

- en supuestos debidamente justificados, y el existente deberá integrarse en fachada con canales de protección registrables, de color similar a la fachada para minimizar su impacto visual.
- Siempre que sea técnicamente posible y cuando el coste de las adecuaciones sea menor del 20% del coste total de las intervenciones, las instalaciones aéreas, hasta que se substituyan por otras de enterradas, se dispondrán convenientemente en tramos horizontales a niveles del techo de planta baja. Los tramos verticales pasaran por los laterales de separación entre parcelas o edificios.
  - Las conducciones de telefonía o otras redes de uso individual no podrán pasar por la fachada principal que de a la calle y únicamente, si no hay ninguna otra alternativa, se dispondrán como se especifica para las conducciones de uso común.
  - En la planta baja se admite la colocación de tubos verticales por canalización de servicios, siempre que estén debidamente protegidos.
  - Las instalaciones se dispondrán de manera que, cumpliendo su función, se adopten medidas adecuadas para disminuir el impacto visual.
  - Las líneas de distribución entre las antenas parabólicas y las tomas de recepción, se podrán colocar adosadas en cubiertas, paredes interiores no vistas y patios de servicio interiores de los edificios, preferentemente en tubo rígido o con cable desnudo, de color neutro.

El proyecto de Fase 2 contempla la rehabilitación energética del “Palau de Vidre” de Lleida por lo que si se realizará una reforma parcial de las instalaciones ya existentes. En todo caso, y siempre intentando conservar aquellas instalaciones que no son de aplicación en el proyecto.

### 3- Justificación normas para los elementos complementarios al servicio de las edificaciones y espacios libres adscritos

Se trata de elementos complementarios que pueden formar parte de las edificaciones y de sus espacios libres privados o públicos adscritos, ya sean incorporados en su arquitectura inicial o bien añadidos posteriormente a su construcción. Para ambas situaciones se establecen distintas regulaciones.

No se admite ningún tipo de rótulo identificador o publicitario en las cubiertas de los edificios.

De los artículos 23 al 35 de dicha Ordenanza Municipal no son de aplicación en el proyecto de Fase 2 – Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU dado que son elementos que no aparecen en el proyecto.

#### Artículo 36 – Verjas de protección de obra

Constituyen verjas de protección de obra los elementos no permanentes destinados a la protección de las obras en construcción para evitar el acceso y los accidentes.

Las personas propietarias de las verjas de protección de obras y la empresa constructora que las utilice deben mantenerlas en un buen estado de seguridad, de conservación y ornamento público.

Las verjas de protección de obra deben ser homogéneas y opacas en toda su extensión, una altura mínima de 2.00 metros y de materiales y estructuras consistentes que permitan garantizar las condiciones de seguridad. Estas verjas no tendrán elementos punzantes, ni cortantes al abasto de los peatones, ni otra forma en su estructura que suponga un riesgo para la seguridad de las personas.

La verja no ocupará más de un 30% la anchura de la acera garantizando siempre un paso mínimo de 0,90 metros y que se pueda inscribir un círculo de 1,50 metros de diámetro cuando la configuración de la acera lo permita. Todo para no dificultar la accesibilidad de los peatones y sin que se creen barreras arquitectónicas.

En el caso que los elementos de alumbrado público, semáforos, columnas, cuadros o árboles queden dentro del ámbito de la obra se tomarán medidas para que los servicios de mantenimiento puedan acceder.

En el proyecto objeto de Fase 2, este apartado queda justificado en los planos de Seguridad y Salud, mostrando el trazado de la verja de protección de obra y teniendo en cuenta la vegetación de alrededor.



Financiado por la  
Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,  
Transformación y Resiliencia



#### 4- Justificación normas de protección de los elementos naturales, regulación de los entornos y elementos que configuran el paisaje del suelo urbano

En ningún caso el proyecto de Fase 2 – Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU pretende dañar la vegetación exterior adscrita al edificio del proyecto el Palau de Vidre.

Todas las intervenciones que se realizan en el proyecto de rehabilitación se contempla la conservación de toda la vegetación exterior. En ningún caso se plantarán especies no autóctonas o no tradicionales de la zona.



Financiado por la  
Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,  
Transformación y Resiliencia



Aprovat inicialment per Junta de Govern Local en sessió de data 8 de maig de 2024  
amb la modificació aprovada per Decret d'Alcaldia de data 16 de maig de 2024

En dono fe,

El Secretari General de l'Ajuntament de Lleida,

## ANEXO 2 – MEMORIA TÉCNICA DE ESTRUCTURA



Financiado por la  
Unión Europea

NextGenerationEU



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA



Plan de Recuperación,  
Transformación y Resiliencia

PRTR



# MEMORIA TÉCNICA DE ESTRUCTURA

## PROYECTO EJECUTIVO

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.

Lleida, 26 octubre de 2023

**AREN**  
CONSULTORS SLP

 **ACE**  
ASSOCIACIÓ DE CONSULTORS D'ESTRUCTURES  
Membre nº 123

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

<b>A. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL</b>	<b>4</b>
A.1. DATOS GENERALES	5
A.2. ESTRUCTURA	6
A.3. CIMENTACIÓN	12
<b>B. BASES DE CÁLCULO</b>	<b>13</b>
B.1. ESTADOS LÍMITE Y VARIABLES BÁSICAS	14
B.1.1. Estados Límite Últimos	14
B.1.2. Estados Límite de Servicio	14
B.2. COEFICIENTES PARCIALES. COMBINACIONES	17
B.2.1. Capacidad portante. Estados Límite Últimos	17
B.2.2. Aptitud al servicio. Estados Límite de Servicio	18
B.2.3. Valores de los coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	19
B.2.4. Valores de los coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )	19
<b>C. ACCIONES A CONSIDERAR</b>	<b>20</b>
C.1. ACCIONES PERMANENTES	21
C.1.1. Peso propio	21
C.1.2. Cargas permanentes	21
C.2. ACCIONES VARIABLES	22
C.2.1. Sobrecarga de uso	22
C.2.2. Acciones sobre barandillas y elementos divisorios	22
C.2.3. Acción del viento	23
C.2.4. Acciones térmicas y reológicas	23
C.2.5. Nieve	24
C.3. ACCIONES ACCIDENTALES	25
C.3.1. Sismo	25
C.3.2. Otras acciones accidentales	25
C.4. ESTADOS DE CARGAS	26
<b>D. ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>	<b>27</b>
D.1. MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA	28
D.1.1. Representación de elementos	28
D.1.2. Condiciones para la aplicación del método matricial	29
D.1.3. Método matricial	30
D.1.4. Análisis no lineal	31
<b>E. SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>32</b>
E.1. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	33
E.1.1. Materiales	33
E.1.2. Durabilidad	34
E.1.3. Bases de cálculo	38
E.1.4. Estados Límite Últimos	42
E.1.5. Estados Límite de Servicio	44
E.2. ESTRUCTURA DE ACERO	46
E.2.1. Materiales	46
E.2.2. Durabilidad	46

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

E.2.3. Bases de cálculo .....	46
E.2.4. Estados Límite Últimos .....	49
E.2.5. Estados Límite de Servicio.....	52
<b>F. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO .....</b>	<b>55</b>
<i>F.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO .....</i>	<i>56</i>
F.1.1. Bases de cálculo .....	56
<i>F.2. SISTEMAS ESTRUCTURALES.....</i>	<i>59</i>
F.2.1. Hormigón armado.....	59
F.2.2. Acero .....	62
<b>G. ANEJOS .....</b>	<b>63</b>
<i>G.1. COMBINACIONES DE CALCULO .....</i>	<i>64</i>
<i>G.2. COMPROVACIÓN PASSADORES FIJACIÓN FACHADA .....</i>	<i>65</i>
<i>G.3. COMPROBACIONES FORJADO SÓTANO (ZONA DE ACCESO) .....</i>	<i>67</i>
<i>G.4. COMPROBACIÓN ESCALERA.....</i>	<i>72</i>
<i>G.5. COMPROBACIÓN TORREÓN.....</i>	<i>76</i>
<i>G.6. COMPROBACIÓN ALTILLO SUSPENDIDO .....</i>	<i>80</i>
<i>G.7. CUBRICIÓN HUECOS EXISTENTES .....</i>	<i>83</i>
<i>G.8. COMPROBACIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE.....</i>	<i>86</i>
G.8.1. Estado de cargas:.....	86
G.8.2. Diagrama de axiles: .....	90
G.8.3. Diagrama de cortantes: .....	91
G.8.4. Diagrama de momentos flectores:.....	91
G.8.5. Gráfica deformada elástica:.....	92
G.8.6. Diagrama de tensiones:.....	94
G.8.7. Comprobación de secciones: .....	95

## **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### **A. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL**

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### A.1. DATOS GENERALES

No es objeto del presente Proyecto la validación de la estructura existente puesto que, como el propio Objeto de la adjudicación establece, se trata de LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL PALAU DE VIDRE, EN EL MARCO DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA FINANCIADOS POR LA UNIÓN EUROPEA. CON LOS FONDOS NEXT GENERATION.

Dicha Rehabilitación energética, no incluye un cambio de uso del edificio, por lo que no le corresponde contemplar actuaciones sobre la estructura existente ni sobre la su capacidad ignífuga.

No obstante, se aporta en la presente memoria, anexo de Cálculos (ver anexo G8) con las Especificaciones y Características que se han contemplado en Proyecto para la estructura existente bajo las hipótesis lógicas y los armados del proyecto original, para que en Ejecución de Obra se pueda realizar la catas y pruebas pertinentes para verificar que dichas especificaciones y armados del proyecto original sean las existentes.

La memoria Estructural y el apartado del DB SI deberá Justificar:

- Elementos Nuevos añadidos, tales como escaleras nuevas, forjado de acceso, macizado de agujeros existentes, desmontajes de viguetas, nuevo altillo, etc.)

La descripción detallada de la intervención se desarrolla en el siguiente punto A.2.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### A.2. ESTRUCTURA

#### **Estructura existente:**

El Palau de Vidre Tiene forma rectangular y unas dimensiones aproximadas en planta de 100x23,5m.

Dispone de planta sótano, planta primera y altillo y se articula por medio de tres bloques con junta de dilatación.

La estructura horizontal con forjado unidireccional se apoya en pórticos de hormigón armado separados unos 4 metros aproximadamente. Estos pórticos disponen de dos zonas voladas de unos 5 metros y un tramo central de 12 m aproximadamente. Todos los elementos (pilares y jácenas) son de sección variable.

La fachada del edificio es un muro cortina con montantes metálicos de 100x50x3 mm, apoyados directamente sobre la cimentación y fijados a los forjados superiores, permitiendo el movimiento vertical.

A continuación, se describen las intervenciones estructurales que se prevén en el proyecto de REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL PALAU DE VIDRE, EN EL MARCO DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA FINANCIADOS POR LA UNIÓN EUROPEA. CON LOS FONDOS NEXT GENERATION.

Cualquier modificación de las características del proyecto tendrá que ser consultada a la Dirección Facultativa, y aprobada por ésta.

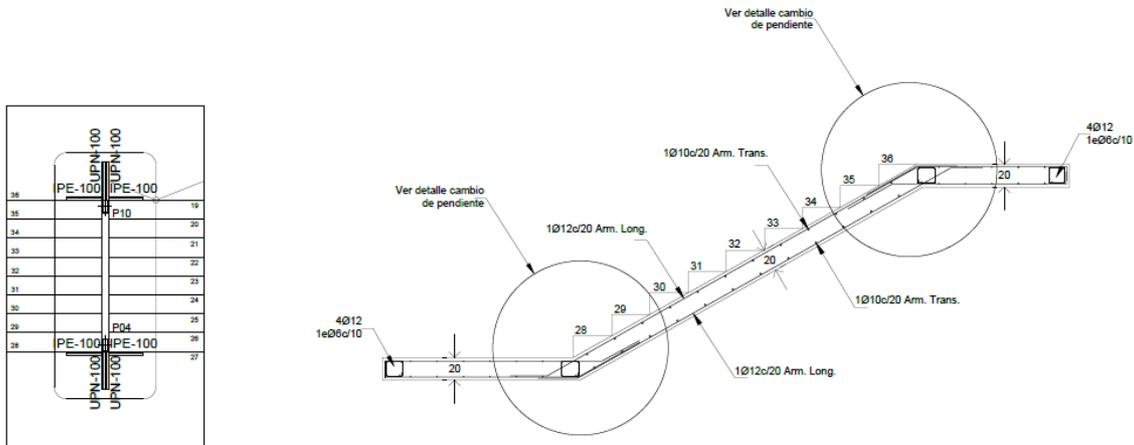
#### **- Intervención Escaleras (Escalera 1 y 2):**

La intervención estructural para las nuevas escaleras prevé el desmontaje de viguetas y entrevigado de forjado existente del Palau de Vidre.

Las nuevas escaleras, se resolverán mediante dos pilares metálicos situados en los dos rellanos de la escalera y una losa de hormigón armado de 20 cm de espesor para la formación de la propia escalera, con tramos inclinados y tramos de rellano respectivamente. La unión entre pilares y losa de escalera se resolverá con crucetas metálicas.

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023



No existirá la transmisión de cargas o la afectación de la nueva escalera a la estructura existente dado que los pilares apoyaran sobre unas nuevas zapatas de hormigón y no habrá contacto con la estructura existente.

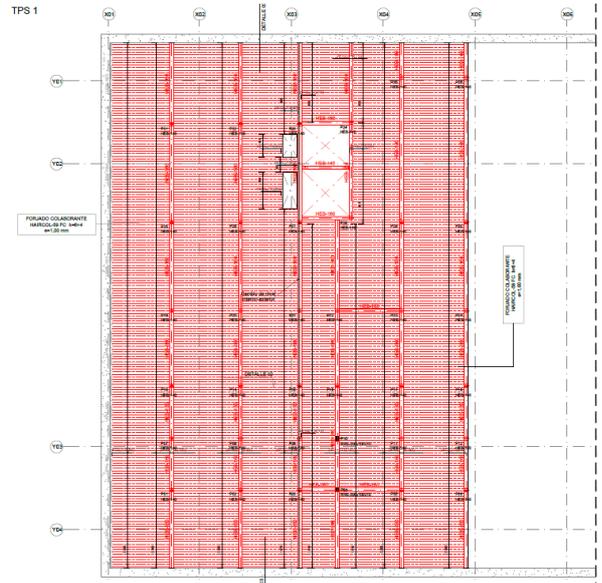
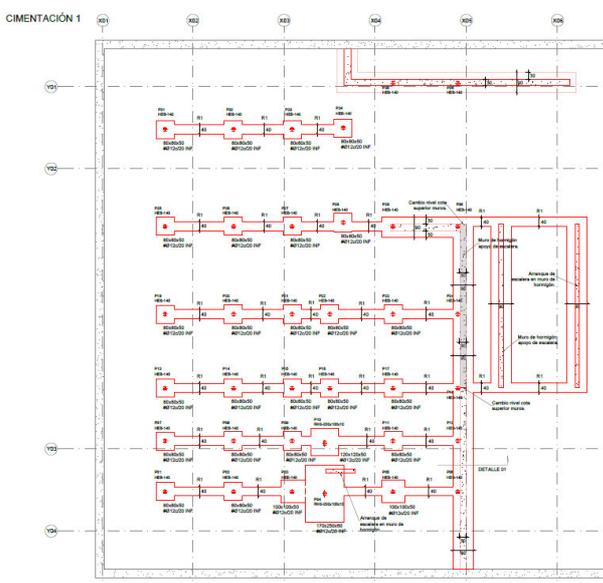
#### - Forjado de acceso y escalera.

El nuevo forjado de acceso se resuelve mediante pilares metálicos de la serie HEB y jácenas metálicas de la serie IPE. Estos pilares y jácenas formaran pórticos transversales para el apoyo del nuevo forjado de chapa colaborante HAIRCOL 59 FC de 1,00 mm, con un canto de losa de 6+4 cm. .

En el perímetro del forjado, este se apoyará a los muros de contención del edificio existente.

Los pilares dispondrán de unas zapatas aisladas con riostras entre sí.

En esta intervención se generará un espacio de sótano a una cota inferior del sótano actual. Para salvar dicha contención de tierras se plantea un muro de hormigón armado de 30 cm de espesor con una zapata corrida y arriostrada mediante las zapatas del resto de pilares.



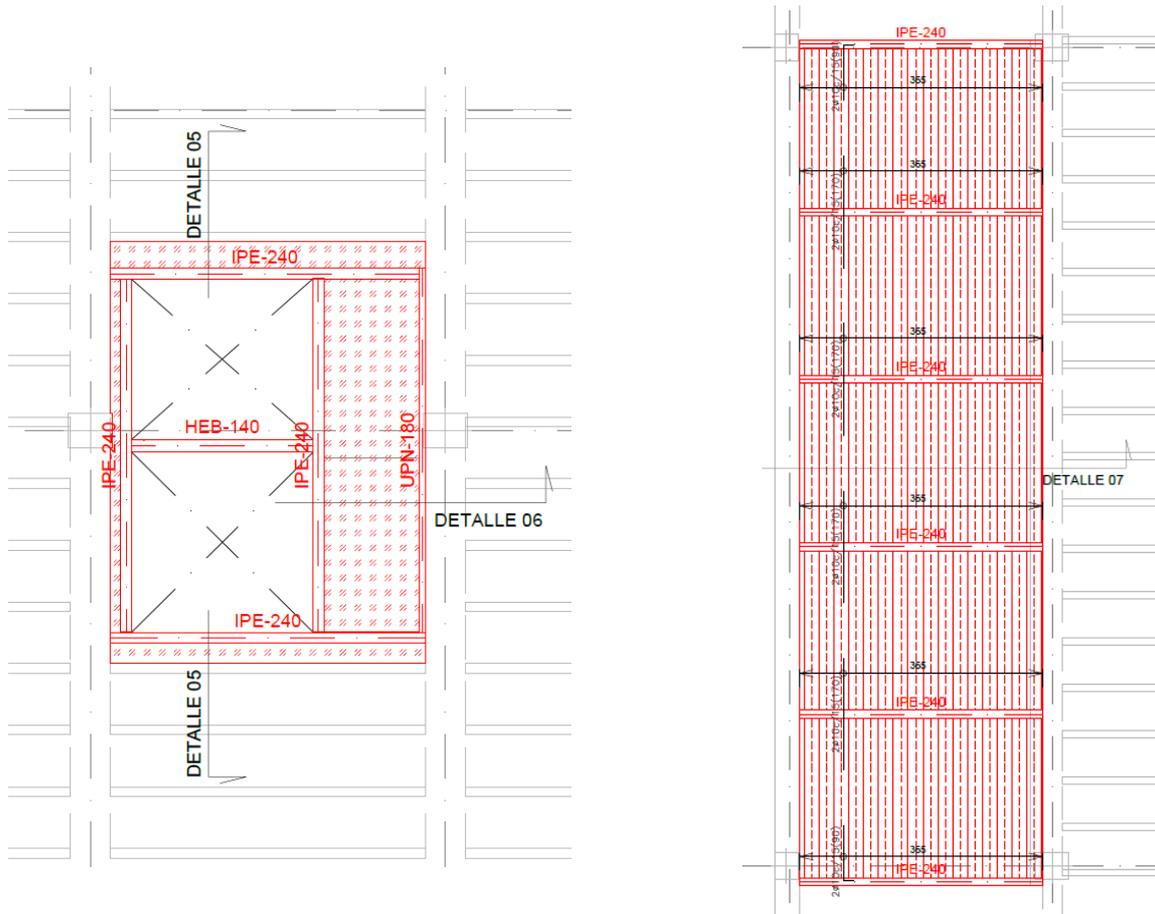
## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

Esta intervención también plantea la construcción de una escalera que una el espacio de acceso con el sótano existente. Esta escalera se resuelve mediante una losa de hormigón armado apoyada en muros de hormigón armado.

- **Macizado de huecos, formación ascensores, etc.**

Dadas las distancias entre los pórticos de hormigón existentes del Palau de Vidre, cualquier intervención de cubrimiento se puede resolver con la misma tipología de perfiles y de entrevigados.



En general, se plantea un perfil metálico IPE-240 como elemento de jácena que es capaz de cubrir la luz entre los dos pórticos existentes y un forjado de chapa colaborante de 6+4cm de sección o macizados de losa de hormigón armado entre perfiles. Las jácenas se anclarán a la estructura existente mediante placa de anclaje y tacos químicos.

La solución planteada es mas ligera que la existente en cuanto al peso propio se refiere, por lo tanto, en ningún caso supone una afectación en la estructura principal del Palau de Vidre.

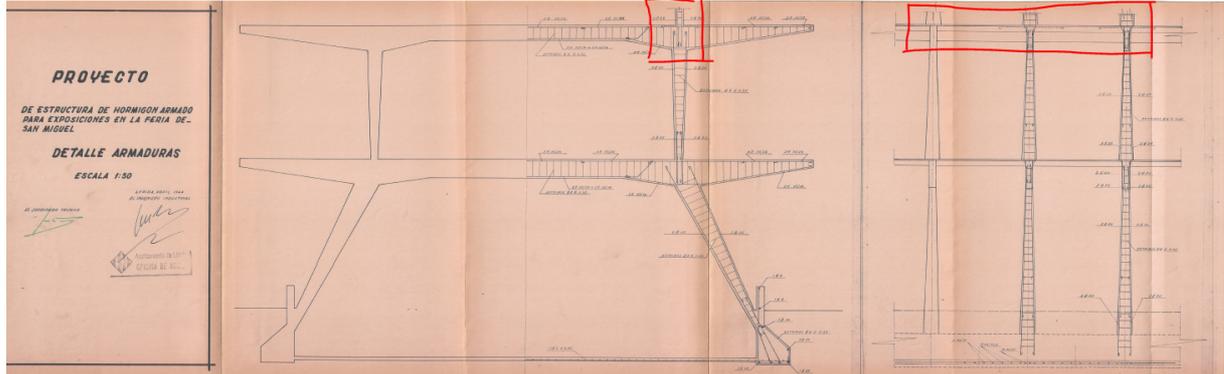
### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

#### - Nuevo altillo colgado.

Se proyecta un nuevo altillo colgado de los nudos de cruce entre los pilares i las jácenas de los pórticos de la estructura existente que se empleara como espacio para instalaciones del edificio.

Este altillo transmitirá la carga directamente sobre los pilares de la planta 1 y no verá afectada la sollicitación de las jácenas existentes, sin añadir nuevos momentos ni sollicitaciones, más allá del axil a los pilares que en origen se dimensionaron para una planta más, como se observa en el siguiente plano de la estructura original del proyecto:



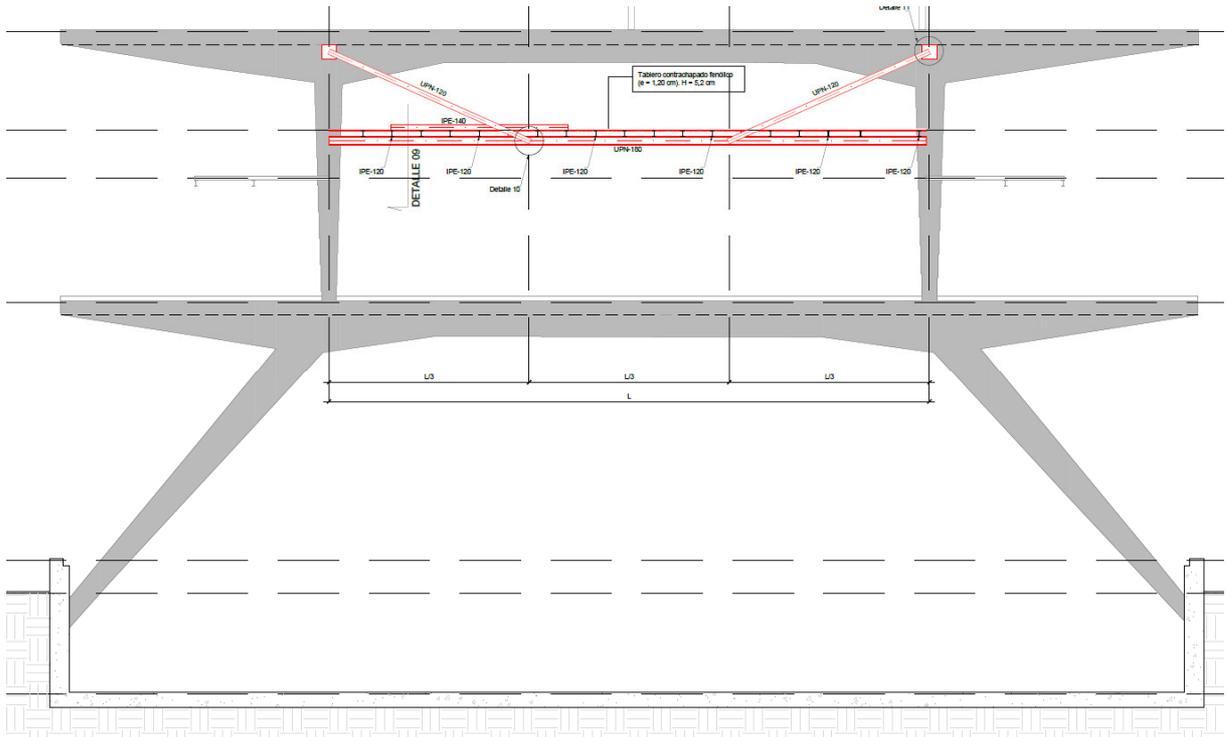
En el punto G.6 del anejo de resultados y comprobaciones se encuentran los datos justificativos al respecto.

El nuevo altillo se realizará con perfiles metálicos UPN-180 actuando como jácenas, las cuales se atirantarán mediante perfiles UPN-120 y viguetas IPE-120 que permitirán el apoyo del tablero contrachapado fenólico que actuara como tarima.

Los perfiles se anclarán a la estructura principal mediante placas de anclaje y conectores con resinas.

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023



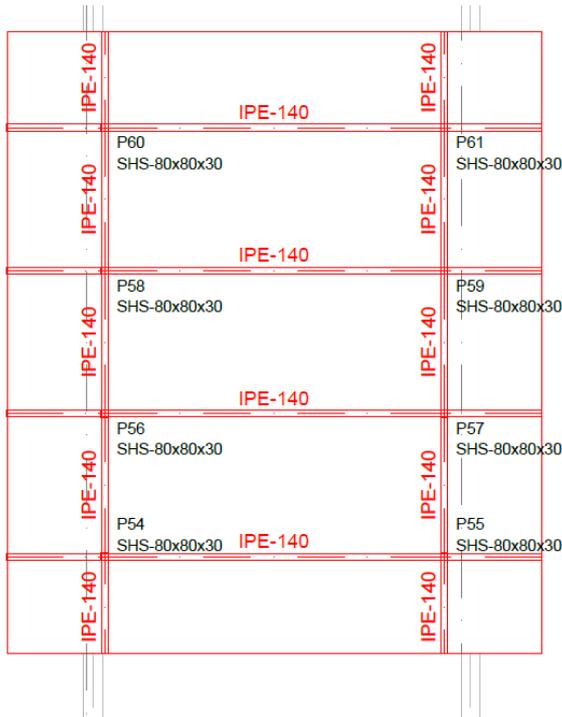
### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

#### - Torreón de escalera.

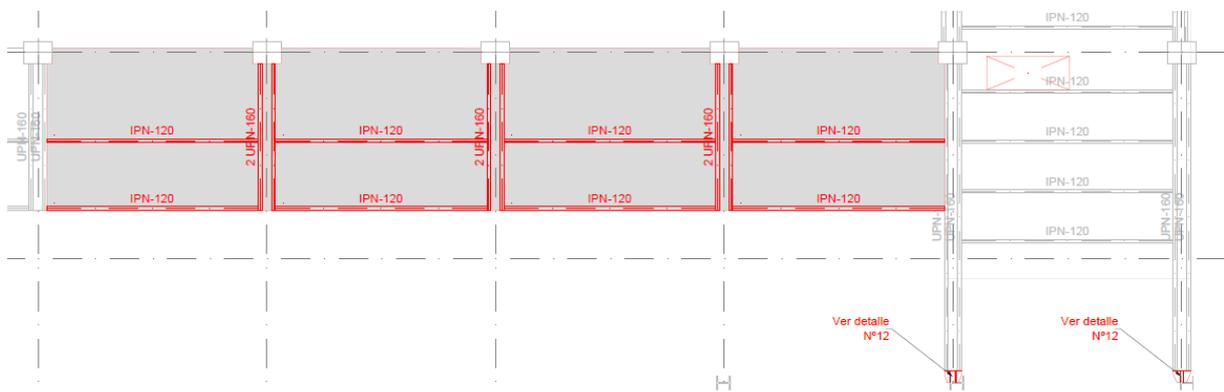
El nuevo torreón de escalera se resolverá con tubos estructurales de acero de 80x80x3 que actuaran como pilares anclados a los pórticos principales de la estructura existente.

