	327.9	5.96	2.98	22.91	18.72
A2-PI	N1-PI	1500.0	300x300	4.9	327.9	8.50	2.98	18.36	23.27

Abreviaturas utilizadas			
Q	*Caudal*	L	*Longitud*
w x h	*Dimensiones (Ancho x Alto)*	ΔP_1	*Pérdida de presión*
V	*Velocidad*	ΔP	*Pérdida de presión acumulada*
Φ	*Diámetro equivalente.*	D	*Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable*

2.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE. DIFUSORES Y REJILLAS

Difusores y rejillas									
Tipo	Φ (mm)	w x h (mm)	Q (m³/h)	A (cm²)	X (m)	P (dBA)	ΔP_1 (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
A5-PI: Rejilla de toma de aire		400x330	990.0	660.66		27.4	5.83	17.21	0.00
A1-PI: Rejilla de impulsión		525x125	583.3	360.00	10.8	30.7	15.13	104.85	0.00
A2-PI: Rejilla de retorno		525x125	300.0	280.00		17.2	2.98	41.63	0.00
A3 -> A1, (31.92, 5.20), 6.63 m: Rejilla de impulsión		525x125	583.3	360.00	10.8	30.7	15.13	70.14	34.70
A3 -> A1, (25.20, 5.20), 13.35 m: Rejilla de impulsión		525x125	583.3	360.00	10.8	30.7	15.13	82.03	22.82
A3 -> A1, (19.33, 5.20), 19.22 m: Rejilla de impulsión		525x125	583.3	360.00	10.8	30.7	15.13	85.72	19.12
A3 -> A1, (14.12, 5.20), 24.43 m: Rejilla de impulsión		525x125	583.3	360.00	10.8	30.7	15.13	93.17	11.68
A3 -> A1, (8.78, 5.20), 29.77 m: Rejilla de impulsión		525x125	583.3	360.00	10.8	30.7	15.13	99.72	5.13
A2 -> N1, (10.01, 0.87), 8.81 m: Rejilla de retorno		525x125	300.0	280.00		17.2	2.98	36.09	5.53
A2 -> N1, (15.47, 0.87), 14.27 m: Rejilla de retorno		525x125	300.0	280.00		17.2	2.98	31.10	10.53
A2 -> N1, (22.79, 0.87), 21.59 m: Rejilla de retorno		525x125	300.0	280.00		17.2	2.98	22.91	18.72
A2 -> N1, (28.75, 0.87), 27.55 m: Rejilla de retorno		525x125	300.0	280.00		17.2	2.98	18.36	23.27

Abreviaturas utilizadas			
Φ	*Diámetro*	P	*Potencia sonora*
w x h	*Dimensiones (Ancho x Alto)*	ΔP_1	*Pérdida de presión*
Q	*Caudal*	ΔP	*Pérdida de presión acumulada*
A	*Área efectiva*	D	*Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable*
X	*Alcance*		

3.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA. TUBERÍAS

Tuberías (Refrigeración)								
Tramo			Φ (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A3-PI	A3-PI	Impulsión (*)	40.0	0.71	0.6	3.31	0.535	45.87
A4-PI	A4-PI	Impulsión (*)	40.0	0.71	0.6	1.10	0.177	0.18
A4-PI	N2-PI	Impulsión (*)	40.0	0.71	0.6	0.27	0.044	0.22
N2-PI	A3-PI	Impulsión (*)	40.0	0.71	0.6	0.73	0.118	0.34
A3-PI	A3-PI	Retorno (*)	40.0	0.71	0.6	3.23	0.512	0.82
A3-PI	A3-PI	Retorno (*)	40.0	0.71	0.6	0.05	0.008	0.30
A4-PI	A4-PI	Retorno (*)	40.0	0.71	0.6	0.90	0.142	0.14
A4-PI	N2-PI	Retorno (*)	40.0	0.71	0.6	0.23	0.037	0.18
N2-PI	A3-PI	Retorno (*)	40.0	0.71	0.6	0.73	0.116	0.29

(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.

