

---

# CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE [REDACTED] [REDACTED] EN SANT FELIU DE LLOBREGAT

---

AUTOR: Ignasi Codina Lletjós  
ICCP colegiado 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

UBICACIÓN: [REDACTED]

Sant Feliu de Llobregat  
(Barcelona)

JULIO DE 2025

|                                                                                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b> <br><small>Generalitat de Catalunya<br/>Departament d'Obres Públiques<br/>i Transport</small> |            |
| <b>CATALUÑA</b>                                                                                                                                                                                   |            |
| Expediente                                                                                                                                                                                        | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                                                                                                                                                     | 10/07/2025 |
| <b>VISADO</b>                                                                                                                                                                                     |            |



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

## Índice

|          |                                                      |    |
|----------|------------------------------------------------------|----|
| 01.      | Antecedentes .....                                   | 2  |
| 02.      | Objeto.....                                          | 2  |
| 03.      | Normativa aplicada .....                             | 2  |
| 04.      | Descripción de la estructura objeto del informe..... | 2  |
| 05.      | Cálculos estructurales .....                         | 5  |
| 05.01.   | Cargas actuantes .....                               | 5  |
| 05.01.01 | Cargas permanentes .....                             | 6  |
| 05.01.02 | Sobrecargas de uso .....                             | 6  |
| 05.01.03 | Cargas accidentales .....                            | 7  |
| 05.02.   | Combinaciones de acciones.....                       | 9  |
| 05.02.01 | Sobrecarga de uso dominante.....                     | 10 |
| 05.02.02 | Viento dominante .....                               | 11 |
| 05.02.03 | Nieve dominante .....                                | 11 |
| 05.02.04 | Resumen cargas concomitantes a incendio.....         | 11 |
| 05.03.   | Solicitaciones de los perfiles .....                 | 11 |
| 05.04.   | Tiempo límite de resistencia al fuego.....           | 12 |
| 06.      | Conclusiones .....                                   | 13 |



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

## 01. ANTECEDENTES

En fecha jueves 19 de junio de 2025, se realiza la inspección de la nave ubicada en [REDACTED] Sant Feliu de Llobregat. En esta visita se comprueba las dimensiones de los perfiles y la tipología estructural de la cubierta a verificar.

En fecha 26 de junio de 2025, [REDACTED] acepta la oferta presentada por el redactor de este informe.

Se facilita la siguiente documentación:

- Planos en formato *dwg* de definición de la estructura

## 02. OBJETO

El propósito de este informe es verificar el estado de sollicitación tensional de la estructura portante de la cubierta ligera de una nave industrial, para definir así el tiempo de duración de la estructura en situación de incendio. Se pide, por tanto, indicar el tiempo al que la estructura alcanza su temperatura crítica bajo la acción de un fuego normalizado (ISO 834).

## 03. NORMATIVA APLICADA

Para la evaluación de la estructura sometida a condiciones de incendio, se han aplicado las siguientes normativas técnicas:

- Código Estructural (CE).
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (DB-SI).
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico Acciones en la Edificación.
- Eurocódigo 1 (EC1), acciones en estructuras, parte correspondiente a la acción del fuego.
- Eurocódigo 3 (EC3), diseño de estructuras de acero, incluyendo su anexo para situaciones de incendio.
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI)

## 04. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA OBJETO DEL INFORME

La estructura objeto del presente informe consiste en vigas biempotradas tipo IPE220 con sendos refuerzos en los dos extremos para garantizar la rigidez que dota a la biga de restricción al giro (ver Imagen 1).

Actualmente estos perfiles no disponen de ignifugación efectiva, presentando en algunas zonas rastros de pintura aplicada en estado muy deficiente y en otras zonas ningún rastro de protección al fuego.

Fecha: julio de 2025

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b> <small>Departament de Transport, Obres i Parcs</small> |            |
| <b>CATALUÑA</b>                                                       |            |
| Expediente                                                            | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                         | 10/07/2025 |
| <b>VISADO</b>                                                         |            |

**CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE [REDACTED] EN SANT FELIU DE LLOBREGAT**

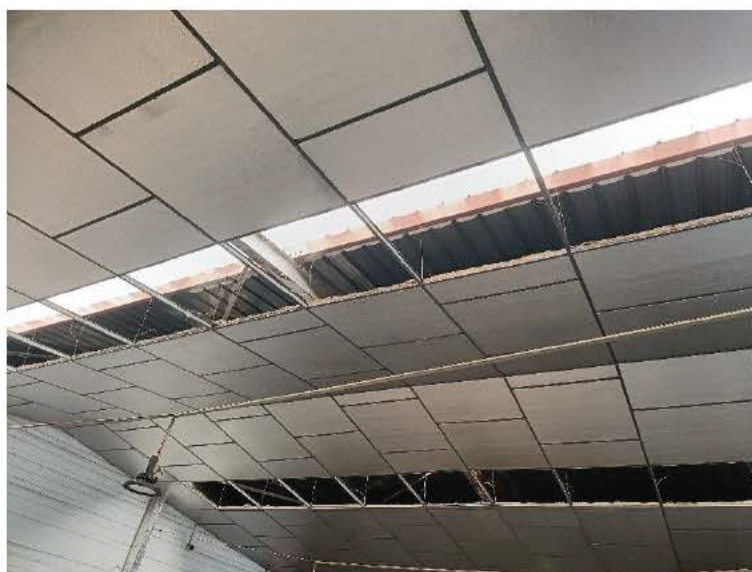


AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]



● Imagen 1. Extremo de la biga IPE220



● Imagen 2. Vista general de la cubierta a verificar

La estructura portante indicada soporta las cargas de las cerchas en Z de 275 mm de canto, y espesor indeterminado.

Fecha: julio de 2025

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminoS</b> <small>Departament de Transport, Obres i Parcs</small> |            |
| <b>CATALUÑA</b>                                                       |            |
| Expediente                                                            | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                         | 10/07/2025 |
| <b>VISADO</b>                                                         |            |

# CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE [REDACTED] EN SANT FELIU DE LLOBREGAT



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]



● Imagen 3. Correa en Z

| MODELO  | H<br>(mm) | e<br>(mm) | b <sub>1</sub><br>(mm) | b <sub>2</sub><br>(mm) | a <sub>1</sub><br>(mm) | a <sub>2</sub><br>(mm) | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | Peso<br>(Kg/m) | Perímetro<br>(m <sup>2</sup> /m) | Y <sub>G</sub><br>(cm) | I <sub>x</sub><br>(cm <sup>4</sup> ) | W <sub>x</sub><br>(cm <sup>3</sup> ) | X <sub>G</sub><br>(cm) | I <sub>y</sub><br>(cm <sup>4</sup> ) | W <sub>y</sub><br>(cm <sup>3</sup> ) |
|---------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 2275.15 | 275       | 1,5       | 70                     | 62                     | 17                     | 17                     | 6,525                      | 5,19           | 0,873                            | 14,00                  | 721,49                               | 51,54                                | 6,78                   | 23,87                                | 3,52                                 |
| 2275.20 | 275       | 2         | 70                     | 62                     | 17                     | 17                     | 8,66                       | 6,92           | 0,870                            | 14,00                  | 951,90                               | 67,99                                | 6,75                   | 31,11                                | 4,61                                 |
| 2275.25 | 275       | 2,5       | 70                     | 62                     | 17                     | 17                     | 10,775                     | 8,65           | 0,867                            | 14,00                  | 1177,36                              | 84,10                                | 6,73                   | 38,01                                | 5,65                                 |

● Imagen 4. Tablas de características estructurales de las correas, según PanelaisProducciones

Se toma en consideración el grosor máximo de las tablas de características estructurales de un fabricante, obteniendo el peso propio de 8,65 kg/m.

La cubierta soportada es una cubierta de chapa metálica. Se desconoce su espesor, por lo que, análogamente al caso de las correas, se tiene en cuenta la de mayor espesor para obtener resultados del lado de la seguridad. Se obtiene por tanto un peso de la chapa de 13,36 kg/m<sup>2</sup>, según las tablas de un fabricante (ver Imagen 5):

|                                         | ESPESOR [mm] |        |        |         |
|-----------------------------------------|--------------|--------|--------|---------|
|                                         | 0.70         | 0.80   | 1.00   | 1.20    |
| P [kg/m <sup>2</sup> ]                  | 7.80         | 8.92   | 11.14  | 13.36   |
| I [cm <sup>4</sup> /m]                  | 65.267       | 74.573 | 93.171 | 111.752 |
| W [cm <sup>3</sup> /m] - fibra superior | 14.760       | 16.959 | 21.127 | 25.272  |
| W [cm <sup>3</sup> /m] - fibra inferior | 26.662       | 30.045 | 37.418 | 44.737  |

Peso por perfil por metro cuadrado    Inercia por perfil por metro lineal    Módulos resistentes por perfil por metro lineal