La estructura horizontal se resolverá con perfiles IPE-140 que serán la base del apoyo de la nueva cubierta proyectada.



#### - Ampliación pasarela altillo existente.

Se plantea la ampliación de la pasarela del del altillo existente, repitiendo la solución planteada en el proyecto original. Que sólo actuará como bandeja de soporte de instalaciones, sin acceso, ni ocupación de personas.



### **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

#### **A.3. CIMENTACIÓN**

Como se ha descrito en el primer apartado de la presente memoria, nos encontramos con LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL PALAU DE VIDRE, EN EL MARCO DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA FINANCIADOS POR LA UNIÓN EUROPEA. CON LOS FONDOS NEXT GENERATION.

Dicha Rehabilitación energética, no incluye un cambio de uso del edificio, por lo que no le corresponde contemplar actuaciones sobre la estructura existente ni sobre la cimentación del mismo.

Para el dimensionado de las nuevas estructuras, exentas de afectación sobre la estructura existente, se ha considerado una tensión de 2 Kg/cm<sup>2</sup>, típica para un estrato de gravas previsible para la zona objeto del proyecto, no obstante, dada la inexistencia de Estudio Geotécnico, se deberá realizar el mismo y confirmar la capacidad prevista o recalcular los mismos a criterio de la dirección facultativa de la obra, para que respondan a la capacidad que defina el correspondiente estudio y confirmar que estos sean los adecuados.

Cualquier modificación de las características del proyecto tendrá que ser consultada a la Dirección Facultativa, y aprobada por ésta.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### B. BASES DE CÁLCULO

El Código Técnico de la Edificación, en su *Documento Básico DB-SE Bases de Cálculo* establece los principios y requisitos relativos a la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio proyectado, así como la aptitud al servicio, incluyendo su durabilidad. De acuerdo con el mismo, denominaremos capacidad portante a la aptitud del edificio para asegurar la estabilidad del conjunto y la resistencia necesarios, intrínsecamente relacionado con los Estados Límite Últimos. La aptitud al servicio, por su parte, es la que asegura el funcionamiento de la obra, el confort de los usuarios y la que mantiene el aspecto visual, y se relaciona con los Estado Límite de Servicio.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### B.1. ESTADOS LÍMITE Y VARIABLES BÁSICAS

#### B.1.1.Estados Límite Últimos

Se han considerado como Estados Límite Últimos los siguientes:

- Aquellos debidos a la pérdida del equilibrio del edificio.
- Los debidos al fallo por una deformación excesiva.
- Los debidos al fallo por transformación de la estructura o parte de ella en un mecanismo.
- Los debidos al fallo por rotura de los elementos estructurales o de sus uniones.
- Los debidos al fallo por inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los efectos del tiempo como la corrosión o la fatiga.

##### B.1.1.1. Estado Límite Último de Estabilidad

La verificación de que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio y de partes independientes del mismo, se ha llevado a cabo para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

Siendo:

$E_{d,dst}$  el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stb}$  el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

##### B.1.1.2. Estado Límite Último de Resistencia

Por otra parte se ha verificado que haya suficiente resistencia de la estructura portante, de los elementos estructurales, secciones, puntos o uniones entre elementos, para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la siguiente condición.

$$E_d \leq R_d$$

Siendo:

$E_d$  valor de cálculo del efecto de las acciones

$R_d$  valor de cálculo de la resistencia correspondiente

El valor de cálculo de la resistencia de una estructura, elemento, sección punto o unión entre elementos se obtiene de cálculos basados en sus características geométricas a partir de modelos de comportamiento del efecto analizado, y de la resistencia de cálculo,  $f_d$ , de los materiales implicados, que en general se expresa como cociente entre la resistencia característica,  $f_k$ , y el coeficiente de seguridad del material, cuyo valor se define para cada uno de los sistemas constructivos en su capítulo correspondiente (ver apartado E. *SISTEMA ESTRUCTURAL*)

#### B.1.2.Estados Límite de Servicio

Los Estados Límite de Servicio previstos han sido:

- Los relativos a las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afectan a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios o al funcionamiento de las instalaciones.
- Los daños o el deterioro que puedan afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

- Las vibraciones.

#### B.1.2.1. Flechas

Se considera que la flecha es la deformación de un elemento por efecto de las cargas que sustenta.

Se distinguen las siguientes:

- Flecha instantánea: La producida por la actuación de la carga total.
- Flecha diferida: La producida por los efectos de retracción y fluencia.
- Flecha total a plazo infinito: La suma de la instantánea y la diferida.
- Flecha activa: La flecha total a plazo infinito menos la existente en el momento en que se construye un elemento vinculado al elemento estructural (tabique, cerramiento, etc.).

Se ha admitido que la estructura horizontal de pisos o cubiertas es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, las flechas cumplen las limitaciones siguientes:

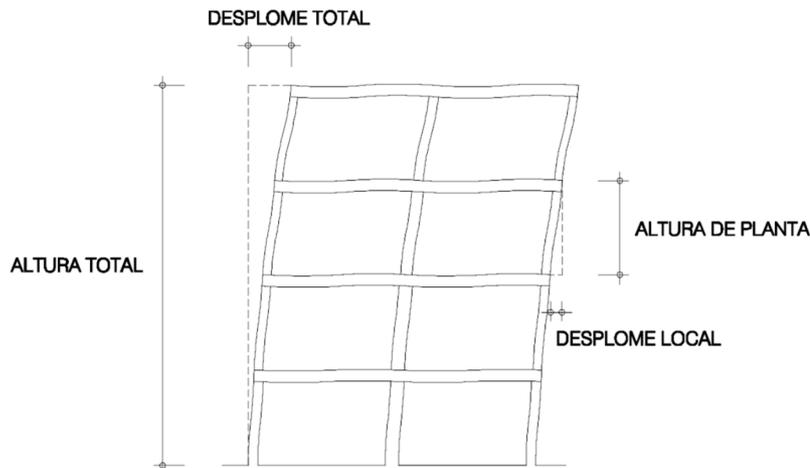
Flecha	Combinación de acciones	Tipo de acciones	Factor considerado	Valor límite	
Activa	Cualquiera característica	Sólo las aplicadas tras la puesta en servicio del elemento estructural	Integridad de los elementos constructivos	Tabiques frágiles	<b>1/500</b>
				Tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	<b>1/400</b>
				Tabiques flexibles	<b>1/300</b>
				Muros de carga	<b>1/1000</b>
				Fachadas ligeras sobre forjados	<b>1/300</b>
				Fachadas pesadas sobre forjados	<b>1/500</b>
				Fachadas ligeras o barandillas sobre voladizos	<b>1/200</b>
				Fachadas pesadas sobre voladizos	<b>1/300</b>
	Cualquiera característica	De corta duración	Confort de los usuarios	<b>1/350</b>	
	Cualquiera	Casi permanentes	Apariencia de la obra	<b>1/300</b>	
Total	Cualquiera	Cualquiera	-	<b>1/250</b>	

#### B.1.2.2. Desplazamientos horizontales

Se entienden como tales las deformaciones en el plano perpendicular a la dirección de las cargas. En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta.

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023



Se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez si cumple las limitaciones siguientes:

- Si se considera la integridad de los elementos constructivos, y ante cualquier combinación de acciones característica el desplome debe ser menor que:
  - Desplome total:  $1/500$  de la altura total del edificio
  - Desplome local:  $1/250$  de la altura de una planta cualquiera
- Si se considera la apariencia de la obra, y ante cualquier combinación de acciones casi permanente el desplome debe ser menor que:
  - Desplome relativo:  $1/250$

En general, es suficiente con que se cumplan estas condiciones en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta.

#### B.1.2.3. Vibraciones

El CTE establece que un edificio se comporta adecuadamente ante vibraciones debidas a acciones dinámicas, si la frecuencia de la acción dinámica (frecuencia de excitación) se aparta suficientemente de sus frecuencias propias.

En el cálculo de la frecuencia propia se han tenido en cuenta las posibles contribuciones de los cerramientos, separaciones, tabiquerías, revestimientos, solados y otros elementos constructivos, así como la influencia de la variación del módulo de elasticidad y, en el caso de los elementos de hormigón, la de la fisuración.

Las plantas de los pisos se han considerado suficientemente rígidas cuando su frecuencia propia es mayor de:

- 8 hertzios, en gimnasios y polideportivos;
- 7 hertzios en salas de fiesta y locales de pública concurrencia sin asientos fijos;
- 3,4 hertzios en locales de espectáculos con asientos fijos.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### B.2. COEFICIENTES PARCIALES. COMBINACIONES.

Para la verificación de los estados límites mediante coeficientes parciales, en lo que a determinación del efecto de las acciones y de la respuesta estructural se refiere, se han utilizado valores de cálculo de las variables de acuerdo al *DB SE Bases de Cálculo*. Dichos valores se han obtenido multiplicando o dividiendo el valor característico por el correspondiente coeficiente parcial.

Se entiende por valor característico de una acción a su principal valor representativo, que puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal o, en los casos en los que venga fijado por criterios estadísticos, un valor correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un tiempo de referencia, que tiene en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la acción. Estos valores vienen debidamente explicitados en la Normativa.

En cuanto a los valores característicos de la resistencia de los materiales, se refieren en general a valores estadísticos facilitados por los correspondientes Documentos Básicos.

Los valores de cálculo así considerados no tienen en cuenta la influencia de errores humanos groseros, que se evitarán por medio de una dirección de obra, utilización, inspección y mantenimiento adecuados.

#### B.2.1. Capacidad portante. Estados Límite Últimos

De acuerdo con el artículo 4.2.2 del *DB-SE-Seguridad Estructural*, el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondientes a **situaciones persistentes o transitorias** se determina combinándolas por medio de la expresión:

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

Cuando se trata de **acciones en situaciones extraordinarias** (incendio, impacto, etc.), se emplea la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

En los casos en los que la acción accidental sea una **acción sísmica**, todas las acciones variables concomitantes se han considerado con su valor casi permanente, de acuerdo con la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

$G_{k,j}$  es el valor característico de las acciones permanentes.

$G^*_{k,j}$  es el valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.

$P_k$  es el valor característico de la acción del pretelado.

$Q_{k,1}$  es el valor característico de la acción variable determinante.

$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$  es el valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.

$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$  es el valor representativo frecuente de la acción variable determinante.

$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$  son los valores casi permanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.

$A_k$  es el valor característico de la acción accidental.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

$A_{Ek}$  es el valor característico de la acción sísmica

### B.2.2. Aptitud al servicio. Estados Límite de Servicio

Según el artículo 4.3.2 del DB-SE Seguridad estructural, los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante una **combinación casi permanente**:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

En cuanto a las acciones de corta duración reversibles (es decir, cuyo efecto no implique la superación del límite elástico de los materiales que constituyen los elementos sometidos a las mismas), se determinan mediante una **combinación frecuente**:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Finalmente, las acciones de corta duración irreversibles (es decir, cuyo efecto implique la superación del límite elástico de los materiales que constituyen los elementos sometidos a las mismas) se determinan mediante una **combinación característica**:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G^*_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

$G_{k,j}$  es el valor característico de las acciones permanentes.

$G^*_{k,j}$  es el valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.

$P_k$  es el valor característico de la acción del pretelado.

$Q_{k,1}$  es el valor característico de la acción variable determinante.

$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$  es el valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.

$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$  es el valor representativo frecuente de la acción variable determinante.

$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$  son los valores casi permanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.

En el caso de la acción del pretelado, se debe considerar el efecto favorable o desfavorable de esta acción, según el Estado Límite que se estudie.

**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**B.2.3. Valores de los coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )**

Tipo de verificación	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		Desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente		
	-Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	-Empuje del terreno	1,35	0,70
	-Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		Desestabilizadora	Estabilizadora
	Permanente		
	-Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	-Empuje del terreno	1,35	0,80
	-Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

**B.2.4. Valores de los coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )**

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (categorías según <i>DB-SE-AE</i> )			
Zonas residenciales (cat. A)	0,7	0,5	0,3
Zonas administrativas (cat. B)	0,7	0,5	0,3
Zonas destinadas al público (cat. C)	0,7	0,7	0,6
Zonas comerciales (cat. D)	0,7	0,7	0,6
Zonas de tránsito y aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (cat. E)	0,7	0,7	0,6
Cubiertas transitables (cat. F)		(1)	
Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (cat. G)	0	0	0
Nieve			
Altitudes >1000 m	0,7	0,5	0,2
Altitudes <1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

<sup>1</sup> En cubiertas transitables se adoptan los valores correspondientes al uso desde el que se accede

### **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

## **C. ACCIONES A CONSIDERAR**

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### C.1. ACCIONES PERMANENTES

#### C.1.1. Peso propio

Losa maciza de hormigón armado:

-Peso propio losa canto 14:	3,50 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 16:	4,00 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 20:	5,00 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 22:	5,50 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 25:	6,25 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 30:	7,50 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 35:	8,75 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio losa canto 40:	10,00 kN/m <sup>2</sup>

Forjado Unidireccional:

-Peso propio forjado V/B 22+5/70:	2,64 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio forjado V/B 25+5/70:	2,81 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio forjado V/B 30+5/70:	3,14 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio forjado V/B 22+5/80:	3,62 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio forjado V/B 25+5/80:	3,86 kN/m <sup>2</sup>
-Peso propio forjado V/B 30+5/80:	4,50 kN/m <sup>2</sup>

#### C.1.2. Cargas permanentes

Solados:

-Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m:	0,50 kN/m <sup>2</sup>
-Madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m:	1,00 kN/m <sup>2</sup>
-Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m:	1,50 kN/m <sup>2</sup>

Cubiertas:

-Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros:	1,00 kN/m <sup>2</sup>
-Faldones de placas, teja o pizarra:	2,00 kN/m <sup>2</sup>
-Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros:	3,00 kN/m <sup>2</sup>
-Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava:	2,50 kN/m <sup>2</sup>

Tabiques, particiones y cerramientos (para una altura de unos 3,00m):

-Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m:	3,00 kN/m
-Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m:	5,00 kN/m
-Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m:	7,00 kN/m

Rellenos:

-Agua:	10,00 kN/m <sup>2</sup>
-Tierra:	20,00 kN/m <sup>2</sup>

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### C.2. ACCIONES VARIABLES

#### C.2.1. Sobrecarga de uso

##### C.2.1.1. Cargas uniformes

En la tabla siguiente se representan los valores empleados para las sobrecargas de uso extraídas de la *tabla 3.1 del DB-SE-AE*.

#### Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

#### C.2.2. Acciones sobre barandillas y elementos divisorios

Siguiendo las indicaciones del *DB-SE-Acciones en la edificación*, se han adoptado los siguientes valores para las cargas aplicadas en los perímetros de los elementos de barandillas, petos, etc.

#### Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios

Categoría de uso	Fuerza horizontal [kN/m]
C5	3,0
C3, C4, E, F	1,6

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Resto de los casos	0,8
--------------------	-----

### C.2.3. Acción del viento

Se admite que el viento, en general, actúa horizontalmente y en cualquier dirección. En cada caso de considera la dirección o direcciones que producen las acciones más desfavorables.

Las estructuras se estudian ordinariamente bajo la acción del viento en la dirección de sus ejes principales y en ambos sentidos. En casos especiales, por ejemplo, en estructuras reticulares abiertas, construcciones con caras dentadas o con estructuras oblicuas en las fachadas, se estudian además las acciones en las direcciones sesgadas que sean más desfavorables.

A continuación se expresa la carga de viento en  $\text{kN/m}^2$  según la formulación indicada en el *DB-SE-Acciones en la Edificación*:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Los valores empleados para el cálculo eólico han sido los siguientes:

- Velocidad prevista del viento:  $v = 29 \text{ m/s}$
- Presión dinámica del viento:  $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$
- Coeficiente de exposición:  $C_e = 1,9$

#### Palau de Vidre

- Altura del edificio sobre rasante: 12.00 m
- Ancho de banda  
Y= 23,80 m  
X= 100,57 m
- Esbeltez: Viento dirección X  $h/Y=0.50$   
Viento dirección Y  $h/X=0.12$
- Coeficiente eólico: Viento dirección X presión  $C_p = 0.70$   
succión  $C_s = -0.32$   
Viento dirección Y presión  $C_p = 0.70$   
succión  $C_s = -0.40$

Por tanto, los valores de cálculo de carga de viento en  $\text{kN/m}^2$  son los siguientes:

	$q_e$ presión X	$q_e$ succión X	$q_e$ presión Y	$q_e$ succión Y
PALAU VIDRE	1.12	-0.48	1.13	-0.64

### C.2.4. Acciones térmicas y reológicas

Las acciones térmicas y reológicas en la intervención estructural que considera el proyecto de Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU, no se han considerado su efecto al ser la dimensión máxima en planta menor de 40 m.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### C.2.5.Nieve

El valor de la carga de nieve por unidad de superficie horizontal se ha determinado de acuerdo al artículo 3.5.1 del DB-SE-AE, que facilita la siguiente expresión:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde:

- $q_n$  es el valor de la carga de nieve en proyección horizontal

- $\mu$  es el coeficiente de forma.

-Faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas sin impedimento al deslizamiento de la nieve e inclinación inferior a 30°

$$\mu = 1$$

- $s_k$  es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según el artículo 3.5.2 del DB-SE-AE.

-Capital de provincia: Lleida (altitud 0 m)

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

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### C.3. ACCIONES ACCIDENTALES

#### C.3.1.Sismo

La *Norma Sismorresistente (NCSE-02)* es de aplicación en el proyecto, construcción, reforma y conservación de las edificaciones del territorio nacional, sea cual sea la clase y destino del mismo, según lo indicado en el *DB-SE Acciones en la edificación*.

No obstante, quedan exentas de la consideración de la acción sísmica todas aquellas edificaciones indicadas en el apartado *1.2.3 Criterios de aplicación de la norma*, recogido en el Capítulo 1 de dicha norma.

En lo referente a las estructuras especiales, se han tenido en cuenta como mínimo las prescripciones sísmicas de tipo general contenidas en la Norma y las específicas que sean necesarias para el correcto planteamiento del problema sismorresistente. Los Organismos competentes llevarán a cabo el estudio y publicación de las reglamentaciones específicas.

Según la Norma NCSE-02 "Norma básica de construcción sismorresistente: Parte general y edificación", los valores adoptados en el proyecto son:

- Situación obra:	Lleida
- Aceleración sísmica básica:	$a_b < 0,04g$
- Coeficiente de contribución:	$K = 1,0$
- Tipo de terreno:	II
- Coeficiente amplificación del terreno:	$S = 1,30$
- Aceleración sísmica de cálculo:	$a_c = 0,04g$
- Importancia del edificio:	Normal
- Número de plantas sobre rasante:	2
- Tipología estructural:	Pórticos de hormigón con unidireccionales
- Ductilidad adoptada:	Baja

Dado que el edificio objeto del proyecto es de importancia normal y su aceleración sísmica básica es inferior a  $0,04g$ , no es de obligatoria aplicación la normativa sismorresistente (Art. 1.2.3 de la NCSE-02). En base a esto se ha optado por no considerar la acción sísmica.

#### C.3.2.Otras acciones accidentales

Los impactos intencionados no están contemplados en el dimensionado de los elementos de este proyecto.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### C.4. ESTADOS DE CARGAS

ESTADO DE CARGAS		
Tipología		Úso: VESTIBULO CATEGORIA C3
TPS	Peso propio	1.73 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes	2.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de úso	5.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de nieve	0.00 KN/m <sup>2</sup>
	TOTAL	8.73 KN/m <sup>2</sup>
Tipología		Úso: PÚBLICO CATEGORIA C1
TPB	Peso propio	1.73/2.90 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes	2.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de úso	3.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de nieve	0.00 KN/m <sup>2</sup>
	TOTAL	6.73/7.90 KN/m <sup>2</sup>
Tipología		Úso: (SIN USO) INSTALACIONES
ALTILLO	Peso propio	0.50 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes	0.50 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de úso	1.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de nieve	0.00 KN/m <sup>2</sup>
	TOTAL	2.00 KN/m <sup>2</sup>
Tipología		Úso: CUBIERTA CATEGORIA G1
TP1	Peso propio	1.73 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes	2.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de úso	1.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de nieve	1.00 KN/m <sup>2</sup>
	TOTAL	5.73 KN/m <sup>2</sup>
Tipología		Úso: CUBIERTA CATEGORIA G1
TORREÓN	Peso propio	0.50 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes	0.25 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de úso	0.40 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de nieve	0.50 KN/m <sup>2</sup>
	TOTAL	2.15 KN/m <sup>2</sup>

ESTADO DE CARGAS - ESTRUCTURA EXISTENTE		
General		Úso: PÚBLICO CATEGORIA C1
TPB	Peso propio	3.21 KN/m <sup>2</sup>
	Cargas permanentes	2.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de úso	3.00 KN/m <sup>2</sup>
	Sobre carga de nieve	0.00 KN/m <sup>2</sup>
	TOTAL	8.21 KN/m <sup>2</sup>

**Nota:** El sumatorio de cargas es indicativo de un orden, pero no es representativo del cálculo ni de las combinaciones ni de las concomitancias ni de las alternancias.

## **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### **D. ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### D.1. MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

#### D.1.1. Representación de elementos

##### D.1.1.1. Nudos

Las **uniones de las barras** en los nudos pueden ser de diferentes tipos:

- *Uniones rígidas*, en las que las barras transmiten giros y desplazamientos a los nudos.
- *Uniones articuladas*, en las que las barras transmiten desplazamientos a los nudos pero no giros.
- *Uniones elásticas*, en las que se define un porcentaje a los tres giros, en ejes principales de barra.

Las **condiciones de sustentación** impuestas a los nudos de la estructura en contacto con la cimentación, condiciones de sustentación, permiten limitar el giro y/o desplazamiento en los ejes generales. Según las distintas combinaciones de los seis posibles grados de libertad por nudo, se pueden definir diferentes casos:

- *Nudos libres*: desplazamientos y giros permitidos en los tres ejes de coordenadas.
- *Nudos articulados*: sin desplazamientos, con giros permitidos en los tres ejes.
- *Nudos empotrados*: desplazamientos y giros impedidos. Empotramiento perfecto.
- *Apoyos verticales*: desplazamientos permitidos respecto a los ejes Xg y Zg, y giros permitidos en los tres ejes.
- *Apoyos horizontales en X*: desplazamientos permitidos respecto a los ejes Yg y Zg, y giros permitidos en los tres ejes.
- *Apoyos horizontales en Z*: desplazamientos permitidos respecto a los ejes Xg e Yg, y giros permitidos en los tres ejes.
- *Resortes o apoyos elásticos*: desplazamientos respecto a los ejes Xg/Yg/Zg definidos por las constantes de rigidez Kdx/Kdy/Kdz, giros respecto a dichos ejes definidos por las constantes de rigidez Kgx/Kgy/Kgz.

##### D.1.1.2. Pilares y vigas

Para cada uno de los elementos lineales se han definido sus características geométricas y mecánicas con las cuales se ha implementado la matriz de rigidez.

##### D.1.1.3. Losas macizas y forjados reticulares

Los forjados reticulares y las losas de forjado se modelizan como un conjunto de barras de sección constante en dos direcciones ortogonales entre sí. Dichas barras, junto con las del resto de la estructura conforman la matriz de rigidez de la misma. El cálculo de solicitaciones se ha realizado mediante el método matricial espacial de la rigidez, suponiendo una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones, y presentando cada nudo seis grados de libertad. No se utilizan, por tanto, simplificaciones del tipo 'pórticos virtuales' o 'líneas de rotura'.

Las características del material (módulo de Young, de Poisson y coeficiente de dilatación térmica) son propias para los forjados reticulares y losas de forjado.

##### D.1.1.4. Muros resistentes

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Los muros resistentes se modelizan como elementos finitos tridimensionales de cuatro vértices.

Para ello se utiliza un elemento finito isoparamétrico cuadrilátero de 4 nodos. Cada nodo posee cinco grados de libertad ( $u$ ,  $v$ ,  $w$ ,  $\theta_x$  y  $\theta_y$ ), siendo los 2 primeros de tensión plana y los 3 siguientes de flexión de placa. La matriz de rigidez elemental tiene, en coordenadas naturales,  $4 \cdot 5 = 20$  filas y 20 columnas, no existiendo términos que relacionen los grados de libertad de tensión plana con los de flexión de placa. Por tanto, el elemento utilizado procede del ensamblaje de un elemento cuadrilátero de cuatro nodos de tensión plana con otro también cuadrilátero de cuatro nodos de flexión de placa. Concretamente, para la flexión se ha utilizado el elemento cuadrilátero de cuatro nodos con deformaciones de cortante lineales CLLL (placa gruesa de Reissner-Mindlin basada en campos de deformaciones de cortante transversal impuestas).

### D.1.2. Condiciones para la aplicación del método matricial

Para la validez de este método, las estructuras a calcular han de cumplir o se ha de suponer el cumplimiento de los siguientes principios:

#### D.1.2.1. Teoría de las pequeñas deformaciones.

Se supone que la geometría de una estructura no cambia apreciablemente bajo la aplicación de las cargas. Este principio es en general válido, excepto en los casos en los que la deformación es excesiva (puentes colgantes, arcos esbeltos, etc.). Implica además, que se menosprecian los esfuerzos producidos por los desplazamientos de las cargas originados al desplazarse la estructura. Este mismo principio establece que se menosprecien los cambios de longitud entre los extremos de una barra debidos a la curvatura de la misma o a desplazamientos producidos en una dirección ortogonal a su directriz.

#### D.1.2.2. Linealidad.

Este principio supone que la relación tensión-deformación, y por tanto, la relación carga deflexión, es constante. Esto es generalmente válido en los materiales elásticos, pero hay que garantizar que el material no llega al punto de fluencia en ninguna de sus secciones.

#### D.1.2.3. Superposición.

Este principio establece que la secuencia de aplicación de las cargas no altera los resultados finales. Como consecuencia de este principio, es válido el uso de las "fuerzas equivalentes en los nudos" calculadas a partir de las cargas existentes en las barras; esto es, para el cálculo de los desplazamientos y giros de los nudos se sustituyen las cargas existentes en las barras por sus cargas equivalentes aplicadas a los nudos.

#### D.1.2.4. Equilibrio.

La condición de equilibrio estático establece que la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre la estructura, más las reacciones, será igual a cero. Así mismo, han de estar en equilibrio todos los nudos y todas las barras de la estructura, con lo que la suma de fuerzas y momentos internos y externos en todos los nudos de la estructura ha de ser igual a cero.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

### D.1.2.5. Compatibilidad.

Este principio supone que la deformación y consecuentemente el desplazamiento de cualquier punto de la estructura es continuo y tiene un solo valor.

### D.1.2.6. Condiciones de contorno.

Para poder calcular una estructura, se han de imponer una serie de condiciones de contorno. Se pueden definir en cualquier nudo restricciones absolutas (soportes y apoyos) o relativas (resortes) al desplazamiento y al giro en los tres ejes generales de la estructura, así como desplazamientos impuestos (asentamientos).

### D.1.2.7. Unicidad de las soluciones.

Para un conjunto dado de cargas externas, tanto la forma deformada de la estructura y las fuerzas internas así como las reacciones tienen un valor único.

## D.1.3. Método matricial

El cálculo de las solicitaciones en las barras se ha realizado mediante el método matricial espacial de la rigidez, suponiendo una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones en las barras y considerando los seis grados de libertad posibles de cada nudo.