Abreviaturas utilizadas			
Φ	*Diámetro nominal*	L	*Longitud*
Q	*Caudal*	ΔP_1	*Pérdida de presión*
V	*Velocidad*	ΔP	*Pérdida de presión acumulada*

Tuberías (Calefacción)								
Tramo			Φ (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A3-PI	A3-PI	Impulsión (*)	40.0	0.52	0.4	3.31	0.259	45.42
A4-PI	A4-PI	Impulsión (*)	40.0	0.52	0.4	1.10	0.086	0.09
A4-PI	N2-PI	Impulsión (*)	40.0	0.52	0.4	0.27	0.021	0.11
N2-PI	A3-PI	Impulsión (*)	40.0	0.52	0.4	0.73	0.057	0.16
A3-PI	A3-PI	Retorno (*)	40.0	0.52	0.4	3.23	0.255	0.41
A3-PI	A3-PI	Retorno (*)	40.0	0.52	0.4	0.05	0.004	0.15
A4-PI	A4-PI	Retorno (*)	40.0	0.52	0.4	0.90	0.071	0.07
A4-PI	N2-PI	Retorno (*)	40.0	0.52	0.4	0.23	0.018	0.09
N2-PI	A3-PI	Retorno (*)	40.0	0.52	0.4	0.73	0.058	0.15

(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.

Abreviaturas utilizadas			
Φ	*Diámetro nominal*	L	*Longitud*
Q	*Caudal*	ΔP_1	*Pérdida de presión*
V	*Velocidad*	ΔP	*Pérdida de presión acumulada*

4.- UNIDADES NO AUTÓNOMAS PARA CLIMATIZACIÓN (FANCOILS)

Fancoils					
Modelo	P_{ref} (W)	P_{cal} (W)	Q_{ref} (l/s)	ΔP_{ref} (kPa)	PP_{ref} (kPa)
KCN-75 (A3-PI)	26000.0	28850.0	1.19	45.000	1.688

Abreviaturas utilizadas			
P_{ref}	*Potencia frigorífica total calculada*	ΔP_{ref}	*Pérdida de presión (Refrigeración)*
P_{cal}	*Potencia calorífica total calculada*	PP_{ref}	*Pérdida de presión acumulada (Refrigeración)*
Q_{ref}	*Caudal de agua (Refrigeración)*		

Fancoils (Continuación)							
Modelo	ΔT_{ref} (°C)	ΔT_{cal} (°C)	Q_{ref} (m³/h)	Q_{cal} (m³/h)	P (Pa)	N (dBA)	Dimensiones (mm)
KCN-75 (A3-PI)	7.0	50.0	3500.0	3500.0	78.5	74.8	750x1282.5x399
ΔT_{ref} = 5 °C							

Abreviaturas utilizadas			
ΔT_{ref}	*Incremento de la temperatura del agua (Refrigeración)*	Q_{cal}	*Caudal de aire (Calefacción)*
ΔT_{cal}	*Incremento de la temperatura del agua (Calefacción)*	P	*Presión disponible de aire*
Q_{ref}	*Caudal de aire (Refrigeración)*	N	*Nivel sonoro*

ÍNDICE

1.- PARÁMETROS GENERALES 4

2.- RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS 5

2.1.- Refrigeración 9

2.2.- Calefacción 11

3.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS 6

4.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS 7

1.- PARÁMETROS GENERALES

Término municipal: Toledo

Latitud (grados): 39.14 grados

Altitud sobre el nivel del mar: 529 m

Percentil para verano: 5.0 %

Temperatura seca verano: 33.23 °C

Temperatura húmeda verano: 22.60 °C

Oscilación media diaria: 14 °C

Oscilación media anual: 35.5 °C

Percentil para invierno: 97.5 %

Temperatura seca en invierno: -9 °C

Humedad relativa en invierno: 90 %

Velocidad del viento: 7.2 m/s

Temperatura del terreno: 7.05 °C

Porcentaje de mayoración por la orientación N: 20 %

Porcentaje de mayoración por la orientación S: 0 %

Porcentaje de mayoración por la orientación E: 10 %

Porcentaje de mayoración por la orientación O: 10 %

Suplemento de intermitencia para calefacción: 5 %

Porcentaje de cargas debido a la propia instalación: 3 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Invierno): 0 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Verano): 0 %