● Imagen 5. Tablas de características estructurales obtenidas de Panelfix

Fecha: julio de 2025

|                                                                                                                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b>  <small>Compañía de Ingeniería de Caminos, Puertos y Obras</small><br><b>CATALUÑA</b> |            |
| Expediente                                                                                                                                                                                | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                                                                                                                                             | 10/07/2025 |
| <b>VISADO</b>                                                                                                                                                                             |            |



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

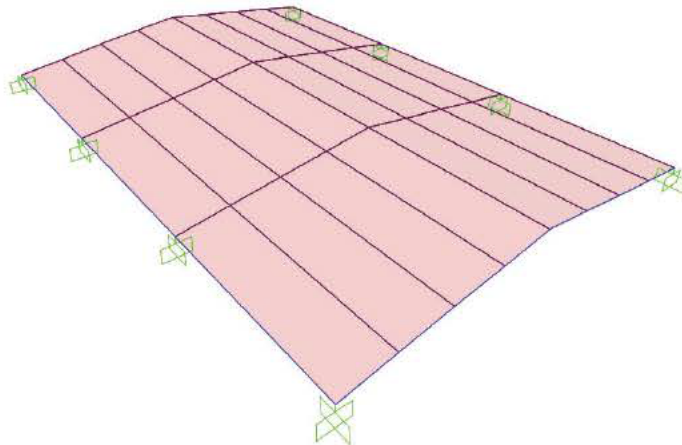
Adicionalmente, la mitad de la cubierta objeto del informe soporta las cargas de las placas fotovoltaicas, tal y como se muestra en la Imagen 6:



● Imagen 6. Cubierta objeto del presente informe (Google Earth)

## 05. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

Para realizar la verificación estructural de la cubierta objeto de este informe, se utiliza el programa de cálculo por elementos finitos SAP2000 en su versión v25.



● Imagen 7. Modelo SAP2000

### 05.01. CARGAS ACTUANTES

Las cargas actuantes sobre la cubierta y que por lo tanto la estructura portante debe soportar se enumeran a continuación

Fecha: julio de 2025

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b> <small>Departament d'Infraestructures de Catalunya</small> |            |
| <b>CATALUÑA</b>                                                           |            |
| Expediente                                                                | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                             | 10/07/2025 |
| <b>5</b><br><b>VISADO</b>                                                 |            |

**CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE [REDACTED] EN SANT FELIU DE LLOBREGAT**



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

**05.01.01** Cargas permanentes

Se tiene en cuenta las cargas de peso propio, comentadas anteriormente en el apartado 04:

| ELEMENTO                              | CARGA CONSIDERADA                                                          | IMAGEN DEL MODELO |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Correas                               | 8,65 kg/m                                                                  |                   |
| Cubierta de chapa                     | 13 kg/m²                                                                   |                   |
| Falso techo                           | 10 kg/m² k                                                                 |                   |
| Placas fotovoltaicas                  | 20 kg/m²                                                                   |                   |
| Peso propio de la estructura portante | Calculado directamente con el programa<br>( $\delta=7850 \text{ kg/m}^3$ ) | (-)               |

**05.01.02** Sobrecargas de uso

Las sobrecargas de uso consideradas para el calculo del estado tensional de la cubierta son las indicadas en el CTE-DB SE AE, para una categoría G:

Fecha: julio de 2025

|                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b><br><small>Departament de Transport, Obres i Parcs</small><br><b>CATALUÑA</b> |            |
| Expediente                                                                                  | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                                               | 10/07/2025 |
| <b>6</b><br><b>VISADO</b>                                                                   |            |

# CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE EN SANT FELIU DE LLOBREGAT



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

| Categoría de uso                                                                                             | Subcategorías de uso                                                                                                                                                         | Carga uniforme [kN/m²] | 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                      |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                              | 3                      | 4                      |
| 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 <sup>(1)</sup>      |
| F Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>                                         |                                                                                                                                                                              | 1                      | 2                      |
| G Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>                                           | G1 <sup>(7)</sup> Cubiertas con inclinación inferior a 20°                                                                                                                   | 1 <sup>(4)(5)</sup>    | 2                      |
|                                                                                                              | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>                                                                                                                 | 0,4 <sup>(4)</sup>     | 1                      |
|                                                                                                              | G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°                                                                                                                                  | 0                      | 2                      |

Imagen 8. Tabla 3.1 del CTE-DB SE AE

Según esta tabla la categoría de la cubierta objeto del presente informe es la G1. Por lo tanto se debe considerar una sobrecarga de uso de 0,4 kN/m².