A título indicativo, se muestra a continuación la matriz de rigidez de una barra bidimensional, donde se pueden observar las características de las secciones que han sido utilizadas para el cálculo de esfuerzos.

$$\begin{array}{cccccc} \frac{E \cdot A_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \\ 0 & 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_y}{L^3} & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{G \cdot I_x}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_y}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_z}{L} \end{array}$$

$E$  es el módulo de deformación longitudinal y  $G$  es el módulo de deformación transversal calculado en función del coeficiente de Poisson y de  $E$ .

Cuando en una estructura se definen vigas, pilares, diagonales, forjados y muros resistentes, el método de cálculo de esfuerzos consiste en formar un sistema de ecuaciones lineales que relacionan los grados de libertad que se desean obtener, los desplazamientos y giros de los nudos y de los nodos, con las acciones exteriores, las cargas, y las condiciones de borde, soportes y empotramiento.

De forma matricial, se trata de la ecuación:

$$[K] \cdot \{D\} = \{F\}$$

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

donde  $\{K\}$  es la matriz de rigidez de la estructura,  $\{D\}$  es el vector de desplazamientos y giros de los nudos y nodos, y  $\{F\}$  es el vector de fuerzas exteriores. Una vez resuelto el sistema de ecuaciones, y por tanto, obtenidos los desplazamientos y giros de los nudos y nodos de la estructura, es posible obtener los esfuerzos (en el caso de las vigas, pilares, diagonales y nervios de los forjados y losas) y las tensiones (en el caso de los muros resistentes) de toda la estructura.

Para obtener el sistema  $\{K\} \cdot \{D\} = \{F\}$ , se opera de igual forma que con una estructura formada exclusivamente por nudos y barras: cada parte de la estructura (barra, trozo de nervio o elemento finito) posee una matriz de rigidez elemental,  $[K]^e$ , que después de transformarla al sistema de ejes generales de la estructura, se puede sumar o ensamblar en la matriz general de la estructura. La única diferencia entre las barras y los elementos finitos es la dimensión y significado de cada fila o columna sus matrices de rigidez elementales. Se puede deducir, por tanto, que el método matricial espacial de cálculo de estructuras de barras es un caso particular del método de los elementos finitos, en el que el elemento finito es una barra.

### D.1.4. Análisis no lineal

El comportamiento no lineal de la estructura puede ser debido a la presencia de un elemento no lineal específico en la estructura (no linealidad geométrica o debida a la material), o bien a una relación no lineal entre las cargas y la deformación para la estructura entera (no linealidad geométrica).

La no linealidad geométrica es causada por la adopción de la teoría no lineal aplicada al crear el sistema de ecuaciones de equilibrio y al modo de solucionarlo (consideración de los efectos de segundo orden). Puede ser debida a dos tipos de efectos:

- Modificación de la rigidez del elemento bajo la influencia del estado de tensiones en el elemento
- Efecto P-Delta.

Para la solución de las ecuaciones no lineales se admite que las rotaciones son pequeñas para que sea posible reemplazar las tangentes y los cosenos de los ángulos por los valores de los ángulos.

Se plantean dos métodos de solución del sistema de ecuaciones no lineales:

- Método de iteración directa
- Método incremental.

En el método de iteración directa, el vector término independiente del sistema de ecuaciones (vector de la carga) es aplicado sólo una vez, de esta forma se aplica toda la carga en un solo paso.

En el método incremental, el vector del lado derecho del sistema de ecuaciones (vector de carga) es dividido en  $n$  partes iguales llamados incrementos. Cada incremento de carga sucesivo es aplicado a la estructura en el momento en el que el estado del equilibrio ha sido alcanzado por el incremento precedente. La norma para las fuerzas no equilibradas es dada para cada paso, lo que permite seguir el comportamiento de la relación fuerza -desplazamiento para la estructura.

El programa empleado verifica automáticamente la convergencia del proceso. La iteración es detenida en el momento en el que se alcanza el estado de equilibrio. Esto puede ocurrir cuando los incrementos de los desplazamientos  $dU_n$  y las fuerzas no equilibradas  $dF_n$  son iguales a cero (es decir, son inferiores a la tolerancia definida para las dos magnitudes). La iteración es detenida también cuando se produce la convergencia. La no convergencia del problema puede ser interpretada como un efecto numérico debido a la sobrecarga de la estructura. También la no convergencia puede ser debida a la inestabilidad del proceso numérico (pe en el caso en el que la carga aplicada será dividida en un número muy pequeño de incrementos). En este caso el número de incrementos de carga puede ser aumentado en el programa, lo que normalmente permite obtener la convergencia del método. Es posible lograrlo modificando (reduciendo) los parámetros de la de la longitud de paso.

## **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### **E. SISTEMA ESTRUCTURAL**

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### E.1. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

#### E.1.1. Materiales

##### E.1.1.1. Hormigón

Las siguientes dosificaciones propuestas son de carácter indicativo. La constructora puede presentar dosificaciones alternativas que la Dirección Facultativa deberá aceptar, siempre y cuando cumplan las relaciones de agua/cemento máximas y las cuantías de cemento mínimas y máximas indicadas para cada tipo de exposición en el *Código Estructural*. El uso de aditivos y/o adiciones no se permitirá sin la aceptación previa de la Dirección Facultativa.

##### HA-25/B/20/XC2.

Para **zapatas, riostras y muros** se ha empleado la siguiente tipificación, de acuerdo con el Código Estructural y con la *norma RC-16 "Instrucción para la Recepción de Cementos"*.

Esto exige determinar las siguientes especificaciones:

- Resistencia característica, a los 7 días: 17,5 N/mm<sup>2</sup>
- Resistencia característica, a los 28 días: 25,0 N/mm<sup>2</sup>
- Cemento: CEM I 42,5
- Áridos: Triturado, tamaño máximo 20mm
- Aditivos: No se admiten sin autorización explícita de la Dirección Facultativa
- Consistencia: Blanda
- Asentamiento en cono de Abrams: 5 – 9cm
- Ensayo sistemático del Cono de Abrams, Tolerancia  $\pm 1$ cm
- Compactación: Por vibrado normal
- Control de hormigón: Normal
- Número de series de probetas por ensayo: Una serie
- Número de probetas por serie: Seis unidades
- Frecuencia de ensayos: Según plano de control y calidad
- Tipo de probetas: Cilíndricas, de  $\varnothing=15$ cm, h=30cm
- Edad de rotura: 2 Uds. a 7 días / 2 Uds. a 28 días / 2 Uds. a reserva

##### HA-25/F/20/XC1.

Para **forjados colaborantes y macizados** se ha empleado la siguiente tipificación, de acuerdo con el Código Estructural y con la *norma RC-16 "Instrucción para la Recepción de Cementos"*.

Esto exige determinar las siguientes especificaciones:

- Resistencia característica, a los 7 días: 17,5N/mm<sup>2</sup>
- Resistencia característica, a los 28 días: 25,0N/mm<sup>2</sup>
- Cemento: CEM I 42,5
- Áridos: Triturado, tamaño máximo 20mm
- Aditivos: No se admiten sin autorización explícita de la Dirección Facultativa

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

- Consistencia: Blanda
- Asentamiento en cono de Abrams: 10 – 15cm
- Ensayo sistemático del Cono de Abrams, Tolerancia  $\pm 1$  cm
- Compactación: Por vibrado normal
- Control de hormigón: Normal
- Número de series de probetas por ensayo: Una serie
- Número de probetas por serie: Seis unidades
- Frecuencia de ensayos: Según plano de control y calidad
- Tipo de probetas: Cilíndricas, de  $\varnothing=15$ cm.,  $h=30$ cm
- Edad de rotura: 2 Uds. a 7 días / 2 Uds. a 28 días / 2 Uds. a reserva

### E.1.1.2. Acero pasivo

- Límite elástico: 500 N/mm<sup>2</sup>
- Tipo de acero: B 500 S
- Control acero: Normal

### E.1.2. Durabilidad

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

La vida útil considerada para el edificio es de 50 años.

#### Vida útil de las estructuras (Código Estructural Anejo 18 – Bases de cálculo. Tabla 2.1)

Categoría de vida útil	Vida útil nominal (años)	Ejemplos
1	10	Estructuras temporales <sup>(1)</sup>
2	10 a 25	Partes reemplazables de la estructura, por ejemplo vigas carril, aparatos de apoyo
3	15 a 30	Estructuras agrícolas y similares
4	50	Estructuras de edificación y otras estructuras comunes
5	100	Estructuras de edificios monumentales, puentes y otras estructuras de ingeniería civil

(1) Las estructuras o partes de estructuras que pueden desmontarse con vistas a ser reutilizadas no deben considerarse como temporales.

La elección de los parámetros determinados en el apartado anterior E.1.1 ESTRUCTURA garantiza el cumplimiento de las prescripciones de la norma en lo relativo a dosificaciones. No obstante, hay que tener en cuenta otros aspectos, que se indican a continuación:

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### E.1.2.1. Recubrimientos

El recubrimiento del hormigón es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana.

En el caso de las armaduras pasivas o armaduras activas pretensas, se han previsto los siguientes recubrimientos:

- Cuando se trata de armaduras principales, el recubrimiento deberá ser igual o superior al diámetro de dicha barra (o diámetro equivalente si se trata de un grupo de barras) y a 0,80 veces el tamaño máximo del árido, salvo que la disposición de armaduras respecto a los paramentos dificulte el paso del hormigón, en cuyo caso se tomará 1,25 veces el tamaño máximo del árido.
- Para cualquier clase de armaduras pasivas (incluso estribos) o armaduras activas pretensas, el recubrimiento no será, en ningún punto, inferior a los valores mínimos recogidos en la tabla adjunta en función de la clase de exposición ambiental. Para garantizar estos valores mínimos, se prescribirá en el proyecto un valor nominal del recubrimiento  $r_{nom}$ , tal que:

$$r_{nom} = r_{mín} + \Delta r$$

Donde:

$r_{nom}$  es el recubrimiento nominal, que servirá para definir los separadores.

$r_{mín}$  es el recubrimiento mínimo

$r$  es el margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución.

El recubrimiento mínimo es el valor a garantizar en cualquier punto del elemento; su valor se recoge en la tabla adjunta. El margen de recubrimiento es función del nivel de control de ejecución, y su valor es:

-  $r_{mín}=0$  mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución.

-  $r_{mín}=5$  mm en el caso de elementos *in situ* con nivel intenso de control de ejecución.

-  $r_{mín}=10$  mm en el resto de los casos.

#### Recubrimientos mínimos para las clases de exposición relacionadas con la corrosión por carbonatación (Código Estructural Tabla 44.2.1.1.a)

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (tL), (años)	
			50	100
X0	Cualquiera.	$f_{ck} \geq 25$	15	25
XC1, XC2 o XC3	CEM I.	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón.	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (tL), (años)	
			50	100
XC4	CEM I.	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón.	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### Recubrimientos mínimos para las clases de exposición relacionadas con la corrosión por cloruros (Código Estructural Tabla 44.2.1.1.b)

Tipo de elemento	Cemento	Vida útil de proyecto (tg) (años)	Clase de exposición			
			XS1,	XS2	XS3	XD1, XD2, XD3
Hormigón armado.	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV,, CEM II/B-V, CEM II/A-D u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%.	50	25	30	45	35
		100	30	35	50	40
	CEM II/B-S, B-P.	50	30	35	65	40
		100	35	40	70	45
	Resto de cementos utilizables, según el artículo 28.	50	40	45	*	*
		100	65	*	*	*
Hormigón pretensado.	CEM II/A-D o bien CEM I con adición de humo de sílice superior al 6%.	50	30	35	50	40
		100	35	40	65	45
	Resto de cementos utilizables, según el artículo 28.	50	45	55	*	*
		100	*	*	*	*

- El recubrimiento de las barras dobladas no será inferior a dos diámetros, medido en dirección perpendicular al plano de curvatura.
- Cuando el recubrimiento sea superior a 50mm se coloca una malla de reparto en el eje del espesor de recubrimiento en la zona traccionada.
- En piezas hormigonadas contra el terreno el recubrimiento mínimo será de 70mm, excepto si se dispone hormigón de limpieza. No se debe aplicar la malla de reparto del párrafo anterior.
- En el caso de las armaduras postesadas, los recubrimientos serán como mínimo iguales al mayor de los límites siguiente, y no superiores a 80mm:
  - 40 mm
  - Menor dimensión o la mitad de la mayor dimensión de la vaina o grupos de vainas en contacto.

#### E.1.2.2. Resistencia del hormigón frente al ataque por sulfatos

En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la *UNE 80303:96*, siempre que su contenido sea igual o mayor que 550 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 2000 mg/kg, en el caso de suelos.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### E.1.3. Bases de cálculo

#### E.1.3.1. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

El anejo 19 del Código Estructural, facilita la siguiente tabla cuyos valores hemos empleado para el cálculo de los estados límites últimos:

Situación de cálculo	$\gamma_c$ hormigón	$\gamma_s$ armaduras pasivas	$\gamma_s$ armaduras activas
Permanente o Transitoria	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,3	1,0	1,0

Para el estudio de los Estados Límites de Servicio se adoptarán como coeficientes parciales de seguridad valores iguales a la unidad.

#### E.1.3.2. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones

Según el tipo de control previsto en la obra, es necesario mayorar, por otro lado, las acciones. En las tablas siguientes se muestran estos coeficientes de mayoración:

#### Coeficientes parciales de seguridad para las acciones (CTE DB SE Tabla 12.1.a)

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

#### E.1.3.3. Diagrama tensión-deformación de cálculo del acero de armar

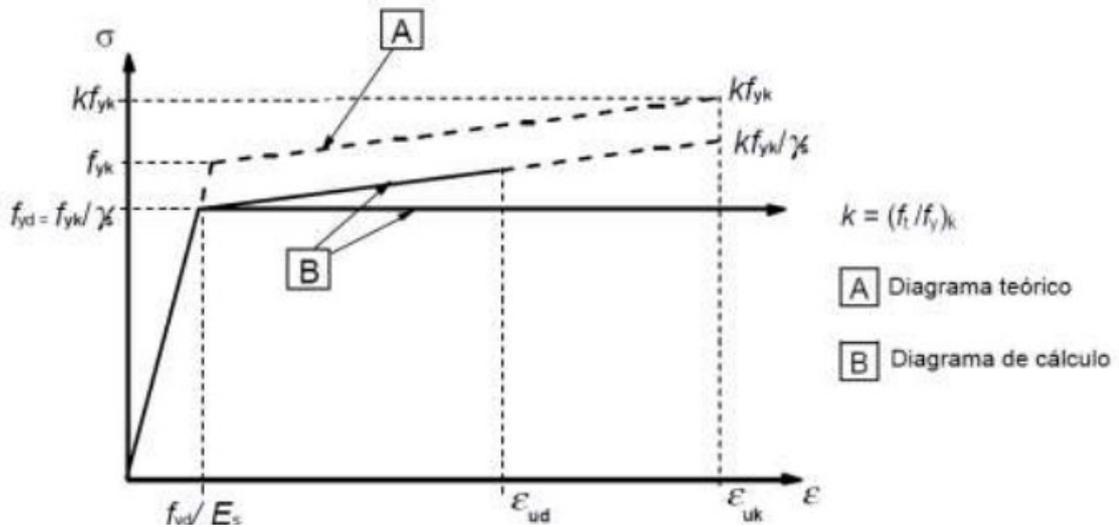
El diagrama tensión-deformación es el que se adopta como base de los cálculos, asociado a un porcentaje del 5 por 100 de diagramas tensión-deformación más bajos.

A falta de datos experimentales precisos, se ha supuesto que el diagrama característico adopta la forma de las figuras adjuntas, facilitados por el Código Estructural.

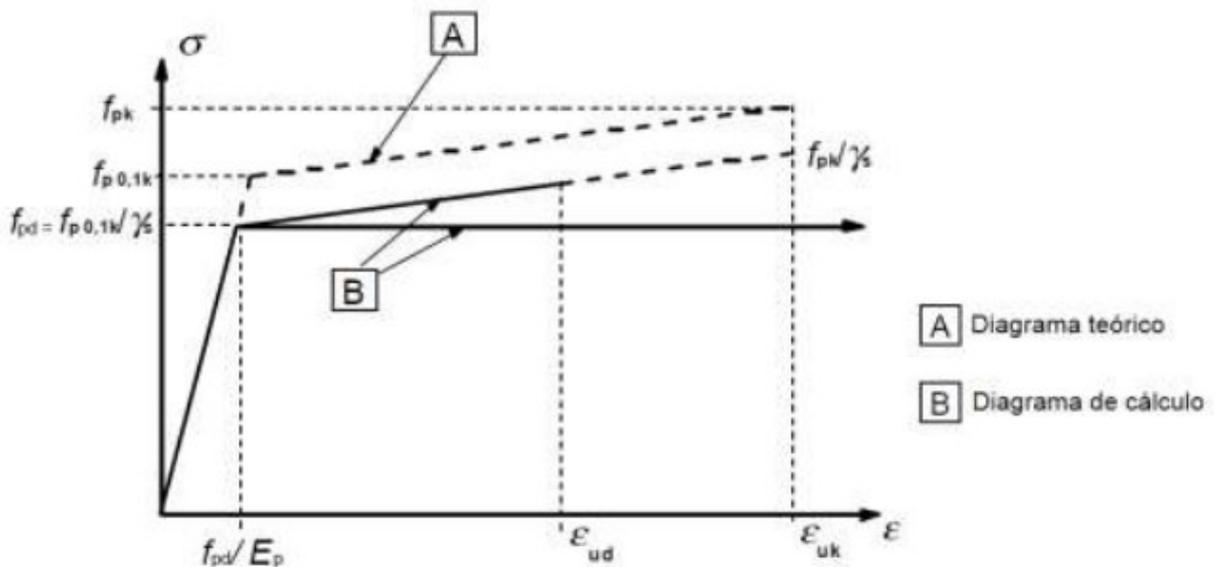
## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

La figura superior muestra el diagrama para armaduras pasivas y la inferior para activas.



1. Diagrama tensión deformación para armaduras pasivas



2. Diagrama tensión deformación para armaduras activas

### E.1.3.4. Resistencia de cálculo del acero de armar

Para efectuar las comprobaciones de los correspondientes Estados Límite, se ha empleado la resistencia de cálculo del acero, obtenida mediante:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{para armaduras pasivas}$$

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

$$f_{pd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s} \quad \text{para armaduras activas}$$

Donde:

- $f_{yd}$  representa la resistencia de cálculo del acero pasivo

- $f_{yk}$  es la resistencia característica del acero pasivo, según el apartado E.1.1.2 Acero pasivo.

- $f_{pd}$  representa la resistencia de cálculo del acero activo

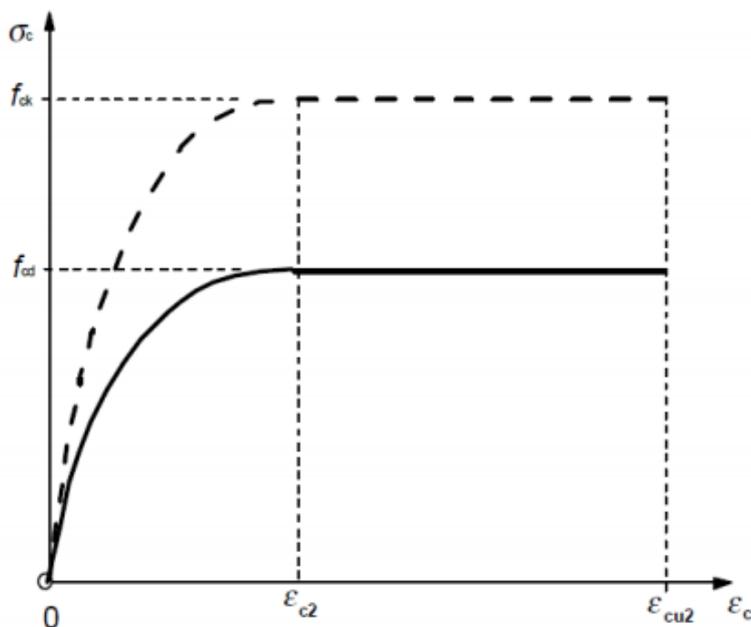
- $f_{pk}$  es la resistencia característica del acero activo, según el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

- $\gamma_s$  es el coeficiente parcial de seguridad correspondiente

#### E.1.3.5. Diagrama tensión-deformación de cálculo del hormigón

Para el cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales, se ha adoptado, según el caso, uno de los siguientes diagramas:

- Diagrama parábola rectángulo



Dónde:

$$\epsilon_{c0} = 0,002$$

$$\epsilon_{c0} = 0,002 + 0,000085(f_{ck} - 50)^{0,50}$$

$$\text{si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\epsilon_{c0} = 0,0035$$

$$\epsilon_{c0} = 0,0026 + 0,0144[(100 - f_{ck})/100]^4$$

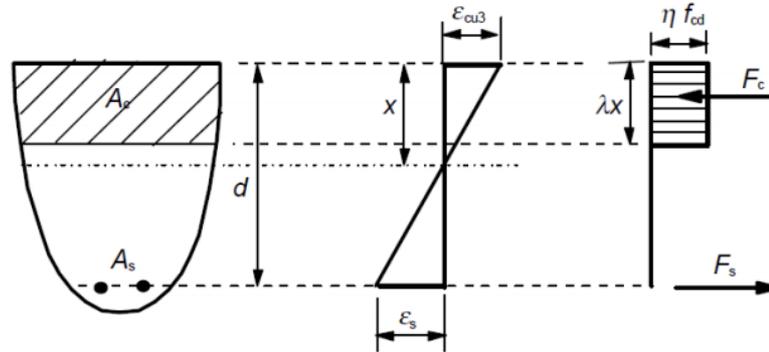
$$\text{si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2$$

- Diagrama rectangular

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023



Dónde:

$$\begin{aligned} \eta &= 1,0 && \text{si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \\ \eta &= 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 && \text{si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2 \\ \lambda &= 0,8 && \text{si } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \\ \lambda &= 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 && \text{si } f_{ck} > 50 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### E.1.3.6. Resistencia de cálculo del hormigón

La resistencia de cálculo del hormigón en compresión se obtiene:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Dónde:

$f_{cd}$  es el valor de cálculo de la resistencia del hormigón

$f_{ck}$  es el valor característico de la resistencia, es decir el valor mínimo de resistencia que se debe garantizar en cada amasada de obra, según el Código Estructural.

$\alpha_{cc}$  es el factor para tener en cuenta el cansancio del hormigón provocado por cargas de larga duración. Normalmente  $\alpha_{cc} = 1$

$\gamma_c$  es el coeficiente parcial de seguridad correspondiente.

### E.1.3.7. Fluencia del hormigón

La deformación dependiente de la tensión, en el instante  $t$ , para una tensión constante  $\sigma(t_0)$ , menor que  $0,45f_{cm}$ , aplicada en  $t_0$ , puede estimarse de acuerdo con el criterio siguiente:

$$\varepsilon_c(\infty, t_0) = \phi(\infty, t_0) \cdot (\sigma/E_c)$$

Donde  $t_0$  y  $t$  se expresan en días.

Cuando la tensión de compresión del hormigón a una edad  $t_0$  supere el valor de  $0,45f_{ck}$  se deberá considerar la no linealidad de la fluencia. Esta situación puede presentarse como resultado del posteo que puede originar un incremento de la tensión. En estos casos el coeficiente de fluencia teórico no lineal se obtiene a partir de la siguiente expresión:

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

$$\varphi n(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp(1,5 (k\sigma - 0,45))$$

Dónde:

$\varphi n(\infty, t_0)$  es el coeficiente de fluencia teórico no lineal que substituye a  $\varphi(\infty, t_0)$   
 $k\sigma$  es la relación tensión-resistencia  $\sigma_c/f_c(t_0)$  donde  $\sigma_c$  es la tensión de compresión y  $f_c(t_0)$  es la resistencia característica del hormigón a compresión, en la edad de puesta en carga.

### E.1.3.8. Coeficientes de dilatación térmica y de Poisson adoptados para el hormigón

De acuerdo con lo establecido en el Código Estructural, se han adoptado los siguientes valores:

- Coeficiente de Poisson=0,20 para hormigones sin fisurar
- Coeficiente de Poisson=0,00 para hormigones fisurados
- Coeficiente de dilatación térmica= $10^{-5}$  m/m°C

### E.1.4. Estados Límite Últimos

Para el caso concreto de estructuras de hormigón armado, los Estados Límite Últimos que se han comprobado son los siguientes:

- Estado Límite de Equilibrio
- Estado Límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales
- Estado Límite de inestabilidad
- Estado Límite de agotamiento frente a cortante
- Estado Límite de agotamiento por torsión
- Estado Límite de punzonamiento

#### E.1.4.1. Estado límite de equilibrio

Se ha comprobado que, en la hipótesis de carga más desfavorable, no se sobrepasan los límites de equilibrio:

$$E_{d,estab} \geq E_{d,desestab}$$

Donde,

$E_{d,estab}$  Es el valor de cálculo de los efectos de las acciones estabilizadoras  
 $E_{d,desestab}$  Es el valor de cálculo de los efectos de las acciones desestabilizadoras

#### E.1.4.2. Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales

Se han comprobado a rotura los elementos sometidos a esfuerzos de flexión y axil debidos a las cargas mayoradas.

Para ello, se ha verificado que las disposiciones relativas a las armaduras requeridas por la norma se cumplan para las situaciones de:

- Flexión simple o compuesta
- Compresión simple o compuesta
- Tracción simple o compuesta

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Asimismo, se han respetado las cuantías geométricas mínimas establecidas por la norma. En el cálculo de pilares, se han considerado las excentricidades mínimas de la carga en dos direcciones (no simultáneas).

### E.1.4.3. Estado límite de inestabilidad (pandeo)

Se realiza de forma opcional la comprobación del efecto del pandeo en los pilares de acuerdo con el Código Estructural. Se define para cada pilar y para cada uno de sus ejes principales independientemente: si se desea realizar la comprobación de pandeo, si se desea considerar la estructura translacional, intranslacional o si se desea fijar su factor de longitud de pandeo  $\alpha$  (factor que al multiplicarlo por la longitud del pilar se obtiene la longitud de pandeo).

Si se fija el factor de longitud de pandeo  $\alpha$  de un pilar, se considerará que para este pilar la estructura es translacional cuando sea mayor o igual que 1,0 i intranslacional en caso contrario.

### E.1.4.4. Estado límite de agotamiento frente a cortante

El método general empleado ha sido la modelización de bielas y tirantes explicada en el Código Estructural. En base a esto, se ha comprobado la resistencia del hormigón, las armaduras longitudinales y las transversales frente a las sollicitaciones tangentes de cortante producidas por las cargas mayoradas.

$$V_{rd} = V_d + V_{pd} + V_{cd}$$

Dónde:

$V_{rd}$  es el esfuerzo cortante efectivo

$V_d$  es el valor de cálculo del esfuerzo cortante producido por las acciones exteriores

$V_{pd}$  es el valor de cálculo de la componente de la fuerza del pretensado paralela a la sección

$V_{cd}$  es el valor de cálculo de la componente paralela a la sección de la resultante de tensiones normales

De forma simultánea se debe cumplir:

$$V_{rd} \leq V_{u1}$$

$$V_{rd} \leq V_{u2}$$

donde:

$V_{u1}$  es el esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma

$V_{u2}$  es el esfuerzo cortante de agotamiento por tracción del alma

### E.1.4.5. Estado límite de agotamiento por torsión.

Se ha comprobado la resistencia del hormigón, las armaduras longitudinales y las transversales frente a las sollicitaciones normales y tangenciales de torsión producidas en las barras por las cargas mayoradas. También se han verificado los efectos combinados de la torsión con la flexión y el cortante.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### E.1.4.6. Estado límite de punzonamiento

Se ha comprobado la resistencia a punzonamiento en zapatas, forjados reticulares, losas de forjado y losas de cimentación producido en la transmisión de solicitaciones a los o por los pilares. No se ha realizado la comprobación de punzonamiento entre vigas y pilares.