2.- RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

2.1.- Refrigeración

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)

Recinto	Conjunto de recintos
Recinto (Biblioteca)	Recinto

Condiciones de proyecto

Internas	Externas
Temperatura interior = 24.0 °C	Temperatura exterior = 31.5 °C
Humedad relativa interior = 50.0 %	Temperatura húmeda = 22.0 °C

Cargas de refrigeración a las 18h (16 hora solar) del día 1 de Septiembre	C. LATENTE (W)	C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores		
Fachada, S, 20.3, 0.44, 187, Intermedio, 25.0		9.10
Fachada, O, 123.2, 0.44, 187, Intermedio, 28.6		247.54
Fachada, N, 20.3, 0.44, 187, Intermedio, 29.2		46.10
Fachada, E, 123.2, 0.44, 187, Intermedio, 24.1		6.80
Cubiertas		
Azotea, 198.0, 0.29, 585, Intermedio, 31.7		447.25
	Total estructural	**756.79**
Ocupantes		
Empleado de oficina, 40, 60.32, 65.81	1327.04	1447.75

Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²K))	Peso (kg/m²)	Color	Teq. (°C)
Fachada	S	20.3	0.44	187	Intermedio	25.0
Fachada	O	123.2	0.44	187	Intermedio	28.6
Fachada	N	20.3	0.44	187	Intermedio	29.2
Fachada	E	123.2	0.44	187	Intermedio	24.1

Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²K))	Peso (kg/m²)	Color	Teq. (°C)
Azotea	198.0	0.29	585	Intermedio	31.7

Actividad	Nº personas	C.lat/per (W)	C.sen/per (W)
Empleado de oficina	40	60.32	65.81

Iluminación				
Tipo	**Potencia (W)**	**Coef. iluminación**		
Fluorescente con reactancia	2771.89	1.05		2910.48
Instalaciones y otras cargas				3167.87
		Cargas interiores	**1327.04**	**7448.27**
		Cargas interiores totales		**8775.31**
Cargas debidas a la propia instalación		3.0 %		246.15
FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.86		**Cargas internas totales**	**1327.04**	**8451.21**
		Potencia térmica interna total		**9778.25**
Ventilación				
Caudal de ventilación total (m³/h)				
990.0			2739.15	2436.24
		Cargas de ventilación	**2739.15**	**2436.24**
		Potencia térmica de ventilación total		**5175.38**
		Potencia térmica	**4066.19**	**10887.45**
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 198.0 m² 75.5 W/m²			**POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 14953.6 W**	

2.2.- Calefacción

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)

Recinto	Conjunto de recintos
Recinto (Biblioteca)	Recinto

Condiciones de proyecto

Internas	Externas
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = -9 °C
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %

Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	**Orientación**	**Superficie (m²)**	**U (W/(m²K))**	**Peso (kg/m²)**	**Color**	
Fachada	S	20.3	0.44	187	Intermedio	174.94
Fachada	O	123.2	0.44	187	Intermedio	967.47
Fachada	N	20.3	0.44	187	Intermedio	174.94
Fachada	E	123.2	0.44	187	Intermedio	1160.96
Cubiertas						
Tipo	**Superficie (m²)**	**U (W/(m²K))**	**Peso (kg/m²)**	**Color**		
Azotea	198.0	0.30	585	Intermedio		1059.86
Forjados inferiores						
Tipo	**Superficie (m²)**	**U (W/(m²K))**	**Peso (kg/m²)**			
Solera 20cm	198.0	0.45	1394			1234.14
					Total estructural	**4772.30**
					Cargas interiores totales	
Cargas debidas a la intermitencia de uso					5.0 %	238.61
Cargas internas totales						**5010.91**
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m³/h)						
990.0						5804.17
					Potencia térmica de ventilación total	**5804.17**

POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 198.0 m²	**54.6 W/m²**	**POTENCIA TÉRMICA TOTAL :**	**10815.1 W**

3.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

Refrigeración

Conjunto: R05												
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica		
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Total (W)
RECINTO	PI	756.79	7448.27	8775.31	8451.21	9778.25	989.96	2436.24	5175.38	75.53	10887.45	14953.64
Total							**990.0**					
Carga total simultánea												**14953.6**

Calefacción

Conjunto: RECINTO						
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia	
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Total (W)
RECINTO	PI	5010.91	989.96	5804.17	54.62	10815.08
Total			**990.0**			
Carga total simultánea						**10815.1**

4.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS

Refrigeración		
Conjunto	Potencia por superficie (W/m²)	Potencia total (W)
RECINTO	75.5	14953.6

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (W/m²)	Potencia total (W)
RECINTO	54.6	10815.1

ÍNDICE

1.- EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE 4

1.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1 15

1.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2 15

1.2.1.- Categorías de calidad del aire interior 15

1.2.2.- Caudal mínimo de aire exterior 15

1.2.3.- Filtración de aire exterior 16

1.2.4.- Aire de extracción 16

1.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3 16

1.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4 17

2.- EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 5

2.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1 9

2.1.1.- Generalidades 17

2.1.2.- Cargas térmicas 17

2.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2 11

2.2.1.- Aislamiento térmico en redes de tuberías 18

2.2.2.- Eficiencia energética de los motores eléctricos 19

2.2.3.- Redes de tuberías 19

2.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3 19

2.3.1.- Generalidades 19

2.3.2.- Control de las condiciones termohigrométricas 20

2.3.3.- Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización 20

2.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5 20

2.4.1.- Zonificación 20

2.5.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6 21

2.6.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7 21

2.7.- Lista de los equipos consumidores de energía 21

3.- EXIGENCIA DE SEGURIDAD 6

3.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1. 22

3.1.1.- Condiciones generales 22

3.1.2.- Salas de máquinas 22

3.1.3.- Chimeneas 22

3.1.4.- Almacenamiento de biocombustibles sólidos 22

3.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2. 22

3.2.1.- Alimentación 22

3.2.2.- Vaciado y purga 22

3.2.3.- Expansión y circuito cerrado 23

3.2.4.- Dilatación, golpe de ariete, filtración 23

3.2.5.- Conductos de aire 23

3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3. 23

3.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4. 23

1.- EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

1.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

A continuación se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Oficinas	24	21	50

1.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2

1.2.1.- Categorías de calidad del aire interior

En función del edificio o local, la categoría de calidad de aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será como mínimo la siguiente:

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja)

1.2.2.- Caudal mínimo de aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Se describe a continuación la ventilación diseñada para los recintos utilizados en el proyecto.

Referencia	Calidad del aire interior	
	IDA / IDA min. (m^3/h)	Fumador ($m^3/(h \cdot m^2)$)
Oficinas	IDA 2	No

1.2.3.- Filtración de aire exterior

El aire exterior de ventilación se introduce al edificio debidamente filtrado según el apartado I.T.1.1.4.2.4. Se ha considerado un nivel de calidad de aire exterior para toda la instalación ODA 2, aire con altas concentraciones de partículas.

Las clases de filtración empleadas en la instalación cumplen con lo establecido en la tabla 1.4.2.5 para filtros previos y finales.