## 05.01.03 Cargas accidentales

### Viento:

Para definir las sobrecargas debidas al viento se calcula mediante la expresión:

Según anejo D. Acción del viento (CTE SE\_AE)

$$q_e := q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

### 1. Presión dinámica del viento (qb)

$$q_b := 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

$$\delta := 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_b := 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zona C

$$q_b = 0,5256 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

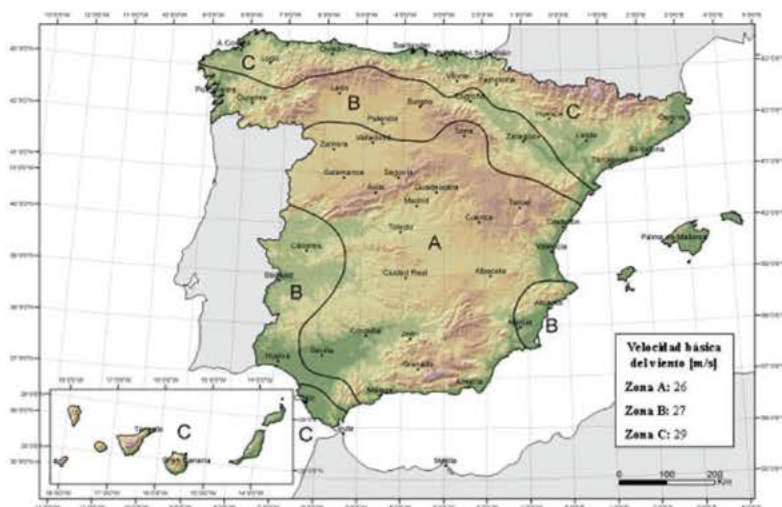


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$

|               |            |
|---------------|------------|
| caminos       |            |
| CATALUÑA      |            |
| Expediente    | Fecha      |
| 2025/02307/01 | 10/07/2025 |
| VISADO        |            |

Fecha: julio de 2025

# CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE EN SANT FELIU DE LLOBREGAT



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

## 2. Coeficiente de exposición

$$c_e := F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F := k \cdot \ln \left( \frac{\max([z, Z])}{L} \right)$$

$$z := 10 \text{ m}$$

$$Z := 5 \text{ m}$$

$$k := 0,22$$

$$L := 0,3 \text{ m}$$

$$c_e = 1,7831$$

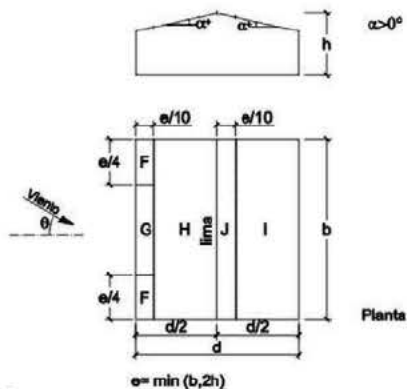
Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

| Grado de aspereza del entorno                                                                                    | Parámetro |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-------|
|                                                                                                                  | k         | L (m) | Z (m) |
| I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud | 0,156     | 0,003 | 1,0   |
| II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia                                                 | 0,17      | 0,01  | 1,0   |
| III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas       | 0,19      | 0,05  | 2,0   |
| IV Zona urbana en general, industrial o forestal                                                                 | 0,22      | 0,3   | 5,0   |
| V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura                                   | 0,24      | 1,0   | 10,0  |

## 3. Coeficiente de presión exterior

Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



| Pendiente de la cubierta $\alpha$ | A (m²)    | Zona (según figura) |      |      |      |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|------|------|------|
|                                   |           | F                   | G    | H    | J    |
| -45°                              | $\geq 10$ | -0,6                | -0,6 | -0,5 | -0,7 |
|                                   | $\leq 1$  | -0,6                | -0,6 | -0,5 | -0,7 |
| -30°                              | $\geq 10$ | -1,1                | -0,8 | -0,8 | -0,8 |
|                                   | $\leq 1$  | -2                  | -1,5 | -0,8 | -0,8 |
| -15°                              | $\geq 10$ | -2,5                | -1,3 | -0,9 | -0,5 |
|                                   | $\leq 1$  | -2,8                | -2   | -1,2 | -0,5 |
| -5°                               | $\geq 10$ | -2,3                | -1,2 | -0,8 | 0,2  |
|                                   | $\leq 1$  | -2,5                | -2   | -1,2 | 0,2  |
| 5°                                | $\geq 10$ | -1,7                | -1,2 | -0,6 | 0,2  |
|                                   | $\leq 1$  | +0,0                | +0,0 | +0,0 | -0,6 |
| 15°                               | $\geq 10$ | -0,9                | -0,8 | -0,3 | -0,4 |
|                                   | $\leq 1$  | 0,2                 | 0,2  | 0,2  | +0,0 |
| 30°                               | $\geq 10$ | -0,5                | -0,5 | -0,2 | -0,4 |
|                                   | $\leq 1$  | 0,7                 | 0,7  | 0,4  | 0    |
| 45°                               | $\geq 10$ | -0,7                | -0,7 | 0,6  | +0,0 |
|                                   | $\leq 1$  | 0,7                 | 0,7  | 0,6  | +0,0 |
| 60°                               | $\geq 10$ | 0,7                 | 0,7  | 0,7  | -0,2 |
|                                   | $\leq 1$  | 0,7                 | 0,7  | 0,7  | -0,2 |
| 75°                               | $\geq 10$ | 0,8                 | 0,8  | 0,8  | -0,2 |
|                                   | $\leq 1$  | 0,8                 | 0,8  | 0,8  | -0,2 |