### E.1.5. Estados Límite de Servicio

En lo que respecta a los Estados Límite de Servicio, deben respetarse los siguientes límites:

- Estado Límite de fisuración
- Estado Límite de deformación

Para el cumplimiento de tales Estados Límite, deben considerarse las siguientes cuestiones:

#### E.1.5.1. Estado Límite de Fisuración

Se han tenido en cuenta las prescripciones del Código Estructural en este aspecto. El método propuesto por el mismo se refiere a las fisuras causadas por acciones directas o deformaciones impuestas. Otras fisuras, como las debidas al asiento plástico, permanecen fuera de su ámbito. Las medidas más apropiadas para evitar este tipo de fisuración hay que tomarlas en obra, durante la ejecución, con una puesta y un curado adecuados.

Para cumplir con el E.L.S. de Fisuración, se ha considerado suficiente el cumplimiento de las siguientes limitaciones según el ambiente definido para el proyecto:

Clase de exposición	$w_{max}$ (mm)	
	Hormigón armado (para la combinación cuasi-permanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
X0 <sup>(2)</sup> , XC1 <sup>(2)</sup>	0,4	0,2
XC2, XC3, XF1, XF3, XC4	0,3	0,2 <sup>(1)</sup>
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XF2, XF4, XA1 <sup>(3)</sup>	0,2	Descompresión
XS3, XA2 <sup>(3)</sup> , XA3 <sup>(3)</sup>	0,1	

<sup>(1)</sup> Adicionalmente deberá comprobarse que las armaduras activas se encuentran en la zona comprimida de la sección, bajo la combinación cuasi-permanente de acciones,

<sup>(2)</sup> Para las clases de exposición X0 y XC1, la abertura de fisura no influye normalmente en la durabilidad. Los valores recogidos en la tabla para estos casos se establecen para garantizar un aspecto aceptable,

<sup>(3)</sup> La limitación relativa a las clases XA1, XA2 y XA3 solo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura.

### **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

#### *E.1.5.2. Estado Límite de Deformación*

Para el cumplimiento de la normativa, el diseño de los diferentes elementos se ha realizado teniendo en cuenta las limitaciones del apartado *B.1.2.1 Flechas* de esta memoria.

#### *E.1.5.3. Estado límite de vibraciones*

Se ha comprobado que las frecuencias naturales de la estructura se alejen del valor crítico prescrito por la *norma CTE DB SE*. Sus valores límites vienen definidos en el apartado *B.1.2.3 Vibraciones* de esta memoria.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

## E.2. ESTRUCTURA DE ACERO

### E.2.1. Materiales

Las especificaciones exigidas por el CTE, basadas en la UNE EN 10025, se recogen en la tabla siguiente recogida del *CTE-DB-SE-Acero*:

**Tabla 4.1 CTE-DB-SE-Acero Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025**

Designación	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy (°C)
	Tensión de límite elástico			Tensión de rotura	
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )			$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR	235	225	215	360	20
S235J0					0
S235J2					-20
S275JR	275	265	255	410	20
S275J0					0
S275J2					-20
S355JR	355	345	335	470	20
S355J0					0
S355J2					-20
S355K2					-20 <sup>(1)</sup>
S450J0	450	430	410	550	0

(1) Se le exige una energía mínima de 40J.

El cálculo se ha ceñido a los espesores máximos indicados en el CTE, para los cuales no es necesario comprobar que la resistencia a rotura frágil supera a la dúctil. Tales espesores se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2 Espesor máximo (mm) de chapas**

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

### E.2.2. Durabilidad

Las protecciones adecuadas a los materiales para evitar su corrosión, de acuerdo con las condiciones ambientales internas y externas del edificio se atenderán a la *norma UNE-ENV 1090-1: 1997*.

### E.2.3. Bases de cálculo

#### E.2.3.1. Coeficientes parciales de seguridad del acero

Los coeficientes parciales para la resistencia se adoptarán, de acuerdo a la normativa, los siguientes valores:

- $\gamma_{M0}$  = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material
- $\gamma_{M1}$  = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

- $\gamma_{M2} = 1,25$  coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión
- $\gamma_{M3} = 1,1$  coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio.
- $\gamma_{M3} = 1,25$  coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Último.
- $\gamma_{M3} = 1,4$  coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.

### E.2.3.2. Resistencia de cálculo del acero laminado

- Tipo de acero:..... S-275-JR
- Límite elástico:..... 275 N/mm<sup>2</sup>

### E.2.3.3. Constantes mecánicas del acero

- Módulo de elasticidad..... E = 2100000 kp/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad transversal..... G = 810000 kp/cm<sup>2</sup>
- Coeficiente de Poisson.....  $\mu = 0,30$
- Coeficiente de dilatación térmica.....  $\alpha_1 = 0,000012$  m/m°C
- Densidad.....  $\rho = 7850$  kp/m

### E.2.3.4. Uniones

El método de análisis global utilizado y las hipótesis adoptadas respecto al comportamiento de las uniones se han hecho coherentes teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- En el análisis global elástico con nudos de comportamiento semirrígido, se ha considerado el comportamiento de la unión en función de su rigidez. Se ha tomado, en general, la rigidez,  $S_j$ , correspondiente al momento de cálculo  $M_{j,Sd}$  en cada situación. Como simplificación:

Si  $M_{j,Sd} < 2/3 M_{j,Rd}$ , donde  $M_{j,Rd}$  es la resistencia de cálculo de la unión, se ha usado la rigidez inicial del nudo  $S_{j,ini}$  (fig c).

Si  $M_{j,Sd} > 2/3 M_{j,Rd}$ , se ha usado el valor  $S_j, ini / \eta$

Donde:

$\eta = 2$  para uniones viga-pilar

$\eta = 3$  para otro tipo de unión

- Para el análisis global elastoplástico se ha considerado el comportamiento de la unión según su resistencia y rigidez. En este caso se ha adoptado un diagrama bilineal simplificado (fig. d) para modelar el comportamiento de la unión.
- En el análisis global rígido-plástico, para modelar el comportamiento de las uniones únicamente se ha considerado su resistencia.
- Las uniones semirrígidas entre cada dos barras (fig. a) se han modelado como un resorte que une los ejes de las barras que concurren en el nudo (fig. b), que define las propiedades principales siguientes:

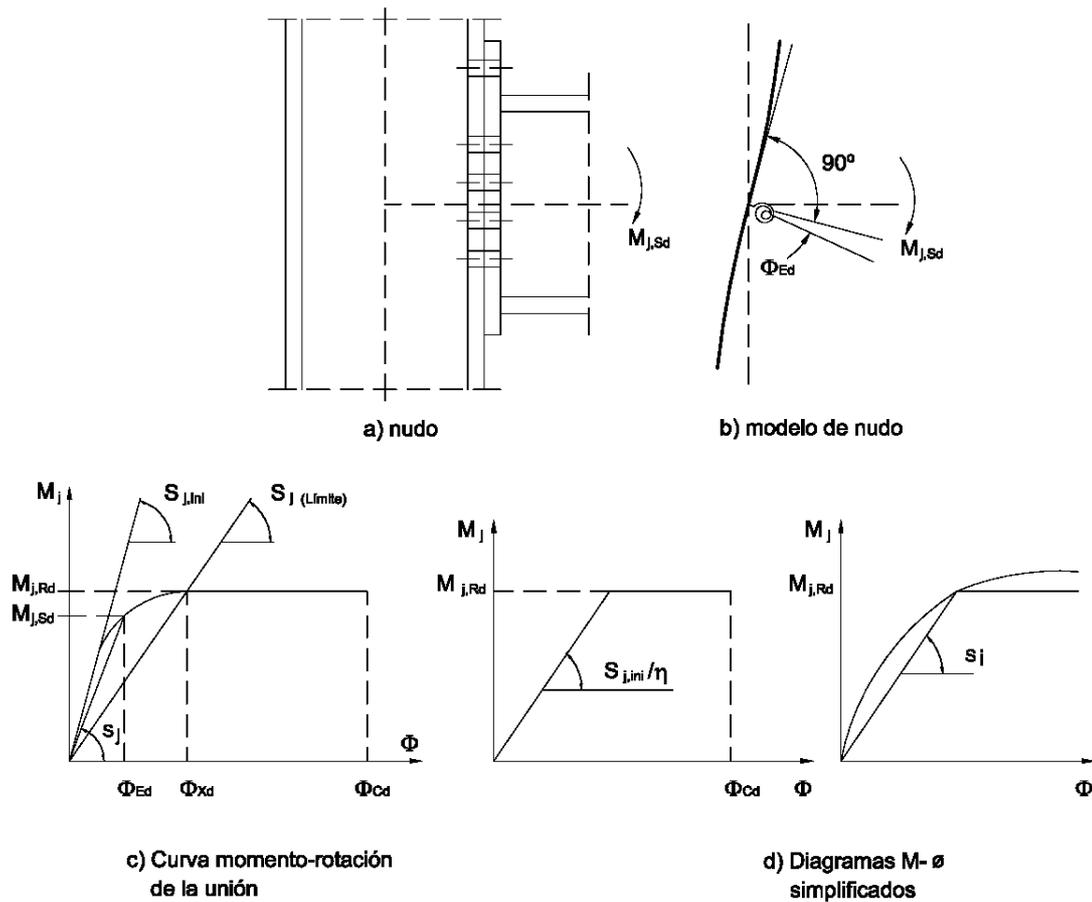
Momento resistente,  $M_{j,Rd}$ , que es el máximo valor en la curva momento rotación  $M-\Phi$ .

La capacidad de rotación  $\Phi_{Cd}$ , que es el máximo valor de la rotación en la curva  $M-\Phi$  (fig. c).

La curva real  $M-\Phi$  no es lineal, pudiéndose adoptar un diagrama bilineal (fig. d) o trilineal, siempre que la curva simplificada quede por debajo de la más precisa.

**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023



**E.2.3.5. Tipos de secciones**

Se han definido las siguientes clases de secciones:

Clase	Tipo	Descripción
1	Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
2	Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
3	Semicompacta o Elástica	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
4	Esbelta	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

Una misma barra puede ser de diferente clase en cada sección (en cada punto) y para cada combinación de solicitaciones.

En función de la clase de las secciones, el tipo de cálculo aplicado ha sido:

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Clase de sección	Método para la determinación de las solicitaciones	Método para la determinación de la resistencia de las secciones
1 Plástica	Elástico	Plástico
2 Compacta	Elástico	Plástico
3 Semicompacta	Elástico	Elástico
4 Esbelta	Elástico	Elástico con resistencia reducida

La asignación de la clase de sección en cada caso, se ha realizado de acuerdo con lo indicado en el *CTE DB SE-Acero*. En el caso de secciones de clase 4, el cálculo de sus parámetros resistentes reducidos (sección eficaz) se ha realizado asimilando la sección a un conjunto de rectángulos eficaces, de acuerdo con lo establecido en el *CTE DB SE-Acero*.

### E.2.3.6. Estabilidad lateral global

En el caso de estructuras arriostradas es admisible suponer que todas las acciones horizontales son resistidas exclusivamente por el sistema de arriostramiento y, además, considerar la estructura como intraslacional.

Tal y como dicta la norma, por debajo de toda planta se han previsto al menos tres planos de arriostramiento no paralelos ni concurrentes, complementados con un forjado o cubierta rígido en su plano, para poder concluir que dicha planta está completamente arriostrada en todas direcciones.

En el caso de las estructuras traslacionales, o no arriostradas, en las que los desplazamientos tienen una influencia sustancial en los esfuerzos, debe utilizarse un método de cálculo que incluya efectos no lineales y considere las imperfecciones iniciales, o sus acciones equivalentes, sustitutorias de las desviaciones geométricas de fabricación y montaje, de las tensiones residuales, de las deformaciones iniciales, variaciones locales del límite elástico, etc. Dicho método puede consistir en:

- Análisis global en segundo orden considerando imperfecciones iniciales globales y en la geometría de las piezas. En este caso en las comprobaciones de resistencia de las piezas no se considerarán los efectos de pandeo que ya estén representados en el modelo.
- Análisis global en segundo orden considerando sólo las imperfecciones iniciales globales. En este caso en las comprobaciones de resistencia se considerarán los efectos de pandeo de las piezas.

### E.2.3.7. Imperfecciones iniciales

En estructuras de pórticos, en cada dirección analizada, a efectos de estabilidad, se ha considerado un desplome lineal en altura, de valor  $L/200$  cuando en esa dirección sólo hubiera dos soportes y una altura, y  $L/400$  si fueran al menos cuatro soportes y tres alturas. En casos intermedios se ha usado el valor  $L/300$ , siendo  $L$  la altura de la construcción.

## E.2.4. Estados Límite Últimos

La comprobación a rotura de las barras, sometidas a la acción de las cargas mayoradas, se desarrolla de la siguiente forma:

Descomposición de la barra en secciones y cálculo en cada uno de ellas de los valores de momentos flectores, cortantes, axil de compresión y axil de tracción.

Cálculo de la tensión combinada en las siguientes secciones:

- Sección de máxima compresión
- Sección de máxima tracción
- Sección de máximo momento flector según el eje  $Y_p$

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

- Sección de máximo momento flector según el eje  $Z_p$
- Sección de mayor tensión tangencial combinada
- Sección de mayor tensión combinada, que puede coincidir con alguna de las anteriores, aunque no necesariamente.

Obtención de las seis combinaciones de solicitaciones más desfavorables para otras tantas secciones de la barra.

La capacidad resistente de las secciones depende de su clase. Para secciones de clase 1 y 2 la distribución de tensiones se escogerá atendiendo a criterios plásticos (en flexión se alcanza el límite elástico en todas las fibras de la sección). Para las secciones de clase 3 la distribución seguirá un criterio elástico (en flexión se alcanza el límite elástico sólo en las fibras extremas de la sección) y para secciones de clase 4 este mismo criterio se establecerá sobre la sección eficaz.

### E.2.4.1. Interacción de esfuerzos en secciones

Normalmente, en una misma sección y combinación de acciones, se dan varias solicitaciones simultáneamente. El *DB-SE-Acero* considera los siguientes casos:

- a) Flexión compuesta sin cortante ni pandeo. Puede usarse, conservadoramente:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 1 y 2})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 3})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 4})$$

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

- b) Flexión y cortante. Si  $V_{Ed} > 0,5 \cdot V_{c,Rd}$ , se comprobará que:

$$M_{Ed} \leq M_{V,Rd}$$

$$M_{V,Rd} = \left( W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{para secciones I o H con flexión y cortante en el}$$

plano del alma

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{para el resto de casos}$$

$$\rho = \left( 2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

- c) Flexión, axil y cortante sin pandeo. Si  $V_{Ed} < 0,5 \cdot V_{c,Rd}$ , basta considerar el caso 'Flexión compuesta sin cortante ni pandeo'. En caso contrario, se utilizará también dicho caso, pero el área de cortante se multiplicará por  $(1 - \rho)$ , tomando  $\rho$  del caso anterior.
- d) Cortante y torsión. En la resistencia a cortante se empleará la resistencia plástica a cortante reducida por la existencia de tensiones tangenciales de torsión uniforme:

$$V_{c,Rd} \leq V_{pl,T,Rd}$$

En secciones huecas cerradas:

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

$$V_{pl,T,Rd} = \left( 1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right) \cdot V_{pl,Rd}$$

### E.2.4.2. Estado límite de agotamiento a tracción de la sección

Se cumplirá, con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$ :

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

### E.2.4.3. Estado límite de agotamiento a cortante de la sección

En ausencia de torsión, se considera la resistencia plástica:

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

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

Siendo  $A_v$  el área resistente a cortante, tomado con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$ .

### E.2.4.4. Estado límite de agotamiento a compresión de la sección

Se cumplirá

$$N_{c,Ed} \leq N_{c,Rd}$$

La resistencia de la sección, será, para secciones clase 1, 2 o 3 (con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$ ):

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Para secciones clase 4 (con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$ ):

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

### E.2.4.5. Estado límite de agotamiento a flexión de la sección

Se cumplirá

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

La resistencia plástica de la sección bruta, para secciones de clase 1 o 2 (con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$ ), será

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

La resistencia elástica de la sección bruta, para secciones de clase 3 (con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$ ), será

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

La resistencia elástica de la sección eficaz, para secciones de clase 4 (con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$ ) será

$$M_{c,Rd} = M_{0,Rd} = W_{ef} \cdot f_{yd}$$

### E.2.4.6. Estado límite de agotamiento a torsión de la sección

Resistencia de las secciones a torsión

Deberán considerarse las tensiones tangenciales debidas al torsor uniforme,  $\tau_{t,Ed}$ , así como las tensiones normales  $\sigma_{w,Ed}$  y tangenciales  $\tau_{w,Ed}$  debidas al bimomento y al esfuerzo torsor de torsión de alabeo.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

En ausencia de cortante, se considera:

$$T_{Ed} \leq T_{c,Rd}$$

$$T_{c,Rd} = W_T \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Siendo  $W_T$  el módulo resistente a torsión, del perfil a comprobar, con  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$ .

### E.2.4.7. Estado límite último de abolladura del alma

Se realiza la comprobación de abolladura del alma por cortante de acuerdo con el artículo 6.3.3.3 de la norma CTE DB SE-A, considerando la pieza de alma llena.

### E.2.4.8. Estado límite último de pandeo lateral de vigas

Esta comprobación sólo se realiza en vigas y diagonales.

Se ha comprobado que  $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$ . En el caso de barras traccionadas y flectadas, el momento  $M_{Ed}$  podrá sustituirse por  $M_{ef,Ed}$  para esta comprobación de acuerdo con la expresión:

$$M_{ef,Ed} = W \cdot [ M_{Ed}/W - N_{t,Ed}/A ]$$

El momento resistente de pandeo lateral será:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_z \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo

$W_z$  el módulo resistente de la sección, según su clase  
 $\chi_{LT}$  el factor reductor por pandeo lateral.

## E.2.5. Estados Límite de Servicio

### E.2.5.1. Estado límite de servicio de deformación

De acuerdo con el CTE-DB-SE-Acero, se comprueba la máxima deformación vertical (flecha) de vigas y diagonales referente a:

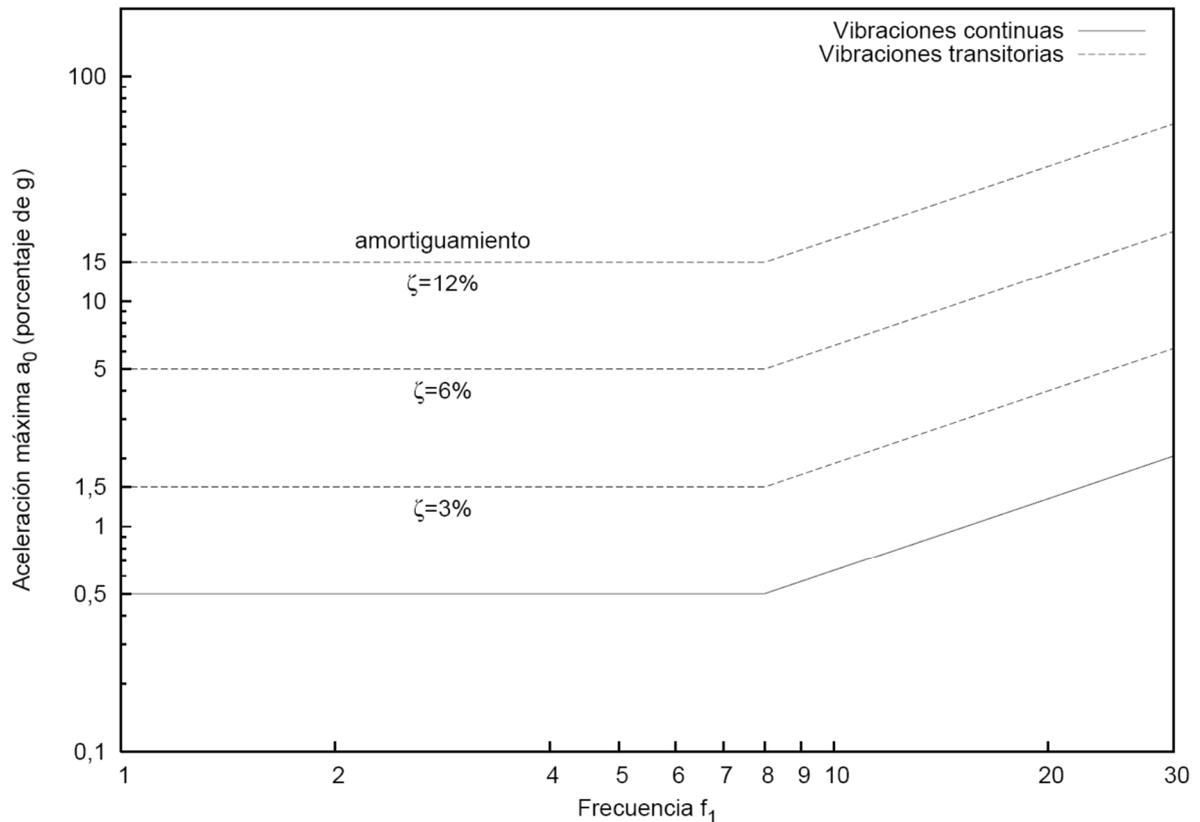
- Flecha producida por las sobrecargas con las combinaciones características.
- Flecha producida por toda la carga con las combinaciones casi permanentes.

### E.2.5.2. Estado límite de servicio de vibraciones

Aparte de los límites establecidos con carácter general en el apartado B.1.2.3 Vibraciones el DB-SE-Acero propone la tabla de la página siguiente donde se representan los límites aceptables en términos de la aceleración máxima admisible en función de la frecuencia propia del primer modo de vibración del forjado y del amortiguamiento. Estos valores son, respectivamente, para usos de edificios tipo vivienda, administrativo, enseñanza y comercio.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023



### E.2.5.3. Estado límite de servicio de deslizamiento de uniones

La aparición de deslizamiento entre las piezas que integran una unión atornillada es un estado límite de servicio que no debe alcanzarse en estructuras acogidas al DB-SE-Acero. A tal fin, se ha comprobado que el esfuerzo tangencial en la unión con tornillos sea menor que la definida a continuación.

$$F_{s,rd} = \frac{K_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,Cd}$$

Donde:

$F_{s,rd}$  es la resistencia de cálculo a deslizamiento de un tornillo.

$\gamma_{M3}$  es el coeficiente de seguridad, cuyo valor es:

$\gamma_{M3} = 1,1$  en condiciones normales

$\gamma_{M3} = 1,3$  en uniones híbridas constituidas por tornillos de alta resistencia y soldadura trabajando conjuntamente.

$F_{p,Cd} = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s$  es la fuerza de pretensado del tornillo.

$n$  es el número de superficies de rozamiento.

$k_S$  coeficiente que toma los siguientes valores:

$k_S = 1,00$  para agujeros con medidas normales;

$k_S = 0,85$  para agujeros con sobremedidas o rasgados cortos;

$k_S = 0,70$  para agujeros rasgados largos;

$\mu$  es el coeficiente de rozamiento, que tomará los siguientes valores (que se corresponden con las categorías A a D de la tabla 7 de la UNE-ENV 1090-1:1997).

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

$\mu = 0,50$  para superficies tratadas con chorro de granalla o arena, y para superficies tratadas con chorro de granalla o arena y posterior tratamiento con aluminio;

$\mu = 0,40$  para superficies tratadas con chorro de granalla o arena y pintadas con un silicato alcalino de zinc;

$\mu = 0,30$  para superficies limpiadas a cepillo metálico o con llama, con eliminación de partes oxidadas;

$\mu = 0,20$  para superficies no tratadas

## **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### **F. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### F.1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO

El cumplimiento Normativo y los requerimientos de Protección Contra Incendios queda desarrollado y Justificado en el Proyecto de Protección Contra Incendios redactado Por EINESA Ingeniería adjunto al Presente Proyecto para la Rehabilitación Energética del Palau de Vidre, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiados por la unión europea. con los fondos Next Generation.

#### F.1.1. Bases de cálculo

##### *F.1.1.1. Resistencia al fuego de la estructura*

Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante el período de desarrollo 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. En general, basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.

En el caso de sectores de riesgo mínimo y en aquellos sectores de incendio en los que, por su tamaño y por la distribución de la carga de fuego, no se ha previsto la existencia de fuegos totalmente desarrollados, la comprobación de la resistencia al fuego se ha hecho elemento a elemento mediante el estudio por medio de fuegos localizados, según se indica en el *Eurocódigo 1 (UNE-EN 1991-1-2: 2004)* situando sucesivamente la carga de fuego en la posición previsible más desfavorable.

##### *F.1.1.2. Elementos estructurales principales*

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:

- alcanza la clase indicada en la tabla 1 o 2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o
- soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el apartado correspondiente del capítulo *F.2 SISTEMAS ESTRUCTURALES*.

Las estructuras de cubiertas con carga permanente menor de  $1 \text{ kN/m}^2$ , no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28m, así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, se han diseñado como R30 teniendo en consideración que su fallo no ocasionará daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio.

Los elementos estructurales de las escaleras y pasillos protegidos del edificio contenidos en el recinto de éstos serán, como mínimo, R-30. Cuando se trate de escaleras especialmente protegidas la norma no exige resistencia al fuego a los elementos estructurales.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

**Tabla 1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales**

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante Altura de evacuación del edificio		
		<15 m	<28 m	≥28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Docente, Administrativo, Residencial Público	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)	R 90			
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)	R 120 <sup>(4)</sup>			

(1) La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo.

(2) En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

(3) R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

(4) R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

**Tabla 2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios<sup>(1)</sup>**

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

(1) No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30. La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo

Siguiendo estas prescripciones y las indicaciones del arquitecto autor del proyecto, en el edificio que nos ocupa se cumplirán las siguientes exigencias al fuego:

- TECHO PLANTA SOTANO: **R-120**
- ALTILLO: **R-90**
- TECHO PLANTA PRIMERA: **R-90**

### F.1.1.3. Determinación de los efectos de las acciones durante el incendio

Se han considerado las mismas acciones permanentes y variables que en el cálculo en situación persistente (ver apartado C ACCIONES A CONSIDERAR), cuando se ha previsto la probabilidad de que actúen en caso de incendio.

Como simplificación para el cálculo se ha estimado el efecto de las acciones de cálculo en situación de incendio a partir del efecto de las acciones de cálculo a temperatura normal, como:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d$$

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Siendo:

- Ed el efecto de las acciones de cálculo en situación permanente o transitoria (a temperatura normal);
- $\eta_{fi} = \frac{G_K + \Psi_{1,1} \cdot Q_{K,1}}{Y_G \cdot G_K + Y_{Q,1} \cdot Q_{K,1}}$  el factor de reducción.

El subíndice 1 representa la acción variable dominante considerada en la situación persistente.

En general, y salvo indicación contraria en el epígrafe correspondiente, el coeficiente parcial de seguridad para los materiales se considera igual a la unidad ( $\gamma_{M,fi} = 1,0$ ).

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### F.2. SISTEMAS ESTRUCTURALES

#### F.2.1. Hormigón armado

En el diseño y cálculo de los elementos estructurales de hormigón armado se han tenido en cuenta los criterios expuestos en el *DB Seguridad en caso de Incendio, Anejo C (Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado)*.

A tal efecto, en la obtención de la distancia mínima equivalente entre el eje del nervio y el paramento expuesto,  $a_m$ , se ha empleado la siguiente fórmula:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \cdot f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \cdot f_{yki}}$$

Donde:

$a_m$  es la distancia mínima equivalente.

$A_{si}$  es el área de cada una de las armaduras  $i$ , pasiva o activa.

$f_{yki}$  es la resistencia característica del acero de las armaduras  $i$ .

$\Delta a_{si}$  es un factor de corrección dependiente del valor de  $\eta_{fi}$  y del tipo de elemento estructural.

Adoptando una posición conservadora, en el momento de seleccionar los valores de la *tabla C.1 del DB-SE-SI*, para todos los casos  $\Delta a_{si}$  se ha igualado a cero, correspondiente a un valor estándar de  $\eta_{fi}$  de 0,60.