Filtros previos:

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F7	F6	F6	G4
ODA 2	F7	F6	F6	G4
ODA 3	F7	F6	F6	G4
ODA 4	F7	F6	F6	G4
ODA 5	F6/GF/F9	F6/GF/F9	F6	G4

Filtros finales:

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F9	F8	F7	F6
ODA 3	F9	F8	F7	F6
ODA 4	F9	F8	F7	F6
ODA 5	F9	F8	F7	F6

1.2.4.- Aire de extracción

En función del uso del edificio o local, el aire de extracción se clasifica en una de las siguientes categorías:

AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar.

AE 2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.

AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.

AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Se describe a continuación la categoría de aire de extracción que se ha considerado para cada uno de los recintos de la instalación:

Referencia	Categoría
Oficinas	AE1

1.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

1.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

2.- EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1

2.1.1.- Generalidades

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

2.1.2.- Cargas térmicas

2.1.2.1.- Cargas máximas simultáneas

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

Refrigeración

Conjunto: RECINTO												
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica		
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Total (W)
RECINTO	PI	756.79	7448.27	8775.31	8451.21	9778.25	989.96	2436.24	5175.38	75.53	10887.45	14953.64
Total							**990.0**					
Carga total simultánea												**14953.6**

Calefacción

Conjunto: RECINTO						
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia	
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Total (W)
RECINTO	PI	5010.91	989.96	5804.17	54.62	10815.08
Total			**990.0**			
Carga total simultánea						**10815.1**

En el anexo aparece el cálculo de la carga térmica para cada uno de los recintos de la instalación.

2.1.2.2.- Cargas parciales y mínimas

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Refrigeración:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
RECINTO	9.44	10.07	11.37	12.79	14.26	14.52	0.00	0.00	14.95	13.25	10.95	9.72

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
RECINTO	10.82	10.82	10.82

2.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

2.2.1.- Aislamiento térmico en redes de tuberías

2.2.1.1.- Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.047 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

2.2.1.2.- Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de verano: 33.2 °C

Temperatura seca exterior de invierno: -5 °C

Velocidad del viento: 7.2 m/s

A continuación se describen las tuberías en el ambiente exterior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\lambda_{aisl.}$ (W/(m·K))	$e_{aisl.}$ (mm)	$L_{imp.}$ (m)	$L_{ret.}$ (m)	$\Phi_{m.ref.}$ (W/m)	$q_{ref.}$ (W)	$\Phi_{m.cal.}$ (W/m)	$q_{cal.}$ (W)
Tipo 1	1 1/2"	0.034	50	5.41	5.14	5.53	58.3	10.33	109.1
						Total	58	**Total**	109

Abreviaturas utilizadas			
Ø	*Diámetro nominal*	$\Phi_{m.ref.}$	*Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud*
$\lambda_{aisl.}$	*Conductividad del aislamiento*	$q_{ref.}$	*Pérdidas de calor para refrigeración*
$e_{aisl.}$	*Espesor del aislamiento*	$\Phi_{m.cal.}$	*Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud*
$L_{imp.}$	*Longitud de impulsión*	$q_{cal.}$	*Pérdidas de calor para calefacción*
$L_{ret.}$	*Longitud de retorno*		

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de acero negro, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, una mano de imprimación antioxidante, colocada superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 25 % al cálculo de la pérdida de calor.

2.2.1.3.- Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

2.2.1.4.- Pérdida de calor en tuberías

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de refrigeración (kW)	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	18.00	19.90
Total	18.00	19.90

Equipos	Referencia
Tipo 1	bomba de calor reversible, aire-agua, modelo IWM-95 "CIATESA", con circuito de recuperación de gases calientes para la producción de agua caliente, potencia frigorífica nominal de 18 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C; temperatura de salida del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 19,9 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 6°C; temperatura de salida del agua: 50°C, salto térmico: 5°C), con grupo hidráulico (vaso de expansión de 12 l, presión nominal disponible de 96 kPa) y depósito de inercia de 100 l, caudal de agua nominal de 3,1 m³/h, caudal de aire nominal de 8000 m³/h y potencia sonora de 83,6 dBA; con interruptor de caudal, filtro, termomanómetros, válvula de seguridad tarada a 4 bar y purgador automático de aire; incluso transporte hasta pie de obra sobre camión