De esta forma el valor del recubrimiento nominal y el de  $a_m$  coinciden en todos los casos para el edificio objeto de estudio.

##### F.2.1.1. Pilares sótano y baja

Para cumplir una **R-120** según *la tabla C.2 Elementos a compresión del DB-SE-SI*, donde se definen las dimensiones y los recubrimientos mecánicos mínimos para los pilares de hormigón armado y de sección rectangular o circular, se necesita una dimensión mínima de 25cm y una distancia equivalente al eje de la armadura de 40mm.

Todos los pilares tienen un ancho mínimo de 30cm y el recubrimiento geométrico es, como mínimo, de 25mm según un ambiente de exposición XC1.

Si tenemos en cuenta los diámetros mínimos de las armaduras de 30 mm para las barras longitudinales y de 8mm para los estribos, obtenemos una distancia entre el eje de las barras longitudinales hasta la cara expuesta más cercana de:  $25+8+(30/2) = 48$  mm, de manera que:

**Los pilares del edificio se deberán ensayar en ejecución para verificar que tienen el recubrimiento mencionado para una R-120.**

##### F.2.1.2. Pilares planta primera

Para cumplir una **R-90** según *la tabla C.2 Elementos a compresión del DB-SE-SI*, donde se definen las dimensiones y los recubrimientos mecánicos mínimos para los pilares de hormigón armado y de sección rectangular o circular, se necesita una dimensión mínima de 25cm y una distancia equivalente al eje de la armadura de 30mm.

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Todos los pilares tienen un ancho mínimo de 30cm y el recubrimiento geométrico es, como mínimo, de 25mm según un ambiente de exposición XC1.

Si tenemos en cuenta los diámetros mínimos de las armaduras de 25 mm para las barras longitudinales y de 8mm para los estribos, obtenemos una distancia entre el eje de las barras longitudinales hasta la cara expuesta más cercana de:  $25+8+(25/2) = 45,5$  mm, de manera que:

**Los pilares del edificio se deberán ensayar en ejecución para verificar que tienen el recubrimiento mencionado para una R-90.**

### F.2.1.1. Pórticos Techo Planta Sótano

Para cumplir una **R-120** según *la tabla C.3 Vigas con tres caras expuestas al fuego del DB-SE-SI*, donde se definen las dimensiones y los recubrimientos mecánicos mínimos para las vigas de hormigón armado, se necesita una dimensión mínima de 30cm y una distancia equivalente al eje de la armadura de 40mm.

Todos los pórticos tienen un ancho mínimo de 30cm y el recubrimiento geométrico es, como mínimo, de 25mm según un ambiente de exposición XC1.

Si tenemos en cuenta los diámetros mínimos de las armaduras de 25 mm para las barras longitudinales y de 8mm para los estribos, obtenemos una distancia entre el eje de las barras longitudinales hasta la cara expuesta más cercana de:  $25+8+(25/2) = 45,5$  mm, de manera que:

**Los pórticos de TPS del edificio se deberán ensayar en ejecución para verificar que tienen el recubrimiento mencionado para una R-120.**

### F.2.1.2. Pórticos Techo Planta Primera

Para cumplir una **R-90** según *la tabla C.3 Vigas con tres caras expuestas al fuego del DB-SE-SI*, donde se definen las dimensiones y los recubrimientos mecánicos mínimos para las vigas de hormigón armado, se necesita una dimensión mínima de 25cm y una distancia equivalente al eje de la armadura de 30 mm.

Todos los pórticos tienen un ancho mínimo de 30cm y el recubrimiento geométrico es, como mínimo, de 25mm según un ambiente de exposición XC1.

Si tenemos en cuenta los diámetros mínimos de las armaduras de 25 mm para las barras longitudinales y de 8mm para los estribos, obtenemos una distancia entre el eje de las barras longitudinales hasta la cara expuesta más cercana de:  $25+8+(25/2) = 45,5$  mm, de manera que:

**Los pórticos de TP1 del edificio se deberán ensayar en ejecución para verificar que tienen el recubrimiento mencionado para una R-90.**

### F.2.1.3. Forjados unidireccionales colaborantes

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Los forjados colaborantes unidireccionales se resuelven mediante un forjado nervado de canto 10cm (6+4cm de capa de compresión). El ancho mínimo de los nervios es de 6cm y su intereje de 18cm. El recubrimiento geométrico es, como mínimo, de 30 mm según un ambiente de exposición.

Para cumplir una **REI-120**, según el apartado C.2.3.5 y la tabla C.4 Losas macizas del DB-SE-SI, para forjados unidireccionales, se pide una dimensión mínima de 12cm y una distancia mínima equivalente de 35mm, como caso más desfavorable.

Si tenemos en cuenta los diámetros mínimos de 16 mm del armado básico inferior, obtenemos una distancia entre ejes de las barras inferiores hasta la cara expuesta más cercana de  $30+(16/2) = 38\text{mm}$ .

El canto eficaz de este tipo de forjados se determina en función del ancho de los nervios. En el caso que nos ocupa el heff es de 125.8mm, valor superior a los 12cm, de manera que:

**Los forjados colaborantes cumplen como mínimo una REI-120.**

**Los forjados bidireccionales de casetón perdido cumplen como mínimo una REI-120.**

### F.2.1.1. Forjados unidireccionales in situ TPB

Para cumplir una **REI-120** según el apartado C.2.3.5 y la tabla C.4 Losas macizas del DB-SE-SI, para forjados unidireccionales se aplicara una capa de perlita y vermiculita hasta conseguir la resistencia requerida.

Respecto al espesor de la capa de compresión, si a los 5 cm le añadimos 2 cm de la cara superior del bloque de hormigón (casetón), y los 5 cm de la subbase de pavimento, tenemos un total de  $5+2+5=12$  cm. De forma que:

**Los forjados unidireccionales sobre rasante cumplen como mínimo una REI-120.**

### F.2.1.2. Forjados unidireccionales in situ TP1

Para cumplir una **REI-90** según el apartado C.2.3.5 y la tabla C.4 Losas macizas del DB-SE-SI, para forjados unidireccionales se necesita una distancia mínima equivalente de 25mm y un espesor mínimo de la capa de compresión de 10cm.

Para la totalidad de plantas del edificio el forjado unidireccional in situ se resuelve mediante casetones perdidos, nervios de 15cm con intereje de 70cm. Su canto es de  $22+5\text{cm}$ . El recubrimiento geométrico es, como mínimo de 25mm considerando un ambiente de exposición I.

De acuerdo con los puntos C.2.3.4 y C.2.3.5 del anexo C, se han tenido en cuenta los espesores del solado.

El recubrimiento geométrico se prevé al menos de 10 mm. Si consideramos como mínimo un diámetro de 6mm del armado base inferior y le añadimos los 13 mm mínimos de enyesado (equivale a 23 mm) estamos hablando de un recubrimiento mecánico de  $10+(6/2)+23=36\text{mm}$  ( $> 35\text{mm}$ )

Respecto al espesor de la capa de compresión, si a los 5 cm le añadimos 2 cm de la cara superior del bloque de hormigón (casetón), y los 5 cm de la subbase de pavimento, tenemos un total de  $5+2+5=12$  cm. De forma que:

### **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**Los forjados unidireccionales sobre rasante cumplen como mínimo una REI-90.**

### **F.2.2.Acero**

Para el diseño el cálculo de elementos estructurales de acero, se han tenido en cuenta los criterios expuestos en el *DB Seguridad en caso de incendio, Anejo D (Resistencia al fuego de las estructuras metálicas)*

Los elementos de acero de la estructura no cumplen por sí mismos los requerimientos prescritos en el apartado G.1.1.2 Elementos estructurales principales, por tanto se dispondrán sistemas de protección adicionales mediante pinturas ignífugas, protecciones con vermiculitas o similares, o protecciones pasivas que garanticen la resistencia indicada.

## **Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

## **G. ANEJOS**

**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

**G.1. COMBINACIONES DE CALCULO**

	PP	CM	ÚS	ÚS: MANT	NEU	VENT 1	VENT 2								
1 PP															
2 CM															
3 ÚS															
4 ÚS: MANT															
5 NEU															
6 VENT 1															
7 VENT 2															
8 ELS 01	1	1,0	2	1,0	3	1,0	4	0	5	0,5	6	0,6	7	0,0	ELS CARACT.
9 ELS 02	1	1,0	2	1,0	3	1,0	4	0	5	0,5	6	0,0	7	0,6	
10 ELS 03	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	1,0	5	0,5	6	0,6	7	0,0	
11 ELS 04	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	1,0	5	0,5	6	0,0	7	0,6	
12 ELS 05	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	0	5	1,0	6	0,6	7	0,0	
13 ELS 06	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	0	5	1,0	6	0,0	7	0,6	
14 ELS 07	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	0	5	0,5	6	1,0	7	0,0	
15 ELS 08	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	0	5	0,5	6	0,0	7	1,0	
16 ELS 09	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	0	5	0	6	0	7	0	ELS FREQ.
17 ELS 10	1	1,0	2	1,0	3	0,7	4	0	5	0	6	0	7	0	
18 ELS 11	1	1,0	2	1,0	3	0,6	4	0,0	5	0	6	0	7	0	
19 ELS 12	1	1,0	2	1,0	3	0,6	4	0,0	5	0	6	0	7	0	
20 ELS 13	1	1,0	2	1,0	3	0,6	4	0	5	0,2	6	0	7	0	
21 ELS 14	1	1,0	2	1,0	3	0,6	4	0	5	0,2	6	0	7	0	
22 ELS 15	1	1,0	2	1,0	3	0,6	4	0	5	0	6	0,5	7	0	
23 ELS 16	1	1,0	2	1,0	3	0,6	4	0	5	0	6	0	7	0,5	
24 ELS 17	1	1,0	2	1,0	3	0,6									
25 ELU 01	1	1,35	2	1,35	3	1,5	4	0,0	5,0	0,8	6	0,9	7	0,0	ELU
26 ELU 02	1	1,35	2	1,35	3	1,5	4	0,0	5,0	0,8	6	0,0	7	0,9	
27 ELU 03	1	1,35	2	1,35	3	1,05	4	1,5	5,0	0,8	6	0,9	7	0,0	
28 ELU 04	1	1,35	2	1,35	3	1,05	4	1,5	5,0	0,8	6	0,0	7	0,9	
29 ELU 05	1	1,35	2	1,35	3	1,05	4	0,0	5	1,5	6	0,9	7	0,0	
30 ELU 06	1	1,35	2	1,35	3	1,05	4	0,0	5	1,5	6	0,0	7	0,9	
31 ELU 07	1	1,35	2	1,35	3	1,05	4	0,0	5	0,8	6	1,5	7	0,0	
32 ELU 08	1	1,35	2	1,35	3	1,05	4	0,0	5	0,8	6	0,0	7	1,5	

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### G.2. COMPROVACIÓ PASSADORS FIJACIÓ FACHADA

#### 1. Comprovació càrrega gravitatòria:

- Repercussió per fixació:

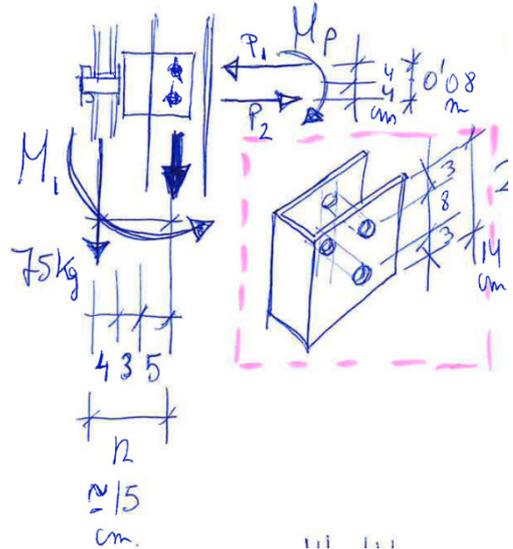
Pes vidre:  $2600 \text{ kg/m}^3$   
 $2600 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,35 \text{ m} \cdot 1,90 \text{ m} \cdot 0,02 \text{ m} = 133,38 \text{ kg}$   
Entre dues cares de la platina:  
 $133,38 \text{ kg} / 2 = 66,69 \text{ kg}$

- Comprovació tallant passador:

$$V_{pl, Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

S275  $\rightarrow 275 \text{ MPa} = 275 \text{ N/mm}^2 = 27.500.000 \text{ kg/m}^2$

$$= A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = (\pi \cdot r^2) \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = (\pi \cdot 0,003^2) \text{ m}^2 \cdot \frac{(27.500.000)}{1,05} \text{ kg/m}^2 =$$
$$= 427,83 \text{ kg} > 66,69 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$



- Comprovació a cisallament de les platines degut al Moment flector (vidre-fixació):

Es comprova amb platina de 2 mm i passadors de 8 mm:  
Passadors de 8 mm = 0,008 m  
Platina 2 mm = 0,002 m

$M_f = 66,69 \text{ kg} \cdot 0,15 \text{ m} = 10,00 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Comprovant el parell de forces generades pels dos passadors (P1 i P2) obtenim l'esforç sobre cada passador:

$P_1 = P_2 \rightarrow M_f = P_1 \cdot 0,08 \text{ m}$

$P_1 = \frac{M_f}{0,08} = \frac{10,00 \text{ kg} \cdot \text{m}}{0,08 \text{ m}} = 125 \text{ kg}$

$125 \text{ kg} / 2$  (seccions d'esquinçament platina de seccions tangents al passador) =  $62,5 \text{ kg} \rightarrow 62,5 \cdot 1,50 = 93,75 \text{ kg}$  (sobre cada passador)

$$\text{Capacitat passadors} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma} = (0,002 \cdot 0,04) \text{ m}^2 \cdot \frac{(27.500.000)}{1,05} \text{ kg/m}^2 =$$
$$= 1209,68 \text{ kg} > 93,75 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Comprovació a cisallament de les platines degut a la càrrega vertical:

$$\text{Capacitat passadors} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma} = (0,002 \cdot 0,04 \cdot 2 + 0,002 \cdot 0,08 \cdot 2) \text{ m}^2 \cdot \frac{(27.500.000)}{1,05} \text{ kg/m}^2 =$$
$$= 7258,11 \text{ kg} > 66,69 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### 2. Comprovació carrega horitzontal:

- Segons CTE DB AE Art 3.3 Vent

Pressió H2:  $0,76 \text{ kN/m}^2 = 76 \text{ kg/m}^2$

Pressió H1:  $0,56 \text{ kN/m}^2 = 56 \text{ kg/m}^2$

- Repercussió sobre fixació:

$PH2 = 76 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,35 \text{ m} \cdot 2,70 \text{ m} = 277,02 \text{ kg}$

$PH1 = 56 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,35 \text{ m} \cdot 2,70 \text{ m} = 204,12 \text{ kg}$

Repercussió en fixació (PH1+PH2):  $481,14 \text{ kg}$

- Majoració d'esforç =  $481,14 \text{ kg} \cdot 1,50 = 721,71 \text{ kg} / 2$  (entre dos passadors) =  
=  $360,09 \text{ kg}$ /per passador.

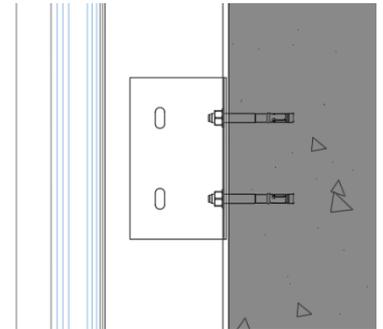
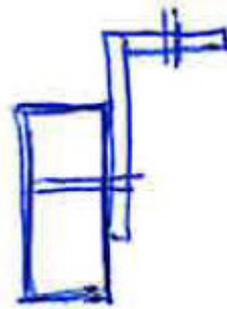
- Comprovació tallant passador 8 mm:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

S275  $\rightarrow 275 \text{ MPa} = 275 \text{ N/mm}^2 = 27.500.000 \text{ kg/m}^2$

$$= A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = (\pi \cdot r^2) \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = (\pi \cdot 0,004^2) \text{m}^2 \cdot \frac{(27.500.000)}{1,05} \text{kg/m}^2}{\sqrt{3}} =$$

= **760,07 kg > 360,09 kg  $\rightarrow$  OK**

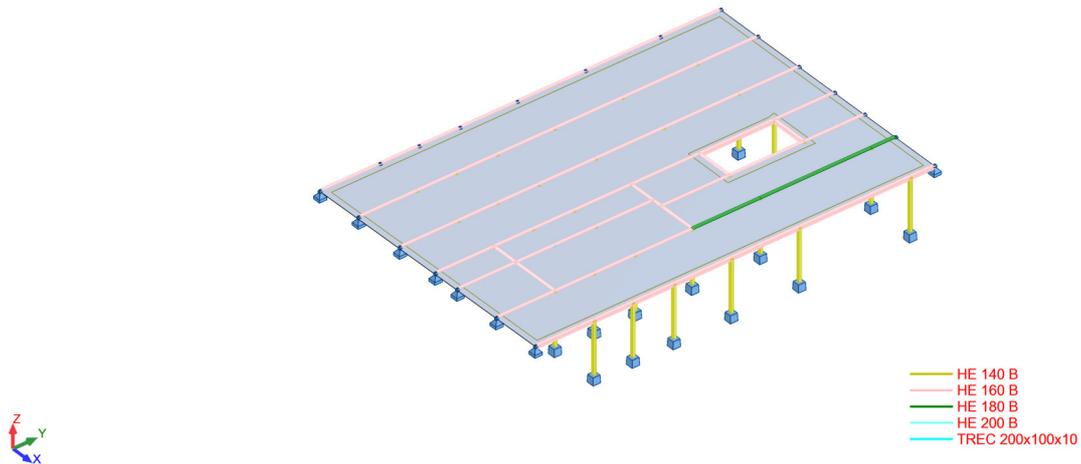


### Memoria técnica de estructura

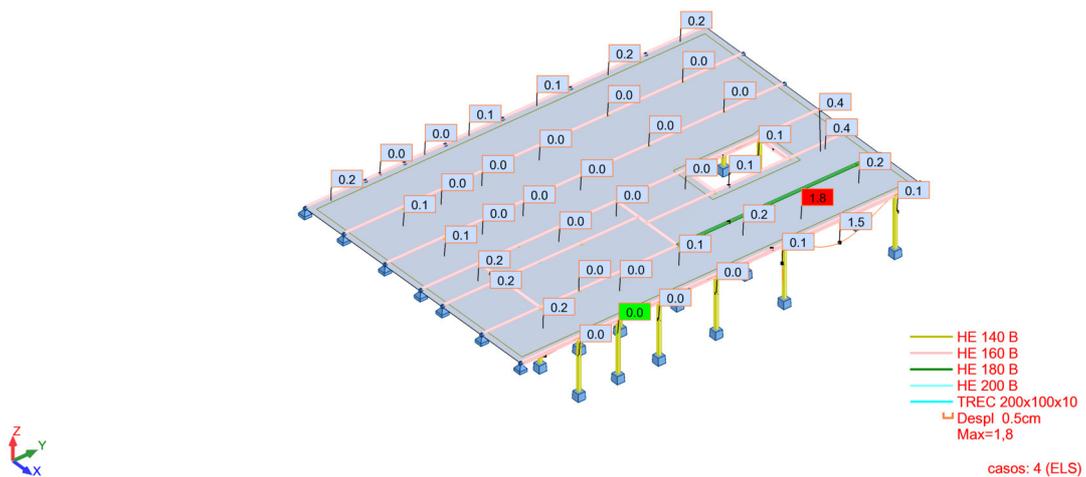
Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

## G.3. COMPROBACIONES FORJADO SÓTANO (ZONA DE ACCESO)

- Modelización de la estructura:



- Gráfica de la deformada



## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### - Comprobación de perfiles (ELU/ELS)

Barra	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit <sup>▲</sup>	Caso
169 Viga_169	OK HE 180 B	S 275	82.58	138.46	0.89	5 ELU
172 Barra_172	OK HE 160 B	S 275	23.46	39.28	0.88	5 ELU
27 352_PIL_27	OK HE 200 B	S 275	35.12	59.23	0.84	5 ELU
173 Barra_173	OK HE 160 B	S 275	41.86	70.08	0.84	5 ELU
122	OK HE 160 B	S 275	0.02	0.03	0.82	5 ELU
38 352_PIL_38	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.81	5 ELU
163	OK HE 160 B	S 275	93.37	156.30	0.70	5 ELU
154	OK HE 180 B	S 275	50.74	85.08	0.67	5 ELU
15 352_PIL_15	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.67	5 ELU
151	OK HE 180 B	S 275	18.42	30.89	0.67	5 ELU
107	OK HE 160 B	S 275	63.15	105.71	0.63	5 ELU
119	OK HE 160 B	S 275	63.16	105.73	0.62	5 ELU
105	OK HE 160 B	S 275	51.03	85.42	0.60	5 ELU
117	OK HE 160 B	S 275	51.03	85.42	0.59	5 ELU
109	OK HE 160 B	S 275	57.37	96.04	0.57	5 ELU
30 352_PIL_30	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.57	5 ELU
121	OK HE 160 B	S 275	57.35	96.01	0.56	5 ELU
31 352_PIL_31	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.55	5 ELU
164	OK HE 160 B	S 275	57.37	96.04	0.51	5 ELU
162	OK HE 160 B	S 275	20.83	34.86	0.49	5 ELU
26 352_PIL_26	OK TREC 200x10	ACERO	43.83	75.90	0.42	5 ELU
111	OK HE 160 B	S 275	48.30	80.85	0.42	5 ELU
149	OK HE 160 B	S 275	57.37	96.04	0.42	5 ELU
116	OK HE 160 B	S 275	49.11	82.21	0.41	5 ELU
123	OK HE 160 B	S 275	48.30	80.85	0.41	5 ELU
128	OK HE 160 B	S 275	49.11	82.21	0.41	5 ELU
33 352_PIL_33	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.38	5 ELU
23 352_PIL_23	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.38	5 ELU
133	OK HE 160 B	S 275	57.37	96.04	0.37	5 ELU
129	OK HE 160 B	S 275	51.03	85.43	0.37	5 ELU
148	OK HE 160 B	S 275	63.16	105.73	0.37	5 ELU
161	OK HE 160 B	S 275	49.11	82.21	0.37	5 ELU
32 352_PIL_32	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.37	5 ELU
131	OK HE 160 B	S 275	63.15	105.72	0.36	5 ELU
115	OK HE 160 B	S 275	32.95	55.17	0.35	5 ELU
127	OK HE 160 B	S 275	32.93	55.13	0.35	5 ELU
135	OK HE 160 B	S 275	48.30	80.85	0.34	5 ELU
29 352_PIL_29	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.33	5 ELU
59	OK HE 160 B	S 275	63.15	105.71	0.31	5 ELU
2 Barra_2	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.31	5 ELU
22 352_PIL_22	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.31	5 ELU
146	OK HE 160 B	S 275	49.11	82.21	0.30	5 ELU
160	OK HE 160 B	S 275	32.96	55.17	0.30	5 ELU
14 352_PIL_14	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.30	5 ELU
43	OK HE 160 B	S 275	30.21	50.57	0.30	5 ELU
156	OK HE 160 B	S 275	48.30	80.85	0.30	5 ELU
141	OK HE 160 B	S 275	48.27	80.81	0.30	5 ELU
60	OK HE 160 B	S 275	51.03	85.43	0.30	5 ELU
140	OK HE 160 B	S 275	49.11	82.21	0.29	5 ELU
42	OK HE 160 B	S 275	20.83	34.86	0.28	5 ELU
158	OK HE 160 B	S 275	34.51	57.77	0.27	5 ELU
58	OK HE 160 B	S 275	57.37	96.04	0.27	5 ELU
6 352_PIL_6	OK HE 140 B	S 275	50.61	83.87	0.26	5 ELU

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de las barras

### GRUPO:

**BARRA:** 169 Viga\_169

**PUNTOS:** 1

**COORDENADA:** x = 0.00 L = 0.0000 m

### CARGAS:

Caso de carga más desfavorable: 5 ELU (1+2)\*1.35+3\*1.50

### MATERIAL:

S 275 ( S 275 )  $f_y = 275.00$  MPa



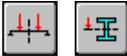
### PARAMETROS DE LA SECCION: HE 180 B

h=18.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=18.0 cm	Ay=54.88 cm <sup>2</sup>	Az=20.24 cm <sup>2</sup>	Ax=65.25 cm <sup>2</sup>
tw=0.9 cm	Iy=3831.13 cm <sup>4</sup>	Iz=1362.85 cm <sup>4</sup>	Ix=45.10 cm <sup>4</sup>
tf=1.4 cm	Wply=481.47 cm <sup>3</sup>	Wplz=231.02 cm <sup>3</sup>	

### FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

N,Ed = 2.97 kN	My,Ed = -96.57 kN*m	Mz,Ed = -0.01 kN*m	Vy,Ed = 0.00 kN
Nc,Rd = 1794.41 kN	My,Ed,max = -96.57 kN*m	Mz,Ed,max = -0.04 kN*m	Vy,T,Rd = 871.33 kN
Nb,Rd = 512.63 kN	My,c,Rd = 132.40 kN*m	Mz,c,Rd = 63.53 kN*m	Vz,Ed = 103.29 kN
	MN,y,Rd = 132.40 kN*m	MN,z,Rd = 63.53 kN*m	Vz,T,Rd = 321.37 kN
	Mb,Rd = 109.42 kN*m		Tt,Ed = 0.00 kN*m

CLASE DE LA SECCION = 1



### PARAMETROS DE ALABEO:

z = 0.00	Mcr = 193.19 kN*m	Curva,LT - b	XLT = 0.80
Lcr,low=6.3277 m	Lam_LT = 0.83	fi,LT = 0.83	XLT,mod = 0.83

### PARAMETROS DE PANDEO:

	respecto al eje y:		respecto al eje z:
Ly = 6.3277 m	Lam_y = 0.95	Lz = 6.3277 m	Lam_z = 1.59
Lcr,y = 6.3277 m	Xy = 0.63	Lcr,z = 6.3277 m	Xz = 0.29
Lamy = 82.58	ky = 1.00	Lamz = 138.46	kyz = 0.99
pandeo con torsión:		pandeo flexo-torsor	
Curva,T=c	alfa,T=0.49	Curva,TF=c	alfa,TF=0.49
Lt=6.3277 m	fi,T=0.77	Ncr,y=1983.13 kN	fi,TF=0.77
Ncr,T=5186.82 kN	X,T=0.79	Ncr,TF=5186.82 kN	X,TF=0.79
Lam_T=0.95	Nb,T,Rd=1421.84 kN	Lam_TF=0.59	Nb,TF,Rd=1421.84 kN

### FORMULAS DE VERIFICACION:

#### Control de la resistencia de la sección:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^2 = 0.53 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.32 < 1.00$  (6.2.6-7)

$\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

$\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

#### Control de estabilidad global de la barra:

$\lambda_{y} = 82.58 < \lambda_{max} = 210.00$   $\lambda_{z} = 138.46 < \lambda_{max} = 210.00$  ESTABLE

$N_{Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.01 < 1.00$  (6.3.1)

$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.88 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))

$N_{Ed}/(X_y*N_{Rk/gM1}) + k_{yy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk/gM1}) + k_{yz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk/gM1}) = 0.89 < 1.00$  (6.3.3.(4))

$N_{Ed}/(X_z*N_{Rk/gM1}) + k_{zy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk/gM1}) + k_{zz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk/gM1}) = 0.47 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Perfil correcto !**