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Refrigeración

Potencia de los equipos (kW)	q_{ref} (W)	Pérdida de calor (%)
18.00	58.3	0.3

Calefacción

Potencia de los equipos (kW)	q_{cal} (W)	Pérdida de calor (%)
19.90	109.1	0.5

Por tanto la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

2.2.2.- Eficiencia energética de los motores eléctricos

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

2.2.3.- Redes de tuberías

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

2.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3

2.3.1.- Generalidades

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

2.3.2.- Control de las condiciones termohigrométricas

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
RECINTO	THM-C1

2.3.3.- Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

2.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5

2.4.1.- Zonificación

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

2.5.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

2.6.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interaccionan de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

2.7.- Lista de los equipos consumidores de energía

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Enfriadoras y bombas de calor

Equipos	Referencia
Tipo 1	bomba de calor reversible, aire-agua, modelo IWM-95 "CIATESA", con circuito de recuperación de gases calientes para la producción de agua caliente, potencia frigorífica nominal de 18 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C; temperatura de salida del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 19,9 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 6°C; temperatura de salida del agua: 50°C, salto térmico: 5°C), con grupo hidráulico (vaso de expansión de 12 l, presión nominal disponible de 96 kPa) y depósito de inercia de 100 l, caudal de agua nominal de 3,1 m³/h, caudal de aire nominal de 8000 m³/h y potencia sonora de 83,6 dBA; con interruptor de caudal, filtro, termomanómetros, válvula de seguridad tarada a 4 bar y purgador automático de aire; incluso transporte hasta pie de obra sobre camión

Sistema de expansión directa

Equipos	Referencia
Tipo 1	unidad exterior de aire acondicionado, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, con tecnología Inverter, gama doméstica (RAC), alimentación monofásica 230V/50Hz, modelo SCM 40 Z "MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES", potencia frigorífica nominal 4 kW (temperatura de bulbo seco 35°C, temperatura de bulbo húmedo 24°C), potencia calorífica nominal 5 kW (temperatura de bulbo seco 7°C, temperatura de bulbo húmedo 6°C), EER (calificación energética) 4,12 (clase A), COP (coeficiente energético) 4,35 (clase A), con compresor Inverter, de 640x850x290 mm, nivel sonoro 45 dBA y caudal de aire 2400 m³/h, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico KNX/EIB a través de un interface (no incluido en este precio)
Tipo 2	unidad interior de aire acondicionado, de cassette, de 600x600 mm, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, gama doméstica (RAC), alimentación monofásica 230V/50Hz, modelo STM 25 Z "MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES", potencia frigorífica nominal 2,5 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 3,4 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 248x570x570 mm con panel de 35x700x700 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 35 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 570 m³/h, con filtro, bomba de drenaje, control inalámbrico, control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico KNX/EIB a través de un interface (no incluido en este precio)

3.- EXIGENCIA DE SEGURIDAD

3.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.

3.1.1.- Condiciones generales

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

3.1.2.- Salas de máquinas

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

3.1.3.- Chimeneas

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.4.3.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

3.1.4.- Almacenamiento de biocombustibles sólidos

No se ha seleccionado en la instalación ningún productor de calor que utilice biocombustible.

3.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.