**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

Barra	Perfil	Material	Ratio(uy)	Caso (uy)	Ratio(uz)	Caso (uz)
169 Viga_169	HE 180 B	S 275	0.00	4 ELS	0.84	4 ELS
163	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.71	4 ELS
149	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.42	4 ELS
116	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.38	4 ELS
128	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.37	4 ELS
161	HE 160 B	S 275	0.01	4 ELS	0.37	4 ELS
129	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.34	4 ELS
107	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.32	4 ELS
119	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.32	4 ELS
105	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.31	4 ELS
117	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.31	4 ELS
140	HE 160 B	S 275	0.01	4 ELS	0.29	4 ELS
146	HE 160 B	S 275	0.01	4 ELS	0.27	4 ELS
133	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.25	4 ELS
109	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.22	4 ELS
121	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.21	4 ELS
7	HE 160 B	S 275	0.00		0.21	4 ELS
141	HE 160 B	S 275	0.01	4 ELS	0.20	4 ELS
168	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.19	4 ELS
151	HE 180 B	S 275	0.00	4 ELS	0.18	4 ELS
156	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.18	4 ELS
59	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.16	4 ELS
162	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.15	4 ELS
60	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.15	4 ELS
42	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.14	4 ELS
111	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.13	4 ELS
123	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.13	4 ELS
43	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.12	4 ELS
154	HE 180 B	S 275	0.00	4 ELS	0.11	4 ELS
58	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.10	4 ELS
165	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.09	4 ELS
135	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.08	4 ELS
164	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.08	4 ELS
57	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.08	4 ELS
148	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.05	4 ELS
115	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.05	4 ELS
90	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.05	4 ELS
79	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.05	4 ELS
127	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.05	4 ELS
160	HE 160 B	S 275	0.01	4 ELS	0.05	4 ELS
131	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.05	4 ELS
25	HE 160 B	S 275	0.00		0.04	4 ELS
113	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.04	4 ELS
125	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.04	4 ELS
139	HE 160 B	S 275	0.01	4 ELS	0.04	4 ELS
158	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.03	4 ELS
170	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.03	4 ELS
137	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.03	4 ELS
56	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.03	4 ELS
167	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.02	4 ELS
143	HE 160 B	S 275	0.00	1*3	0.02	4 ELS
166	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.02	4 ELS
145	HE 160 B	S 275	0.00	4 ELS	0.01	4 ELS

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

---

**NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de las barras

---

**GRUPO:**

**BARRA:** 169 Viga\_169

**PUNTOS:**

**COORDENADA:**

---



**PARAMETROS DE LA SECCION: HE 180 B**

ht=18.0 cm

bf=18.0 cm

ea=0.9 cm

es=1.4 cm

Ay=50.40 cm<sup>2</sup>

Iy=3831.13 cm<sup>4</sup>

Wely=425.68 cm<sup>3</sup>

Az=15.30 cm<sup>2</sup>

Iz=1362.85 cm<sup>4</sup>

Welz=151.43 cm<sup>3</sup>

Ax=65.25 cm<sup>2</sup>

Ix=45.10 cm<sup>4</sup>

---

**DESPLAZAMIENTOS LIMITES**



**Flechas (COORDENADAS LOCALES):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/300.00 = 2.1 cm Verificado

**Caso de carga más desfavorable:** 4 ELS (1+2+3)\*1.00

uz = 1.8 cm < uz max = L/300.00 = 2.1 cm Verificado

**Caso de carga más desfavorable:** 4 ELS (1+2+3)\*1.00

u inst,y = 0.0 cm < u inst,max,y = L/500.00 = 1.3 cm Verificado

**Caso de carga más desfavorable:** 1\*3

---

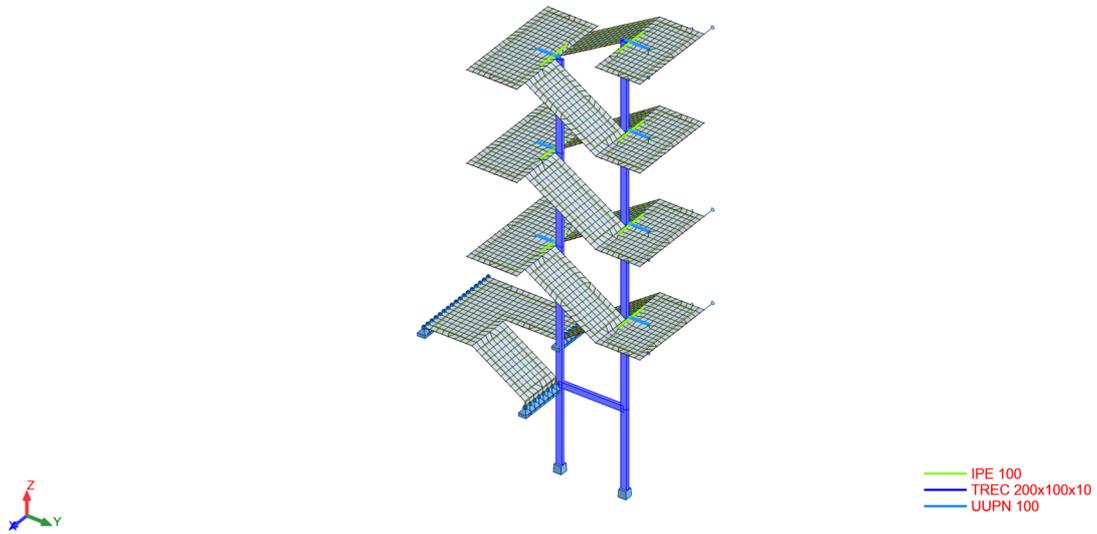
**Perfil correcto !**

### Memoria técnica de estructura

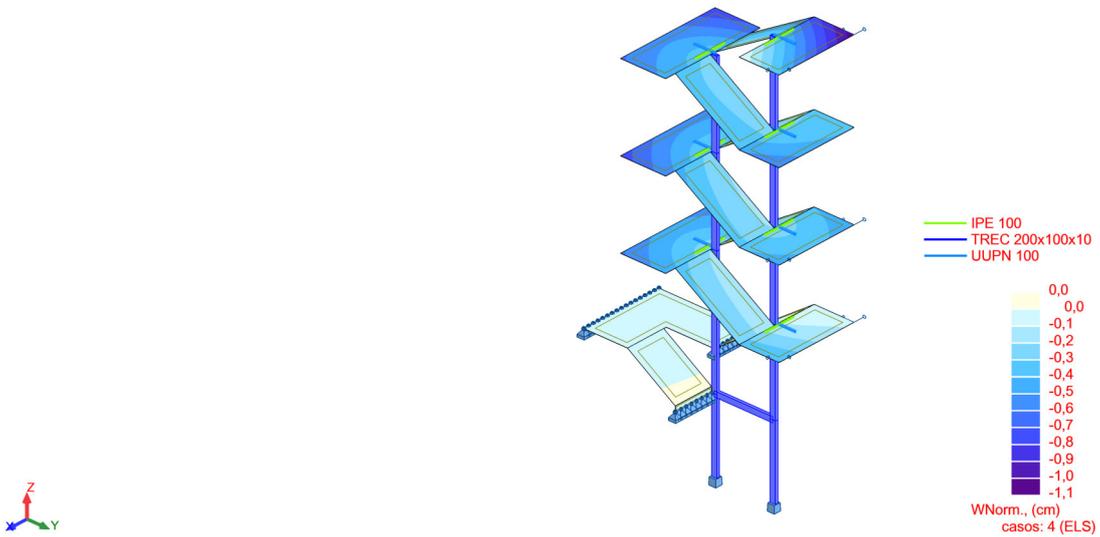
Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

#### G.4. COMPROBACIÓN ESCALERA

- Modelización de la estructura:



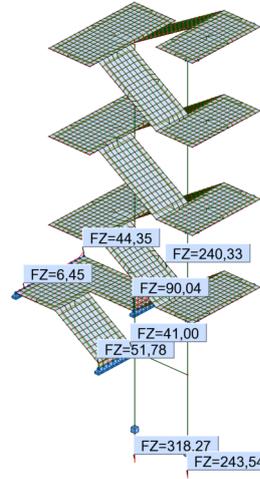
- Diagrama deformaciones:



**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

- Reacciones:



casos: 4 (ELS)

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.

Octubre 2023

### - Comprobación de perfiles:

Barra		Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit.	Caso
116	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.91	5 ELU
110	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.87	5 ELU
49	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.83	5 ELU
6	OK	TREC 200x10	ACERO	67.93	117.65	0.79	5 ELU
53	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.77	5 ELU
55	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.71	5 ELU
51	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.70	5 ELU
47	OK	UUPN 100	S 275	5.10	9.31	0.69	5 ELU
24 352_PIL_24	OK	TREC 200x10	ACERO	46.02	79.70	0.57	5 ELU
5	OK	TREC 200x10	ACERO	39.45	68.31	0.45	5 ELU
44	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.44	5 ELU
20 352_PIL_20	OK	TREC 200x10	ACERO	46.02	79.70	0.43	5 ELU
26 352_PIL_26	OK	TREC 200x10	ACERO	46.02	79.70	0.41	5 ELU
114	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.40	5 ELU
23 352_PIL_23	OK	TREC 200x10	ACERO	45.29	78.43	0.38	5 ELU
46	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.37	5 ELU
22 352_PIL_22	OK	TREC 200x10	ACERO	39.45	68.31	0.35	5 ELU
109	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.34	5 ELU
27 352_PIL_27	OK	TREC 200x10	ACERO	43.83	75.90	0.33	5 ELU
21 352_PIL_21	OK	TREC 200x10	ACERO	46.02	79.70	0.32	5 ELU
42	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.29	5 ELU
41	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.23	5 ELU
115	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.22	5 ELU
43	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.21	5 ELU
52	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.20	5 ELU
108	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.19	5 ELU
40	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.19	5 ELU
25	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.18	5 ELU
45	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.18	5 ELU
18	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.17	5 ELU
54	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.15	5 ELU
56	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.12	5 ELU
117	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.12	5 ELU
111	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.09	5 ELU
17	OK	IPE 100	S 275	14.74	48.32	0.09	5 ELU
50	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.08	5 ELU
3 352_PIL_3	OK	TREC 200x10	ACERO	32.18	55.73	0.04	5 ELU
48	OK	UUPN 100	S 275	15.29	27.93	0.03	5 ELU

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de las barras

**GRUPO:**

**BARRA:** 6

**PUNTOS:** 2

**COORDENADA:**  $x = 0.50 L = 2.33$  m

**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable: 5 ELU (1+2)\*1.35+3\*1.50

**MATERIAL:**

ACERO ( S275 )  $f_y = 275.00$  MPa



**PARAMETROS DE LA SECCION: TREC 200x100x10**

$h=20.0$  cm

$gM0=1.00$

$gM1=1.00$

$b=10.0$  cm

$A_y=17.64$  cm<sup>2</sup>

$A_z=35.27$  cm<sup>2</sup>

$A_x=52.91$  cm<sup>2</sup>

$tw=1.0$  cm

$I_y=2479.00$  cm<sup>4</sup>

$I_z=826.50$  cm<sup>4</sup>

$I_x=2139.00$  cm<sup>4</sup>

$tf=1.0$  cm

$W_{ply}=352.00$  cm<sup>3</sup>

$W_{plz}=212.00$  cm<sup>3</sup>

**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**

$N_{,Ed} = 449.10$  kN

$My_{,Ed} = 1.67$  kN\*m

$Mz_{,Ed} = -0.12$  kN\*m

$Vy_{,Ed} = 0.21$  kN

$N_{c,Rd} = 1243.38$  kN

$My_{,Ed,max} = 4.82$  kN\*m

$Mz_{,Ed,max} = -0.62$  kN\*m

$Vy_{,T,Rd} = 238.84$  kN

$N_{b,Rd} = 618.74$  kN

$My_{,c,Rd} = 82.72$  kN\*m

$Mz_{,c,Rd} = 49.82$  kN\*m

$Vz_{,Ed} = 1.36$  kN

$MN_{,y,Rd} = 70.46$  kN\*m

$MN_{,z,Rd} = 36.25$  kN\*m

$Vz_{,T,Rd} = 477.68$  kN

$Mb_{,Rd} = 82.72$  kN\*m

$Tt_{,Ed} = 0.09$  kN\*m

CLASE DE LA SECCION = 1



**PARAMETROS DE ALABEO:**

$z = 0.00$

$M_{cr} = 1314.66$  kN\*m

Curva,LT - d

$X_{LT} = 1.00$

$L_{cr,upp} = 4.65$  m

$\lambda_{m,LT} = 0.25$

$f_{i,LT} = 0.47$

$X_{LT,mod} = 1.00$

**PARAMETROS DE PANDEO:**



respecto al eje y:

$L_y = 4.65$  m

$\lambda_{m,y} = 0.72$

$L_{cr,y} = 4.65$  m

$X_y = 0.84$

$\lambda_{m,y} = 67.93$

$k_{zy} = 0.66$



respecto al eje z:

$L_z = 4.65$  m

$\lambda_{m,z} = 1.25$

$L_{cr,z} = 4.65$  m

$X_z = 0.50$

$\lambda_{m,z} = 117.65$

$k_{zz} = 1.70$

pandeo con torsión:

Curva,T=a

$\alpha_{T} = 0.21$

$L_t = 4.65$  m

$f_{i,T} = 0.49$

$N_{cr,T} = 272509.28$  kN

$X_{T} = 1.00$

$\lambda_{m,T} = 0.72$

$N_{b,T,Rd} = 1243.38$  kN

pandeo flexo-torsor

Curva,TF=a

$\alpha_{TF} = 0.21$

$N_{cr,y} = 2376.24$  kN

$f_{i,TF} = 0.49$

$N_{cr,TF} = 272509.28$  kN

$X_{TF} = 1.00$

$\lambda_{m,TF} = 0.07$

$N_{b,TF,Rd} = 1243.38$  kN

**FORMULAS DE VERIFICACION:**

**Control de la resistencia de la sección:**

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.36 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$(My_{,Ed}/MN_{,y,Rd})^{1.95} + (Mz_{,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.95} = 0.00 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))

$Vy_{,Ed}/Vy_{,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)

$Vz_{,Ed}/Vz_{,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)

$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Control de estabilidad global de la barra:**

$\lambda_{m,y} = 67.93 < \lambda_{m,max} = 210.00$   $\lambda_{m,z} = 117.65 < \lambda_{m,max} = 210.00$  ESTABLE

$N_{,Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.73 < 1.00$  (6.3.1)

$My_{,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.06 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))

$N_{,Ed}/(X_y N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} My_{,Ed,max}/(X_{LT} My_{,Rk}/gM1) + k_{yz} Mz_{,Ed,max}/(Mz_{,Rk}/gM1) = 0.55 < 1.00$  (6.3.3.(4))

$N_{,Ed}/(X_z N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} My_{,Ed,max}/(X_{LT} My_{,Rk}/gM1) + k_{zz} Mz_{,Ed,max}/(Mz_{,Rk}/gM1) = 0.79 < 1.00$  (6.3.3.(4))

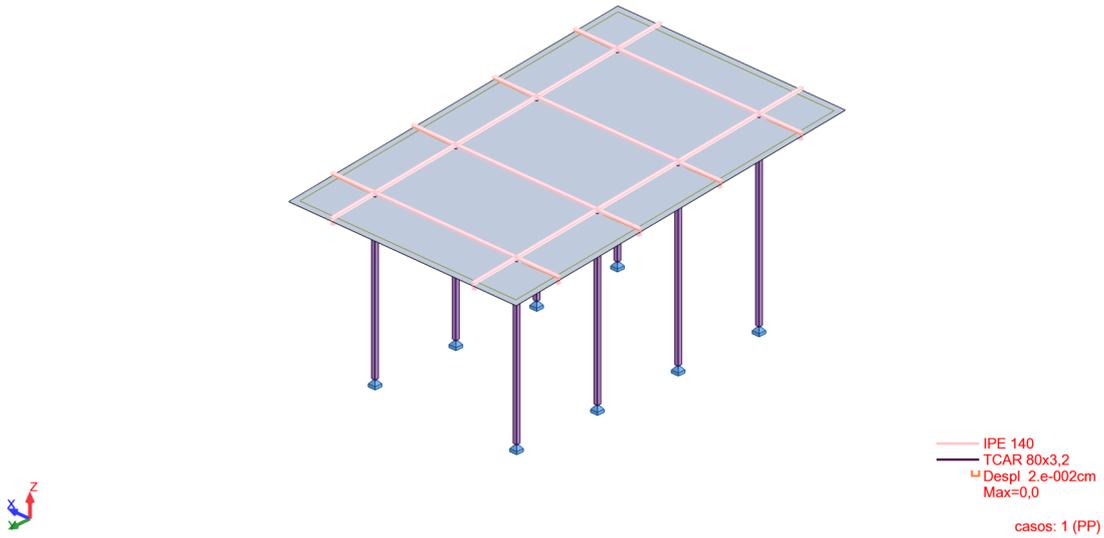
**Perfil correcto !**

### Memoria técnica de estructura

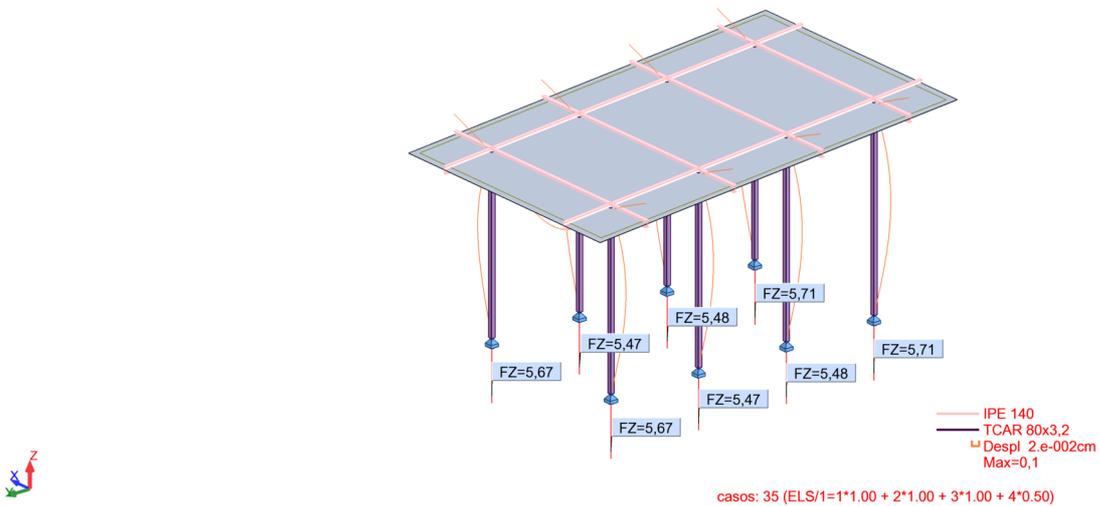
Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

## G.5. COMPROBACIÓN TORREÓN

- Modelización de la estructura:



- Diagrama de reacciones:



### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

#### - Comprobación de perfiles:

Barra	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit	Caso
27	OK IPE 140	S 275	57.32	198.95	0.24	11 ELU/5=1*1.35 + 2
18	OK IPE 140	S 275	57.32	198.95	0.24	11 ELU/5=1*1.35 + 2
24	OK IPE 140	S 275	57.32	198.95	0.23	11 ELU/5=1*1.35 + 2
21	OK IPE 140	S 275	57.32	198.95	0.23	11 ELU/5=1*1.35 + 2
10 PIL 352_10	OK TCAR 80x3,2	S 275	127.78	127.78	0.16	11 ELU/5=1*1.35 + 2
16 PIL 352_16	OK TCAR 80x3,2	S 275	127.78	127.78	0.16	11 ELU/5=1*1.35 + 2
15 PIL 352_15	OK TCAR 80x3,2	S 275	122.45	122.45	0.14	11 ELU/5=1*1.35 + 2
11 PIL 352_11	OK TCAR 80x3,2	S 275	122.45	122.45	0.14	11 ELU/5=1*1.35 + 2
14 PIL 352_14	OK TCAR 80x3,2	S 275	111.81	111.81	0.14	11 ELU/5=1*1.35 + 2
13 PIL 352_13	OK TCAR 80x3,2	S 275	111.81	111.81	0.14	11 ELU/5=1*1.35 + 2
12 PIL 352_12	OK TCAR 80x3,2	S 275	117.13	117.13	0.14	11 ELU/5=1*1.35 + 2
17 PIL 352_17	OK TCAR 80x3,2	S 275	117.13	117.13	0.14	11 ELU/5=1*1.35 + 2
26	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
2	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
28	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
19	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
25	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
20	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
22	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
23	OK IPE 140	S 275	17.42	60.47	0.09	11 ELU/5=1*1.35 + 2
30	OK IPE 140	S 275	33.87	117.57	0.01	11 ELU/5=1*1.35 + 2
35	OK IPE 140	S 275	33.87	117.57	0.01	11 ELU/5=1*1.35 + 2
32	OK IPE 140	S 275	33.87	117.57	0.01	11 ELU/5=1*1.35 + 2
37	OK IPE 140	S 275	33.87	117.57	0.01	11 ELU/5=1*1.35 + 2
34	OK IPE 140	S 275	18.18	63.12	0.00	22 ELU/16=1*1.35 +
29	OK IPE 140	S 275	18.18	63.12	0.00	11 ELU/5=1*1.35 + 2
38	OK IPE 140	S 275	18.18	63.12	0.00	22 ELU/16=1*1.35 +
33	OK IPE 140	S 275	18.18	63.12	0.00	22 ELU/16=1*1.35 +
31	OK IPE 140	S 275	33.87	117.57	0.00	11 ELU/5=1*1.35 + 2
36	OK IPE 140	S 275	33.87	117.57	0.00	11 ELU/5=1*1.35 + 2

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de las barras

**GRUPO:**

**BARRA:** 27

**PUNTOS:** 2

**COORDENADA:**  $x = 0.50 L = 1.6450 \text{ m}$

**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable:  $11 \text{ ELU}/5 = 1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.50 + 6 \cdot 0.90 + 4 \cdot 0.75 (1+2) \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.50 + 6 \cdot 0.90 + 4 \cdot 0.75$

**MATERIAL:**

S 275 (S 275)  $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



### PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 140

$h = 14.0 \text{ cm}$

$b = 7.3 \text{ cm}$

$t_w = 0.5 \text{ cm}$

$t_f = 0.7 \text{ cm}$

$g_{M0} = 1.00$

$A_y = 11.15 \text{ cm}^2$

$I_y = 541.22 \text{ cm}^4$

$W_{ply} = 88.35 \text{ cm}^3$

$g_{M1} = 1.00$

$A_z = 7.64 \text{ cm}^2$

$I_z = 44.92 \text{ cm}^4$

$W_{plz} = 19.25 \text{ cm}^3$

$A_x = 16.43 \text{ cm}^2$

$I_x = 2.54 \text{ cm}^4$

### FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:

$N_{,Ed} = 0.08 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 451.71 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 74.02 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = 3.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{y,Ed,max} = 3.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{y,c,Rd} = 24.30 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{N,y,Rd} = 24.30 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{b,Rd} = 14.10 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z,Ed} = 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z,Ed,max} = 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z,c,Rd} = 5.29 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{N,z,Rd} = 5.29 \text{ kN} \cdot \text{m}$

CLASE DE LA SECCION = 1



### PARAMETROS DE ALABEO:

$z = 0.00$

$L_{cr,upp} = 3.2900 \text{ m}$

$M_{cr} = 16.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$Lam_{LT} = 1.22$

Curva,LT - b

$f_i,LT = 1.20$

$X_{LT} = 0.57$

$X_{LT,mod} = 0.58$

### PARAMETROS DE PANDEO:



respecto al eje y:

$L_y = 3.2900 \text{ m}$

$L_{cr,y} = 3.2900 \text{ m}$

$Lam_y = 57.32$

$Lam_y = 0.66$

$X_y = 0.87$

$k_{yy} = 1.00$



respecto al eje z:

$L_z = 3.2900 \text{ m}$

$L_{cr,z} = 3.2900 \text{ m}$

$Lam_z = 198.95$

$Lam_z = 2.29$

$X_z = 0.16$

$k_{yz} = 0.73$

pandeo con torsión:

Curva,T=b

$L_t = 3.2900 \text{ m}$

$N_{cr,T} = 681.67 \text{ kN}$

$Lam_T = 0.66$

$\alpha_{T} = 0.34$

$f_i,T = 0.94$

$X,T = 0.72$

$N_{b,T,Rd} = 323.32 \text{ kN}$

pandeo flexo-torsor

Curva,TF=b

$N_{cr,y} = 1036.34 \text{ kN}$

$N_{cr,TF} = 681.67 \text{ kN}$

$Lam_{TF} = 0.81$

$\alpha_{TF} = 0.34$

$f_i,TF = 0.94$

$X,TF = 0.72$

$N_{b,TF,Rd} = 323.32 \text{ kN}$

### FORMULAS DE VERIFICACION:

#### Control de la resistencia de la sección:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.02 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))

#### Control de estabilidad global de la barra:

$Lambda_y = 57.32 < Lambda_{max} = 210.00$   $Lambda_z = 198.95 < Lambda_{max} = 210.00$  ESTABLE

$N_{,Ed}/\text{Min}(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.00 < 1.00$  (6.3.1)

$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.24 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))

$N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.24 < 1.00$  (6.3.3.(4))

$N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.13 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Perfil correcto !**

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de las barras

**GRUPO:**

**BARRA:** 10 PIL 352\_10

**PUNTOS:** 2

**COORDENADA:** x = 0.50 L = 2.0000 m

**CARGAS:**

Caso de carga más desfavorable: 11 ELU/5=1\*1.35 + 2\*1.35 + 3\*1.50 + 6\*0.90 + 4\*0.75 (1+2)\*1.35+3\*1.50+6\*0.90+4\*0.75

**MATERIAL:**

S 275 ( S 275 ) fy = 275.00 MPa



**PARAMETROS DE LA SECCION: TCAR 80x3,2**

h=8.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=8.0 cm	Ay=4.89 cm <sup>2</sup>	Az=4.89 cm <sup>2</sup>	Ax=9.78 cm <sup>2</sup>
tw=0.3 cm	Iy=95.85 cm <sup>4</sup>	Iz=95.85 cm <sup>4</sup>	Ix=147.70 cm <sup>4</sup>
tf=0.3 cm	Wply=28.33 cm <sup>3</sup>	Wplz=28.33 cm <sup>3</sup>	

**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**

N,Ed = 11.86 kN	My,Ed = -0.15 kN*m	Mz,Ed = 0.00 kN*m	Vy,Ed = 0.00 kN
Nc,Rd = 268.98 kN	My,Ed,max = -0.31 kN*m	Mz,Ed,max = 0.00 kN*m	Vy,c,Rd = 77.65 kN
Nb,Rd = 103.44 kN	My,c,Rd = 7.79 kN*m	Mz,c,Rd = 7.79 kN*m	Vz,Ed = 0.08 kN
	MN,y,Rd = 7.79 kN*m	MN,z,Rd = 7.79 kN*m	Vz,c,Rd = 77.65 kN

CLASE DE LA SECCION = 1

**PARAMETROS DE PANDEO:**



respecto al eje y:

Ly = 4.0000 m	Lam_y = 1.47
Lcr,y = 4.0000 m	Xy = 0.38
Lamy = 127.78	ky = 1.07

pandeo con torsión:

Curva,T=a	alfa,T=0.21
Lt=4.0000 m	fi,T=0.49
Ncr,T=59874.91 kN	X,T=1.00
Lam_T=1.47	Nb,T,Rd=268.98 kN



respecto al eje z:

Lz = 4.0000 m	Lam_z = 1.47
Lcr,z = 4.0000 m	Xz = 0.38
Lamz = 127.78	kyz = 0.69

pandeo flexo-torsor

Curva,TF=a	alfa,TF=0.21
Ncr,y=124.16 kN	fi,TF=0.49
Ncr,TF=59874.91 kN	X,TF=1.00
Lam_TF=0.07	Nb,TF,Rd=268.98 kN

**FORMULAS DE VERIFICACION:**

**Control de la resistencia de la sección:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$
$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$
$$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$
$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

**Control de estabilidad global de la barra:**

$$\lambda_{b,y} = 127.78 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \lambda_{b,z} = 127.78 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \text{ESTABLE}$$

$$N_{Ed}/\text{Min}(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.11 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_z, Rk/gM1) = 0.16 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_z, Rk/gM1) = 0.14 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

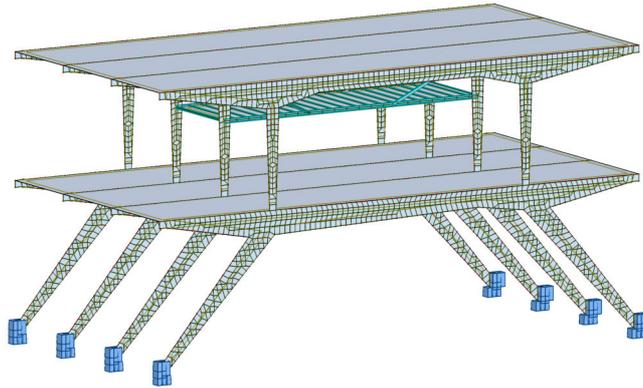
**Perfil correcto !**

### Memoria técnica de estructura

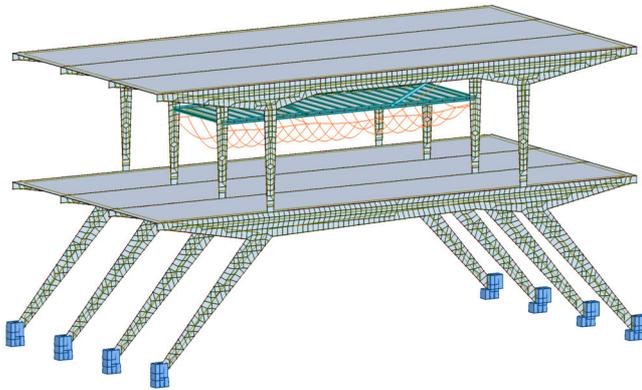
Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

## G.6. COMPROBACIÓN ALTILLO SUSPENDIDO

- Modelización de la estructura:



- Deformación elástica de la estructura:

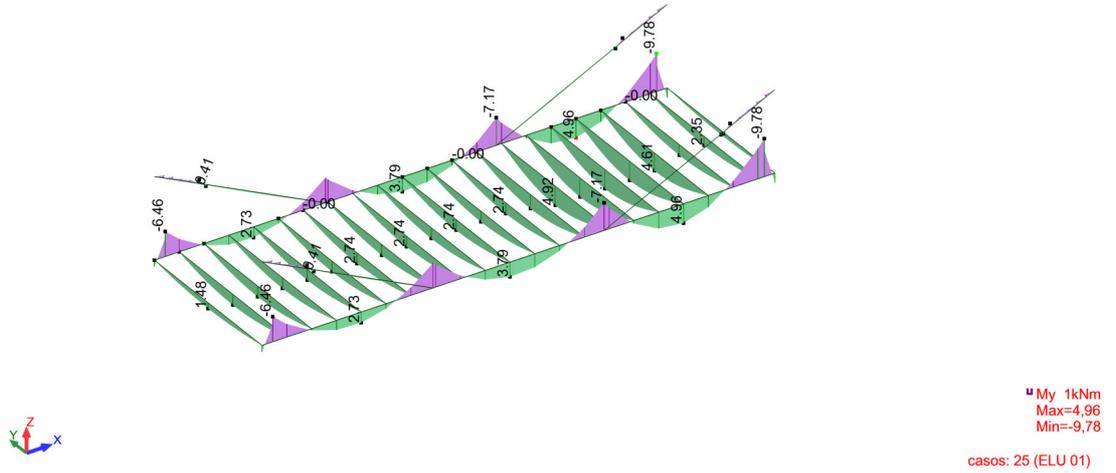


Despl 0.5cm  
Max=1,3  
casos: 8 (ELS 01)

**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

- Diagrama de Momentos Flectores:



**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
 Octubre 2023

## - Comprobación de perfiles

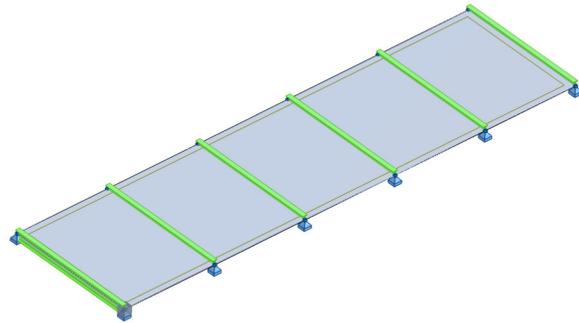
Barra	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit <sup>▲</sup>	Caso	
36 PERFILS 352_	!	UPN 120	S 275	98.94	287.71	0.74	27 ELU 03
39 PERFILS 352_	!	UPN 120	S 275	98.94	287.71	0.74	27 ELU 03
38 PERFILS 352_	!	UPN 120	S 275	98.94	287.71	0.63	27 ELU 03
37 PERFILS 352_	!	UPN 120	S 275	98.94	287.71	0.63	27 ELU 03
53 PERFILS 352_	OK	IPE 120	S 275	81.56	276.39	0.63	25 ELU 01
54 PERFILS 352_	OK	IPE 120	S 275	81.56	276.39	0.63	25 ELU 01
56 PERFILS 352_	OK	IPE 120	S 275	81.56	276.39	0.63	25 ELU 01
55 PERFILS 352_	OK	IPE 120	S 275	81.56	276.39	0.63	25 ELU 01
57 PERFILS 352_	OK	IPE 120	S 275	81.56	276.39	0.59	25 ELU 01
42 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
58 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
43 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
45 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
40 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
48 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
47 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
49 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
50 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
51 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
46 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
44 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
41 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.58	25 ELU 01
59 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.49	25 ELU 01
1	OK	UPN 180	S 275	59.32	204.83	0.48	25 ELU 01
5	OK	UPN 180	S 275	59.32	204.83	0.48	25 ELU 01
52 PERFILS 352_	OK	IPE 120	S 275	81.56	276.39	0.47	25 ELU 01
35 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.31	25 ELU 01
2	OK	UPN 180	S 275	59.32	204.83	0.30	25 ELU 01
6	OK	UPN 180	S 275	59.32	204.83	0.30	25 ELU 01
4	OK	UPN 180	S 275	59.32	204.83	0.29	25 ELU 01
7	OK	UPN 180	S 275	59.32	204.83	0.29	25 ELU 01
33 PERFILS 352_	OK	IPE 100	S 275	98.28	322.12	0.23	25 ELU 01

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

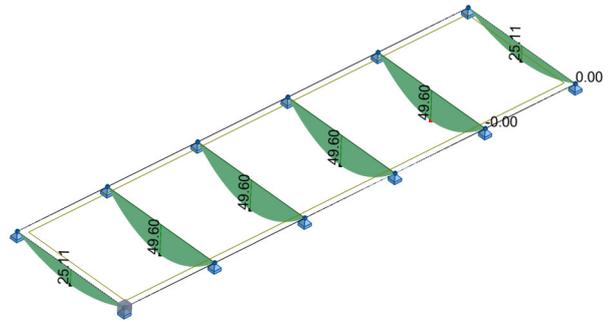
## G.7. CUBRICIÓN HUECOS EXISTENTES

- Modelización de la estructura



IPE 240

- Diagrama de Momentos Flectores



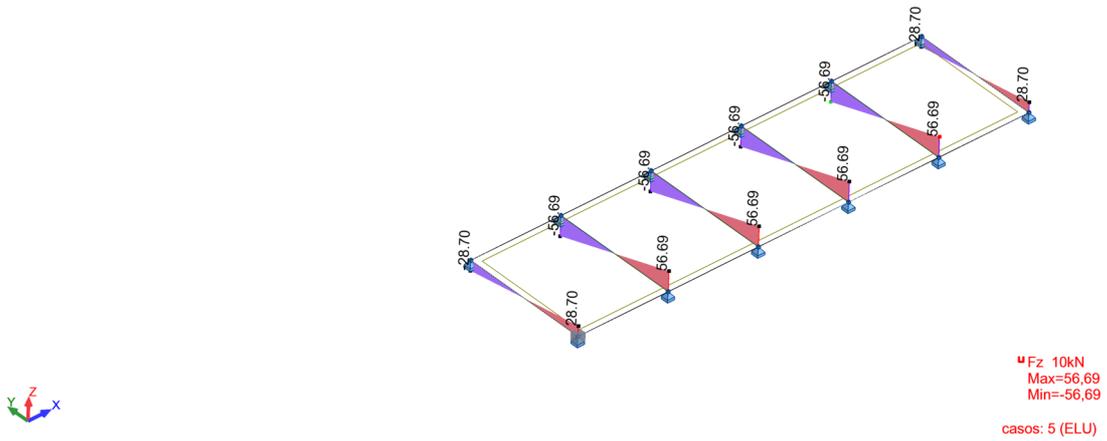
My 10kNm  
Max=49,60  
Min=-0,00

casos: 5 (ELU)

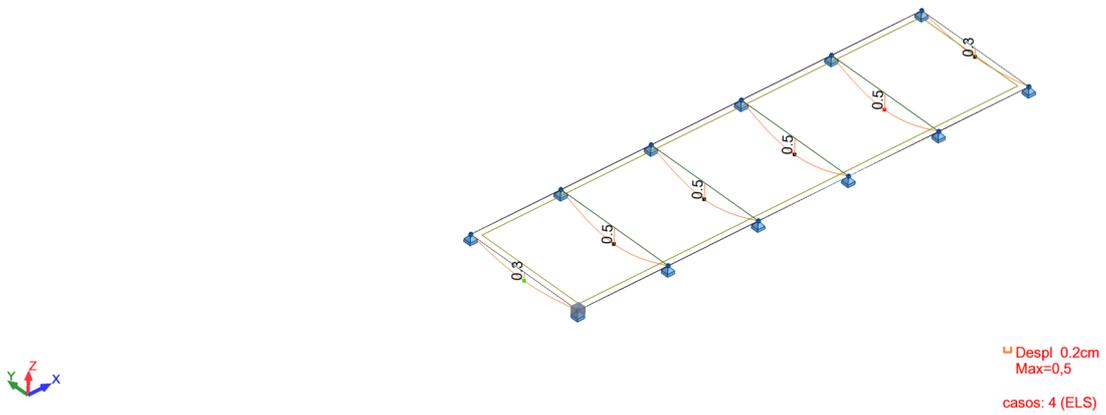
**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

- Diagrama de Cortantes



- Diagrama de deformación



## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### - Comprobación de perfiles

Barra		Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit.	Caso
2	352_JAS_2	OK IPE 240	S 275	35.09	129.98	0.69	5 ELU
3	352_JAS_3	OK IPE 240	S 275	35.09	129.98	0.69	5 ELU
4	352_JAS_4	OK IPE 240	S 275	35.09	129.98	0.69	5 ELU
5	352_JAS_5	OK IPE 240	S 275	35.09	129.98	0.69	5 ELU
6	352_JAS_6	OK IPE 240	S 275	35.09	129.98	0.35	5 ELU
7	352_JAS_7	OK IPE 240	S 275	35.09	129.98	0.35	5 ELU

**NORMA:** UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DE ANÁLISIS:** Verificación de las barras

**GRUPO:**

**BARRA:** 2 352\_JAS\_2

**PUNTOS:** 2

**COORDENADA:**  $x = 0.50 L = 1.7500 \text{ m}$

**CARGAS:**

*Caso de carga más desfavorable:* 5 ELU  $(1+2)*1.35+3*1.50$

**MATERIAL:**

S 275 ( S 275 )  $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



**PARAMETROS DE LA SECCION: IPE 240**

$h=24.0 \text{ cm}$

$gM0=1.00$

$gM1=1.00$

$b=12.0 \text{ cm}$

$A_y=27.31 \text{ cm}^2$

$A_z=19.14 \text{ cm}^2$

$A_x=39.12 \text{ cm}^2$

$tw=0.6 \text{ cm}$

$I_y=3891.63 \text{ cm}^4$

$I_z=283.63 \text{ cm}^4$

$I_x=11.60 \text{ cm}^4$

$tf=1.0 \text{ cm}$

$W_{ply}=366.68 \text{ cm}^3$

$W_{plz}=73.93 \text{ cm}^3$

**FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:**

$M_{y,Ed} = 49.60 \text{ kN*m}$

$M_{y,pl,Rd} = 100.84 \text{ kN*m}$

$M_{y,c,Rd} = 100.84 \text{ kN*m}$

$M_{b,Rd} = 71.73 \text{ kN*m}$

CLASE DE LA SECCION = 1



**PARAMETROS DE ALABEO:**

$z = 0.00$

$M_{cr} = 98.34 \text{ kN*m}$

Curva,LT - b

$XLT = 0.69$

$L_{cr,upp}=3.5000 \text{ m}$

$Lam_{LT} = 1.01$

$\phi_i,LT = 0.99$

$XLT,mod = 0.71$

**FORMULAS DE VERIFICACION:**

**Control de la resistencia de la sección:**

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.49 < 1.00$  (6.2.5.(1))

**Control de estabilidad global de la barra:**

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.69 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))

**Perfil correcto !**

**Memoria técnica de estructura**

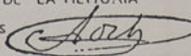
Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

**G.8. COMPROBACIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE**

**G.8.1.Estado de cargas:**

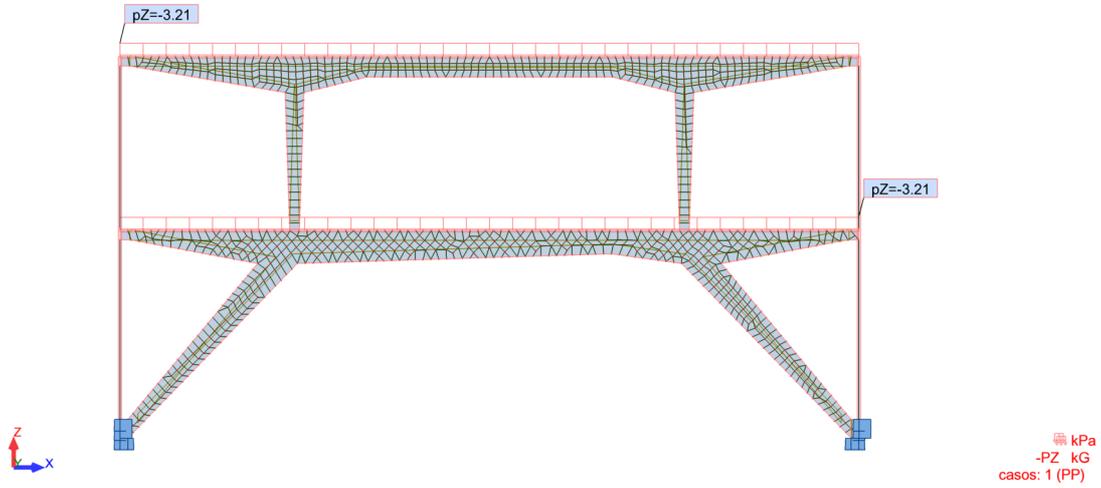
Peso Propio:

El forjado existente se resuelve mediante un forjado unidireccional de viguetas de hormigón prefabricadas, casetón de hormigón y capa de compresión, con un canto de 22+5 y intereje de 70 cm. A partir de las tablas de suministro y características de PREFABRICADOS PUJOL S.A, obtenemos el peso propio del forjado existente. En este caso, 22+5 a1= 70 cm obtenemos un peso propio de 321 kg/m2.

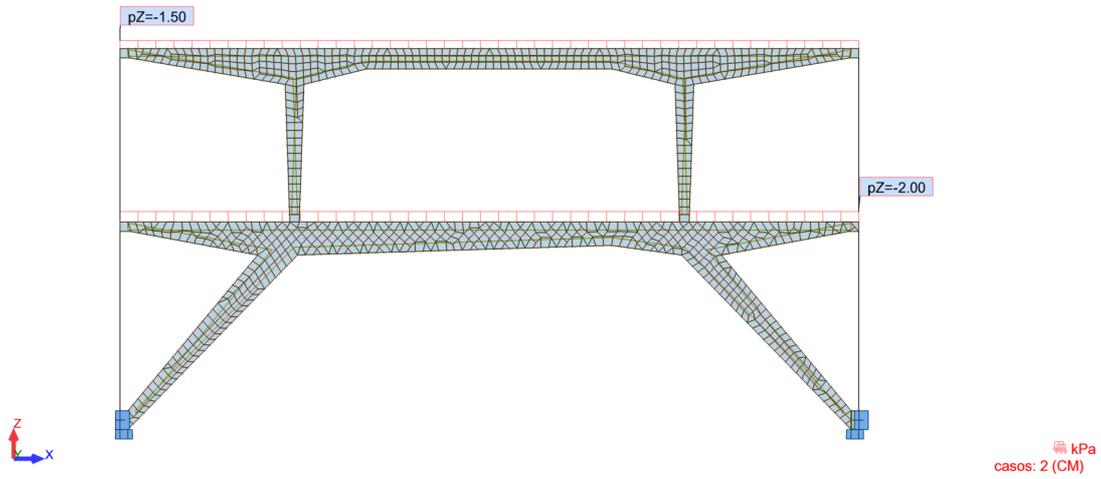
FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE VIGUETAS PRETENSADAS										 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL PARA LA VIVIENDA Y ARQUITECTURA AUTORIZACION DE USO Nº			
MODELO: VP-15 (170-190) FÁBRICANTE: PREFABRICADOS PUJOL S.A DIRECCION: Ctra.Miralcamp Km1 MOLLERUSA (Lerida)										17 66 - 93 30 JUL. 1993 CADUCA A LOS CINCO AÑOS VISADO  JEFE DE LA SECCION			
NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO AUTOR DE LA MEMORIA ANGEL ORTIZ BONET Ing. de caminos  HOJA: 6 de 52													
TIPO DE FORJADO	DIMENSIONES cm			PESO Kp/m <sup>2</sup>			TIPO DE FORJADO	DIMENSIONES cm			PESO Kp/m <sup>2</sup>		
	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> 50	a <sub>1</sub> 60	a <sub>1</sub> 70		b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> 61	a <sub>1</sub> 71	a <sub>1</sub> 81
HORMIGON													
13+6	13	6	19	260	254	243	13+6 DV	13	6	19	296	286	273
13+7	13	7	20	298	291	286	13+7 DV	13	7	20	332	321	316
13+8	13	8	21	322	315	310	13+8 DV	13	8	21	356	345	340
16+4	16	4	20	259	251	244	16+4 DV	16	4	20	301	289	278
16+8	16	8	24	355	347	340	16+8 DV	16	8	24	397	385	374
17+4	17	4	21	272	263	254	17+4 DV	17	4	21	315	302	289
17+5	17	5	22	296	287	278	17+5 DV	17	5	22	339	326	313
17+6	17	6	23	320	311	302	17+6 DV	17	6	23	363	350	337
17+7	17	7	24	344	335	326	17+7 DV	17	7	24	387	374	361
17+8	17	8	25	368	359	350	17+8 DV	17	8	25	411	398	385
18+4	18	4	22	287	273	263	18+4 DV	18	4	22	330	314	300
18+5	18	5	23	308	297	287	18+5 DV	18	5	23	354	338	324
18+6	18	6	24	332	321	311	18+6 DV	18	6	24	378	362	348
18+7	18	7	25	356	345	335	18+7 DV	18	7	25	402	386	372
18+8	18	8	26	380	369	359	18+8 DV	18	8	26	426	410	396
20+4	20	4	24	309	292	281	20+4 DV	20	4	24	359	337	322
20+5	20	5	25	333	316	305	20+5 DV	20	5	25	383	361	346
20+6	20	6	26	357	340	329	20+6 DV	20	6	26	407	385	370
20+7	20	7	27	381	364	353	20+7 DV	20	7	27	431	409	394
20+8	20	8	28	405	388	377	20+8 DV	20	8	28	455	433	418
22+4	22	4	26	332	311	297	22+4 DV	22	4	26	386	361	342
22+5	22	5	27	356	335	321	22+5 DV	22	5	27	410	384	366
22+6	22	6	28	380	359	345	22+6 DV	22	6	28	434	408	390
22+7	22	7	29	404	383	369	22+7 DV	22	7	29	458	432	414
22+8	22	8	30	428	407	393	22+8 DV	22	8	30	482	456	438
25+4	25	4	29	391	364	348	25+4 DV	25	4	29	427	396	375
25+5	25	5	30	415	388	372	25+5 DV	25	5	30	451	420	399
25+6	25	6	31	439	412	396	25+6 DV	25	6	31	475	444	423
25+7	25	7	32	463	436	420	25+7 DV	25	7	32	499	468	447
25+8	25	8	33	487	460	444	25+8 DV	25	8	33	523	492	471

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023



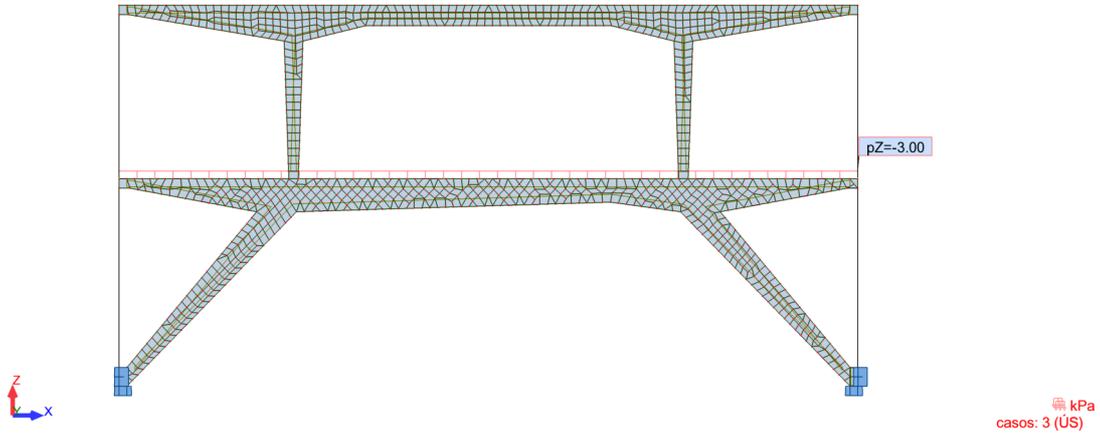
Cargas Muertas:  $2.00 \text{ kN/m}^2$  (TPB) y  $1.50 \text{ kN/m}^2$  (TP1)



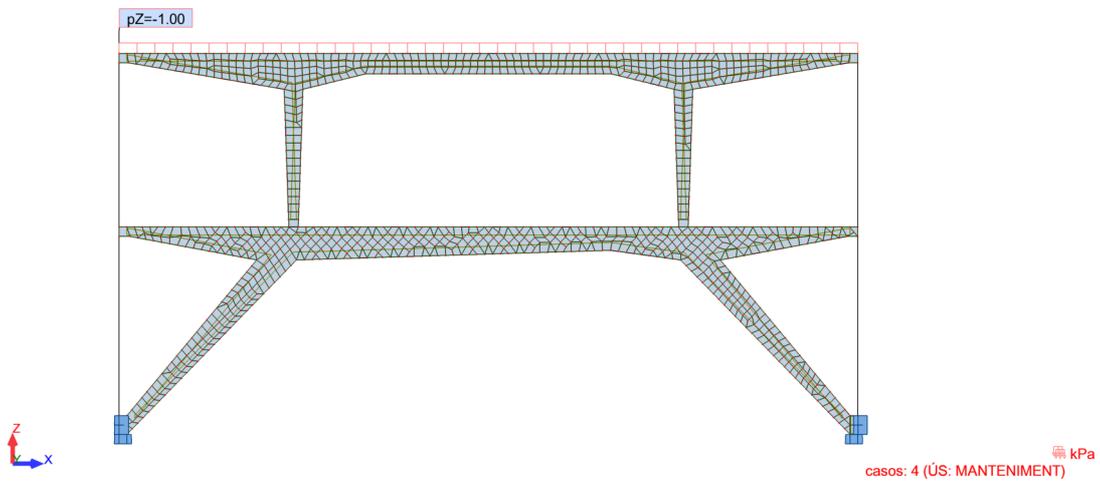
**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

Uso. Categoría C1: 3.00 kN/m<sup>2</sup>



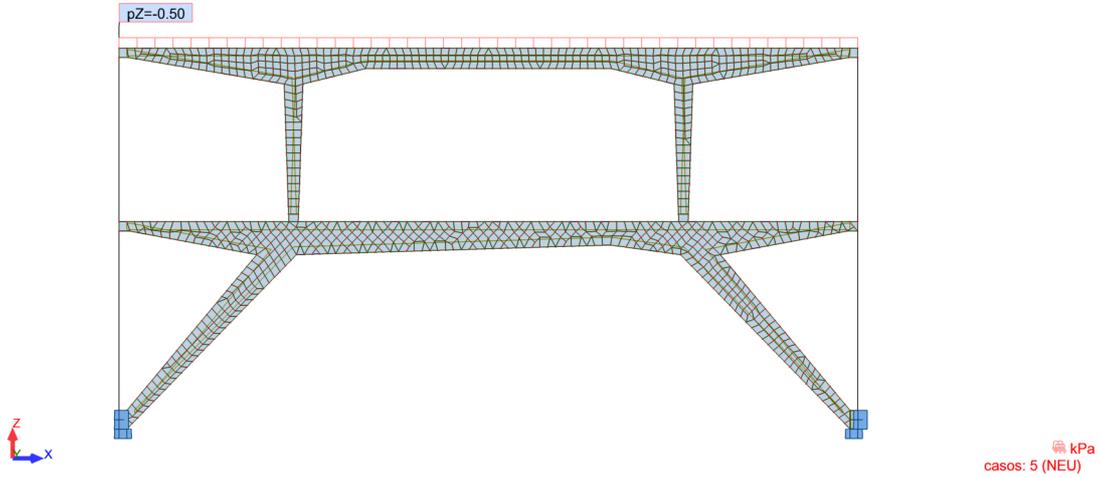
Uso. Categoría G1: 1.00 kN/m<sup>2</sup>



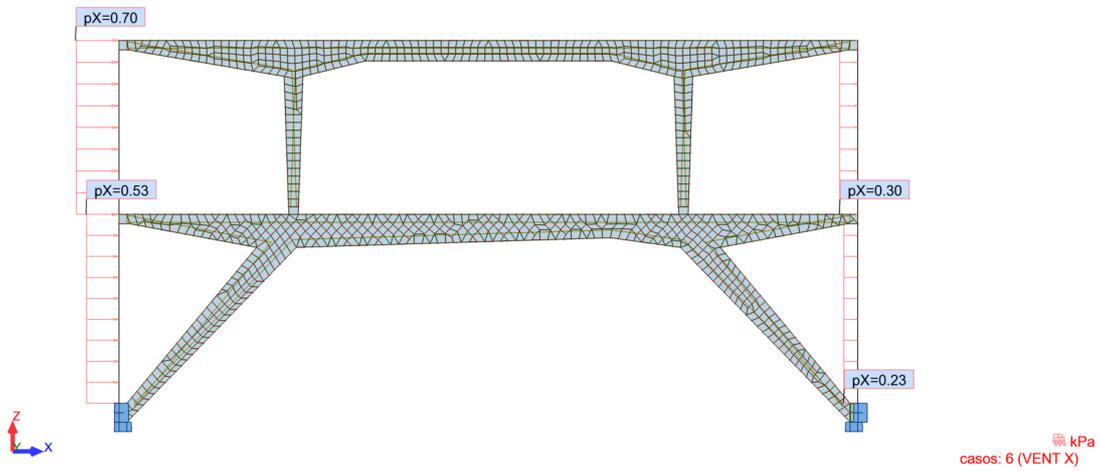
**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