3.2.1.- Alimentación

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

3.2.2.- Vaciado y purga

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

3.2.3.- Expansión y circuito cerrado

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

3.2.4.- Dilatación, golpe de ariete, filtración

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

3.2.5.- Conductos de aire

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

3.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

ÍNDICE

1.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE CALOR Y FRÍO DEL APARTADO 1.2.4.1 4

1.1.- Generalidades 15

1.2.- Cargas térmicas 15

1.2.1.- Cargas máximas simultáneas 15

1.2.2.- Cargas parciales y mínimas 15

2.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS REDES DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS DE CALOR Y FRÍO DEL APARTADO 1.2.4.2 5

2.1.- Aislamiento térmico en redes de tuberías 9

2.1.1.- Introducción 17

2.1.2.- Tuberías en contacto con el ambiente exterior 17

2.1.3.- Tuberías en contacto con el ambiente interior 27

2.1.4.- Pérdida de calor en tuberías 28

2.2.- Eficiencia energética de los motores eléctricos 11

2.3.- Redes de tuberías 19

3.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL CONTROL DE INSTALACIONES TÉRMICAS DEL APARTADO 1.2.4.3 6

3.1.- Generalidades 22

3.2.- Control de las condiciones termohigrométricas 22

3.3.- Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización 23

4.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DEL APARTADO 1.2.4.5 7

4.1.- Zonificación 29

5.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES DEL APARTADO 1.2.4.6 30

6.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE LIMITACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONAL DEL APARTADO 1.2.4.7 30

7.- LISTA DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA 30

1.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE CALOR Y FRÍO DEL APARTADO 1.2.4.1

1.1.- Generalidades

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

1.2.- Cargas térmicas

1.2.1.- Cargas máximas simultáneas

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

Refrigeración

Conjunto: RECINTO												
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica		
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Total (W)
RECINTO	PI	756.79	7448.27	8775.31	8451.21	9778.25	989.96	2436.24	5175.38	75.53	10887.45	14953.64
Total							**990.0**					
Carga total simultánea												**14953.6**

Calefacción

Conjunto: RECINTO						
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia	
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Total (W)
RECINTO	PI	5010.91	989.96	5804.17	54.62	10815.08
Total			**990.0**			
Carga total simultánea						**10815.1**

En el anexo aparece el cálculo de la carga térmica para cada uno de los recintos de la instalación.

1.2.2.- Cargas parciales y mínimas

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Refrigeración:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
RECINTO	9.44	10.07	11.37	12.79	14.26	14.52	0.00	0.00	14.95	13.25	10.95	9.72

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
RECINTO	10.82	10.82	10.82

2.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS REDES DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS DE CALOR Y FRÍO DEL APARTADO 1.2.4.2

2.1.- Aislamiento térmico en redes de tuberías

2.1.1.- Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.047 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

2.1.2.- Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de verano: 33.2 °C

Temperatura seca exterior de invierno: 3.1 °C

Velocidad del viento: 7.2 m/s

A continuación se describen las tuberías en el ambiente exterior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\lambda_{aisl.}$ (W/(m·K))	$e_{aisl.}$ (mm)	$L_{imp.}$ (m)	$L_{ret.}$ (m)	$\Phi_{m.ref.}$ (W/m)	$q_{ref.}$ (W)	$\Phi_{m.cal.}$ (W/m)	$q_{cal.}$ (W)
Tipo 1	1 1/2"	0.034	50	5.41	5.14	5.53	58.3	10.33	109.1
						Total	58	**Total**	109

Abreviaturas utilizadas			
Ø	*Diámetro nominal*	$\Phi_{m.ref.}$	*Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud*
$\lambda_{aisl.}$	*Conductividad del aislamiento*	$q_{ref.}$	*Pérdidas de calor para refrigeración*
$e_{aisl.}$	*Espesor del aislamiento*	$\Phi_{m.cal.}$	*Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud*
$L_{imp.}$	*Longitud de impulsión*	$q_{cal.}$	*Pérdidas de calor para calefacción*
$L_{ret.}$	*Longitud de retorno*		

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de acero negro, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, una mano de imprimación antioxidante, colocada superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 25 % al cálculo de la pérdida de calor.