Uso. Nieve: 0.50 kN/m<sup>2</sup>



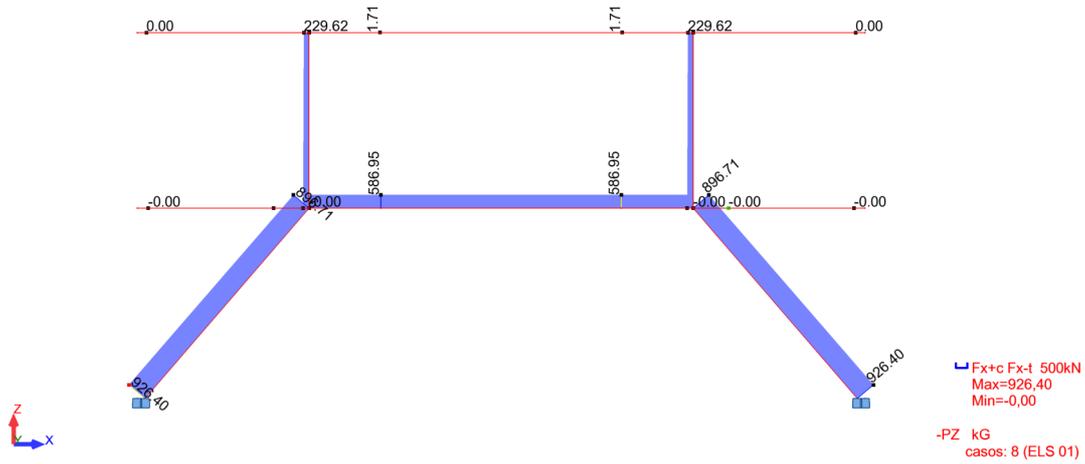
Uso. Viento:



### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

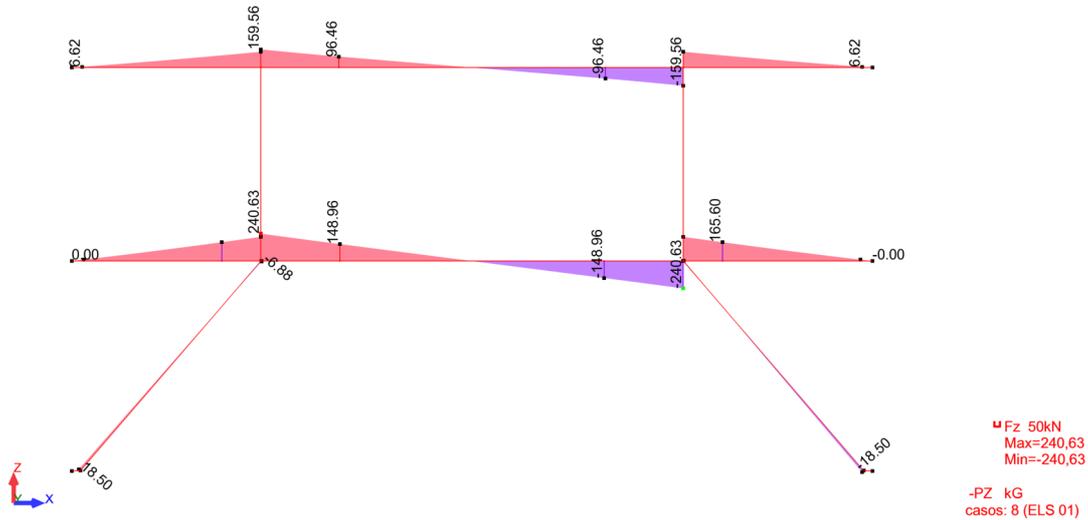
### G.8.2. Diagrama de axiles:



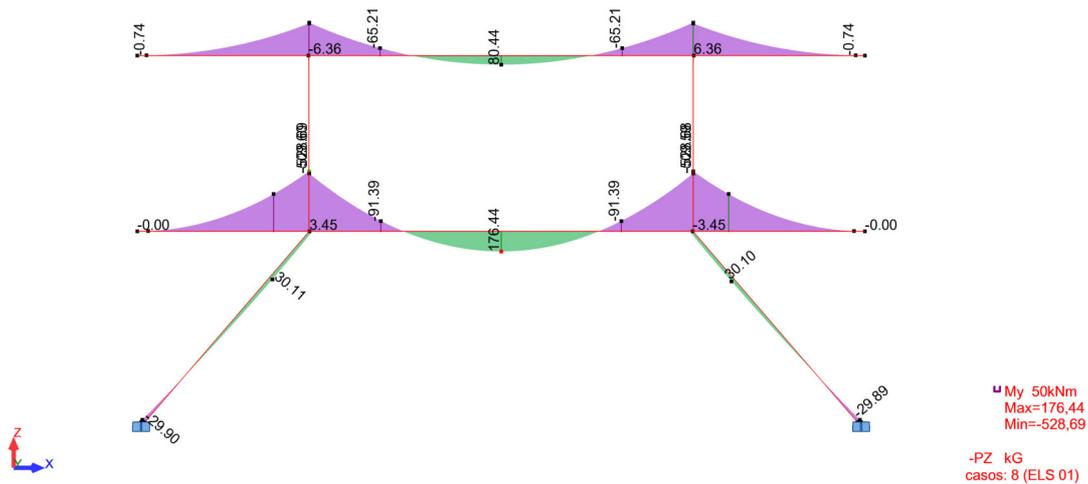
### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### G.8.3. Diagrama de cortantes:



### G.8.4. Diagrama de momentos flectores:

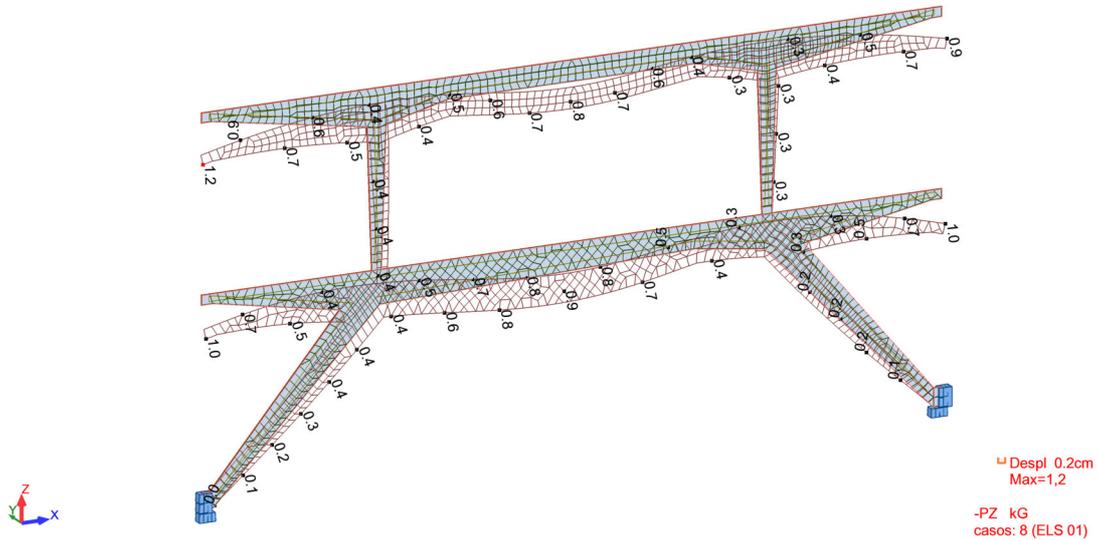


### Memoria técnica de estructura

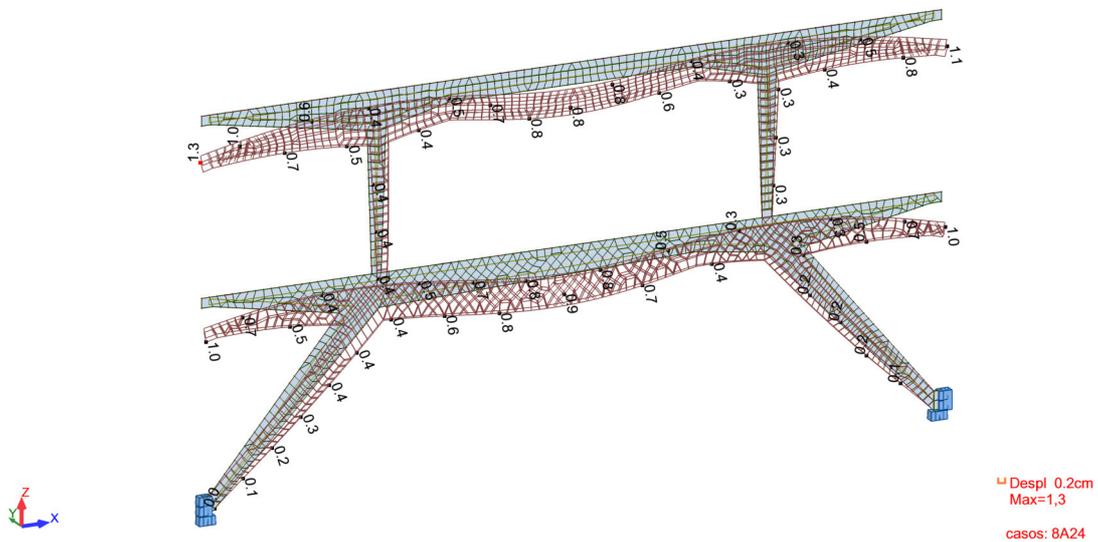
Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

## G.8.5. Gráfica deformada elástica:

Combinación ELS01:



Envolvente ELS:



### Comprobaciones de flecha TPB:

- Tramo central:

Luz entre apoyos: 12,60 m

Flecha máxima: 0.9 cm

$$12,60 \text{ m} / (2,8 * 0,009) \text{ m} =$$

$$L/500 > L/300$$

CUMPLE

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

- Tramo voladizo:

Luz: 4,47 m

Flecha máxima: 1.0 cm

$$(4,47 \cdot 2) \text{ m} / (2,8 * 0,01) \text{ m} =$$

$$L/319 > L/300$$

CUMPLE

### Comprobaciones de flecha TP1:

- Tramo central:

Luz entre apoyos: 11,82 m

Flecha máxima: 0.8 cm

$$11,82 \text{ m} / (2,8 * 0,008) \text{ m} =$$

$$L/527 > L/300$$

CUMPLE

- Tramo voladizo:

Luz: 5,21 m

Flecha máxima: 1.3 - 0.2 cm = 1.1 cm

$$(5,21 \cdot 2) \text{ m} / (2,8 * 0,011) \text{ m} =$$

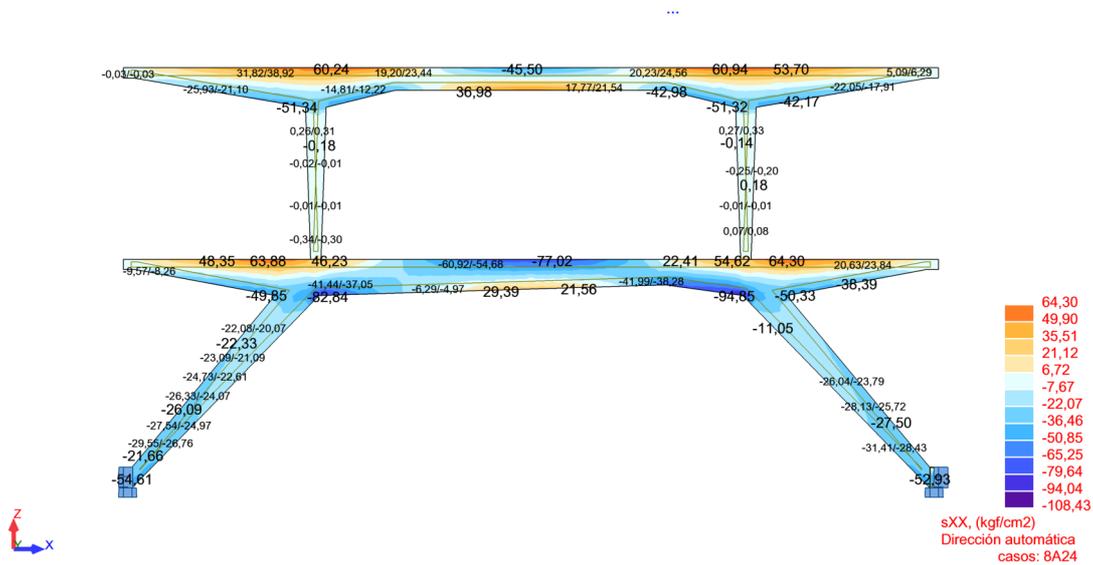
$$L/338 > L/300$$

CUMPLE

**Memoria técnica de estructura**

Rehabilitación energética del “Palau de Vidre” en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

**G.8.6. Diagrama de tensiones:**



Las tensiones máximas de compresión para el conjunto de hipótesis de estados de servicio (envolventes) son de 108,43 kg/cm<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que para la época de construcción del edificio el tipo de hormigón previsto tendría una resistencia característica entre los 150 MPa y 200 MPa, obtenemos que la estructura existente, tiene una reserva de seguridad, a la espera de ensayos sobre la estructura existente de:

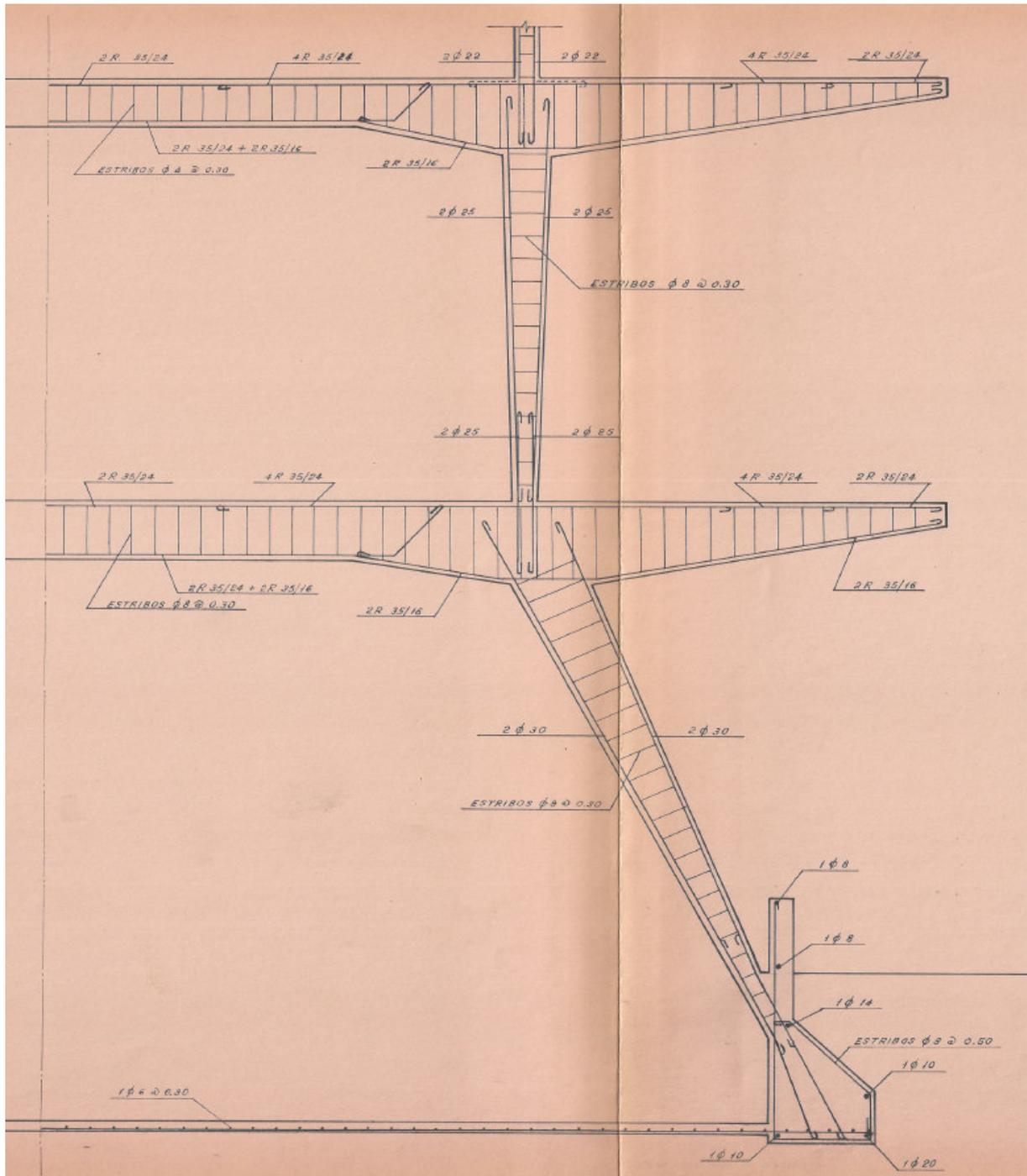
<b>HIPÓTESIS 1:</b>	<b>108,43 kg/m<sup>2</sup> &lt; 150 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Coefficiente seguridad de 38%</b>
<b>HIPÓTESIS 2:</b>	<b>108,43 kg/m<sup>2</sup> &lt; 200 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Coefficiente seguridad de 84%</b>

### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU. Octubre 2023

### G.8.7. Comprobación de secciones:

Se comprueban las secciones de los pórticos de la estructura del Palau de Vidre según los armados de los planos originales de la construcción. Se adjunta imagen de los citados planos, con los armados que se analizaran y comprobaran a continuación.



### Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

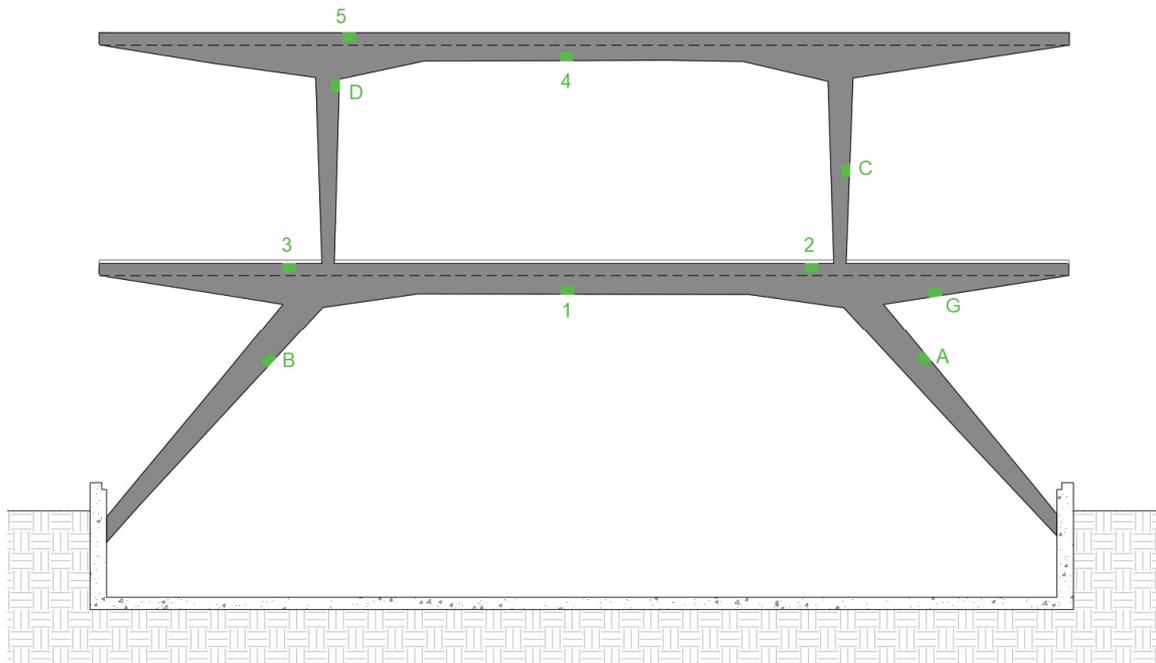
Se decide analizar los puntos más significativos de los pórticos de hormigón armado existentes del edificio:

#### - Comprobaciones jácenas:

- Caso 1: Tramo central, armado inferior TPB
- Caso 2: Tramo central, armado superior TPB
- Caso 3: Tramo voladizo, armado superior TPB
- Caso 4: Tramo central, armado inferior TP1
- Caso 5: Tramo voladizo, armado superior TPB

#### - Comprobaciones pilares:

- Caso A-B: Planta sótano.
- Caso C-D: Planta primera



Para la comprobación de las secciones se emplearán los esfuerzos obtenidos del análisis estructural del edificio, detallados en los diagramas de esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores indicados en el presente capítulo "G8 de comprobaciones estructura existente".

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### - Comprobaciones jácenas:

#### **Caso 1: Tramo central, armado inferior TPB**

##### Datos:

Sección: 30x75 cm

Mf= 176,44 kN · m

Acero =B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

Redondos: 2Ø24 = 9,04 cm<sup>2</sup> (planos proyecto original)

$$As = \frac{Md}{0,80 h \cdot f_{yd}} \rightarrow 9,04 \text{ cm}^2 \cdot (0,80 \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2) / 1000 = Md$$

$$Md = 21,69 \text{ mT} = 216,90 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

<b>Md</b>	<b>216,90 kN·m &gt; 176,44 kN·m</b>	<b>Coefficiente seguridad de 22,95%</b>
-----------	-------------------------------------	---

*\*Sera necesaria la realización de ensayos sobre la estructura existente para corroborar que la calidad del acero y del hormigón que supone este informe sea igual o superior a las adoptadas para las comprobaciones locales de las secciones.*

#### **Caso 2: Tramo central, armado superior TPB**

##### Datos:

Sección: 30x105 cm

Mf= 528,69 kN · m

Vx = 240,63 kN

Acero =B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

Redondos: 4Ø24 = 18,08 cm<sup>2</sup> (planos proyecto original)

Estribos = 1eØ8c/30 + 1Ø25 → en 1 m = 3,01 + 4,91 = 7,92 cm<sup>2</sup>

Armadura longitudinal:

$$As = \frac{Md}{0,80 h \cdot f_{yd}} \rightarrow 9,04 \text{ cm}^2 \cdot (0,80 \cdot 1,05 \text{ m} \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2) / 1000 = Md$$

$$Md = 60,75 \text{ mT} = 607,50 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

<b>Md</b>	<b>607,80 kN·m &gt; 528,69 kN·m</b>	<b>Coefficiente seguridad de 14,96%</b>
-----------	-------------------------------------	---

Armadura transversal:

$$V_{cu} = 0,50 \cdot \sqrt{f_{cd}} \cdot b \cdot d \cdot 10 = 0,50 \cdot \sqrt{(15 \cdot 0,30 \cdot 1,05)} \cdot 10 = 10,87 \text{ Tn}$$

Vd > Vcu Se dispone armadura de cortante Aα

$$A\alpha = \frac{Vd - V_{cu}}{0,80 h \cdot f_{yd}}$$

$$A\alpha = \frac{(24,63 - 10,87) \text{ Tn}}{0,80 \cdot 1,05 \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2} \cdot 1000 \rightarrow A\alpha = 4,09 \text{ cm}^2 < 7,92 \text{ cm}^2$$

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

**A<sub>a</sub> 7,92 cm<sup>2</sup> > 4,09 cm<sup>2</sup> Coeficiente seguridad de 93,64%**

*\*Sera necesaria la realización de ensayos sobre la estructura existente para corroborar que la calidad del acero y del hormigón que supone este informe sea igual o superior a las adoptadas para las comprobaciones locales de las secciones.*

### **Caso 3: Tramo voladizo, armado superior TPB**

#### Datos:

Sección: 30x100 cm

M<sub>f</sub> = 355,25 kN · m

Acero = B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

Redondos: 4Ø24 = 18,08 cm<sup>2</sup> (planos proyecto original)

$$A_s = \frac{M_d}{0,80 h \cdot f_{yd}} \rightarrow 18,08 \text{ cm}^2 \cdot (0,80 \cdot 1,00 \text{ m} \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2) / 1000 = M_d$$

$$M_d = 57,86 \text{ mT} = 578,60 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**M<sub>d</sub> 578,60 kN·m > 355,25 kN·m Coeficiente seguridad de 62,87%**

*\*Sera necesaria la realización de ensayos sobre la estructura existente para corroborar que la calidad del acero y del hormigón que supone este informe sea igual o superior a las adoptadas para las comprobaciones locales de las secciones.*

### **Caso 4: Tramo central, armado inferior TP1**

#### Datos:

Sección: 30x67 cm

M<sub>f</sub> = 80,44 kN · m

Acero = B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

Redondos: 2Ø24 = 9,04 cm<sup>2</sup> (planos proyecto original)

$$A_s = \frac{M_d}{0,80 h \cdot f_{yd}} \rightarrow 9,04 \text{ cm}^2 \cdot (0,80 \cdot 0,67 \text{ m} \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2) / 1000 = M_d$$

$$M_d = 19,38 \text{ mT} = 193,80 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**M<sub>d</sub> 193,80 kN·m > 80,44 kN·m Coeficiente seguridad de 141,04%**

*\*Sera necesaria la realización de ensayos sobre la estructura existente para corroborar que la calidad del acero y del hormigón que supone este informe sea igual o superior a las adoptadas para las comprobaciones locales de las secciones.*

### **Caso 5: Tramo voladizo, armado superior TPB**

#### Datos:

Sección: 30x110 cm

M<sub>f</sub> = 369,04 kN · m

Acero = B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

Redondos: 4Ø24 = 18,08 cm<sup>2</sup> (planos proyecto original)

$$A_s = \frac{Md}{0,80 h \cdot f_{yd}} \rightarrow 18,08 \text{ cm}^2 \cdot (0,80 \cdot 1,10 \text{ m} \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2) / 1000 = Md$$

$$Md = 63,64 \text{ mT} = 636,40 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

<b>Md</b> <b>636,40 kN·m &gt; 369,04 kN · m</b> <b>Coefficiente seguridad de 72,44%</b>
---

*\*Sera necesaria la realización de ensayos sobre la estructura existente para corroborar que la calidad del acero y del hormigón que supone este informe sea igual o superior a las adoptadas para las comprobaciones locales de las secciones.*

### - Comprobaciones pilares:

#### Caso A-B: Planta sótano.

##### Datos:

Sección: 30x60 cm

Nx= 926,40 kN · m

Acero =B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

Redondos: 2Ø30 = 14,12 cm<sup>2</sup> (planos proyecto original)

Altura pilar= 4,45 m

Capacidad resistente del hormigón:

$$N_x = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h = (0,85 \cdot 150 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,30 \text{ m} \cdot 0,60 \text{ m}) \cdot 10 = 229,5 \text{ T} = 2295 \text{ kN}$$

<b>Nx</b> <b>2295 kN &gt; 926,40 kN·m</b>
---

Efecto del pandeo:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot H}{h} \cdot \sqrt{12} = \frac{0,50 \cdot 4,45}{0,30} \cdot \sqrt{12} = 25,7 < 35$$

Se desprecia el efecto del pandeo si la esbeltez mecánica si  $\lambda < 35$

Comprobación momento flector:

$$A_s = \frac{Md}{0,80 h \cdot f_{yd}} \rightarrow 14,02 \text{ cm}^2 \cdot (0,80 \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 4000 \text{ kg/cm}^2) / 1000 = Md$$

$$Md = 15,70 \text{ mT} = 157 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

<b>Md</b> <b>157 kN·m &gt; 30,10 kN · m</b>
---

*\*Sera necesaria la realización de ensayos sobre la estructura existente para corroborar que la calidad del acero y del hormigón que supone este informe sea igual o superior a las adoptadas para las comprobaciones locales de las secciones.*

## Memoria técnica de estructura

Rehabilitación energética del "Palau de Vidre" en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia financiados por la Unión Europea con los fondos Next Generation EU.  
Octubre 2023

### Caso C-D: Planta primera

#### Datos:

Sección: 30x40 cm

$N_x = 229,60 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Acero = B400S (suposición)\*

HA = 15 MPa (suposición)\*

Redondos:  $2\varnothing 25 = 9,82 \text{ cm}^2$  (planos proyecto original)

Capacidad resistente del hormigón:

$$N_x = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h = (0,85 \cdot 150 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,30 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m}) \cdot 10 = 153 \text{ T} = 1530 \text{ kN}$$

<b><math>N_x</math>    1530 kN &gt; 229,60 kN·m</b>
---

Efecto del pandeo:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot H}{h} \cdot \sqrt{12} = \frac{0,50 \cdot 4,45}{0,30} \cdot \sqrt{12} = 25,7 < 35$$

Se desprecia el efecto del pandeo si la esbeltez mecánica si  $\lambda < 35$

Lleida, octubre de 2023

SANTIAGO  
VIVES  
SANFELIU /  
num:5405-4

Firmado digitalmente  
por SANTIAGO VIVES  
SANFELIU /  
num:5405-4  
Fecha: 2023.11.17  
11:43:58 +01'00'