2.1.3.- Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

2.1.4.- Pérdida de calor en tuberías

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de refrigeración (kW)	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	18.00	19.90
Total	18.00	19.90

Equipos	Referencia
Tipo 1	bomba de calor reversible, aire-agua, modelo IWM-95 "CIATESA", con circuito de recuperación de gases calientes para la producción de agua caliente, potencia frigorífica nominal de 18 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C; temperatura de salida del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 19,9 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 6°C; temperatura de salida del agua: 50°C, salto térmico: 5°C), con grupo hidráulico (vaso de expansión de 12 l, presión nominal disponible de 96 kPa) y depósito de inercia de 100 l, caudal de agua nominal de 3,1 m³/h, caudal de aire nominal de 8000 m³/h y potencia sonora de 83,6 dBA; con interruptor de caudal, filtro, termomanómetros, válvula de seguridad tarada a 4 bar y purgador automático de aire; incluso transporte hasta pie de obra sobre camión

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Refrigeración

Potencia de los equipos (kW)	q_{ref} (W)	Pérdida de calor (%)
18.00	58.3	0.3

Calefacción

Potencia de los equipos (kW)	q_{cal} (W)	Pérdida de calor (%)
19.90	109.1	0.5

Por tanto la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

2.2.- Eficiencia energética de los motores eléctricos

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

2.3.- Redes de tuberías

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

3.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL CONTROL DE INSTALACIONES TÉRMICAS DEL APARTADO 1.2.4.3

3.1.- Generalidades

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

3.2.- Control de las condiciones termohigrométricas

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
RECINTO	THM-C1

3.3.- Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

4.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA DEL APARTADO 1.2.4.5

4.1.- Zonificación

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

5.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES DEL APARTADO 1.2.4.6

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

6.- JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE LIMITACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONAL DEL APARTADO 1.2.4.7

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interaccionan de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

7.- LISTA DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Enfriadoras y bombas de calor

Equipos	Referencia
Tipo 1	bomba de calor reversible, aire-agua, modelo IWM-95 "CIATESA", con circuito de recuperación de gases calientes para la producción de agua caliente, potencia frigorífica nominal de 18 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C; temperatura de salida del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 19,9 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 6°C; temperatura de salida del agua: 50°C, salto térmico: 5°C), con grupo hidráulico (vaso de expansión de 12 l, presión nominal disponible de 96 kPa) y depósito de inercia de 100 l, caudal de agua nominal de 3,1 m³/h, caudal de aire nominal de 8000 m³/h y potencia sonora de 83,6 dBA; con interruptor de caudal, filtro, termomanómetros, válvula de seguridad tarada a 4 bar y purgador automático de aire; incluso transporte hasta pie de obra sobre camión

Sistema de expansión directa

Equipos	Referencia
Tipo 1	unidad exterior de aire acondicionado, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, con tecnología Inverter, gama doméstica (RAC), alimentación monofásica 230V/50Hz, modelo SCM 40 Z "MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES", potencia frigorífica nominal 4 kW (temperatura de bulbo seco 35°C, temperatura de bulbo húmedo 24°C), potencia calorífica nominal 5 kW (temperatura de bulbo seco 7°C, temperatura de bulbo húmedo 6°C), EER (calificación energética) 4,12 (clase A), COP (coeficiente energético) 4,35 (clase A), con compresor Inverter, de 640x850x290 mm, nivel sonoro 45 dBA y caudal de aire 2400 m³/h, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico KNX/EIB a través de un interface (no incluido en este precio)
Tipo 2	unidad interior de aire acondicionado, de cassette, de 600x600 mm, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, gama doméstica (RAC), alimentación monofásica 230V/50Hz, modelo STM 25 Z "MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES", potencia frigorífica nominal 2,5 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 3,4 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 248x570x570 mm con panel de 35x700x700 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 35 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 570 m³/h, con filtro, bomba de drenaje, control inalámbrico, control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico KNX/EIB a través de un interface (no incluido en este precio)

VIVIENDAS PARA ESTUDIANTES EN LA VEGA BAJA DE TOLEDO

JUAN MARTÍN GARCÍA

TRIBUNAL 8

ENTREGA PFC JUNIO 2018