Factor de obstrucción ( $\phi$ ) será 1 si esta totalmente obstruido y 0 si está totalmente libre

$$\phi := 0$$

Fecha: julio de 2025

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>caminos</b><br>CATALUÑA |            |
| Expediente                 | Fecha      |
| 2025/02307/01              | 10/07/2025 |
| <b>VISADO</b>              |            |



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

Presión (Abajo)

$$C_{p,pres} := \begin{bmatrix} F_p \\ G_p \\ H_p \\ I_p \\ J_p \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} F_p := 0,2 \\ G_p := 0,2 \\ H_p := 0,2 \\ I_p := 0 \\ J_p := 0 \end{matrix}$$

Succión (Arriba)

$$C_{p,suc} := \begin{bmatrix} F_s \\ G_s \\ H_s \\ I_s \\ J_s \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} F_s := -0,9 \\ G_s := -0,8 \\ H_s := -0,3 \\ I_s := -0,4 \\ J_s := -1 \end{matrix}$$

$$C_p := \begin{bmatrix} C_{p,pres} \\ C_{p,suc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0 \\ 0 \\ -0,9 \\ -0,8 \\ -0,3 \\ -0,4 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$q_e = \begin{bmatrix} 0,1875 \\ 0,1875 \\ 0,1875 \\ 0 \\ 0 \\ -0,8435 \\ -0,7498 \\ -0,2812 \\ -0,3749 \\ -0,9373 \end{bmatrix} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

#### ● Nieve:

Para el cálculo de la cubierta se tomará una sobrecarga de 0,4 kN/m².

**Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)**

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

● Imagen 9. Tabla del apéndice E del CTE-DB SE AE

## 05.02. COMBINACIONES DE ACCIONES

Se omiten los coeficientes de seguridad ( $\gamma_G$ ,  $\gamma_P$ ,  $\gamma_Q$ ), ya que para las situaciones accidentales se toman iguales a la unidad (o cero para las acciones variables cuyo efecto es favorable).

La combinación de acciones propuesta tiene en cuenta a reducida probabilidad de ocurrencia de un incendio plenamente desarrollado, simultáneamente (durante todo el proceso) con la totalidad de las acciones variables características, por lo cual se adopta el valor “frecuente” de la acción variable dominante, y un valor más reducido (valor “cuasipermanente”) para le resto de acciones variables de menor cuantía y que puedan considerarse estocásticamente independientes de la acción variable dominante.

Fecha: julio de 2025

|                 |            |
|-----------------|------------|
| <b>camínos</b>  |            |
| <b>CATALUÑA</b> |            |
| Expediente      | Fecha      |
| 2025/02307/01   | 10/07/2025 |
| <b>9</b>        |            |
| <b>VISADO</b>   |            |



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

Así pues, las solicitaciones producidas en los elementos estructurales se deben evaluar suponiendo que simultáneamente a la acción de incendio se tiene la siguiente combinación de acciones permanentes y variables:

$$\sum_i G_{k,i} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 2} \psi_{2,j} Q_{k,j} + A_d(t)$$

**Tabla A.1.1**  
Valores recomendados de los coeficientes  $\psi$  para edificios

| Acción                                                                                                           | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|
| Sobrecargas en edificios, categoría (véase la Norma EN 1991-1-1)                                                 |          |          |          |
| Categoría A: zonas residenciales, domésticas                                                                     | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| Categoría B: zonas de oficinas                                                                                   | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| Categoría C: zonas de reunión                                                                                    | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| Categoría D: zonas comerciales                                                                                   | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| Categoría E: zonas de almacenamiento                                                                             | 1,0      | 0,9      | 0,8      |
| Categoría F: zona de tráfico,<br>peso del vehículo $\leq 30$ kN                                                  | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| Categoría G: zona de tráfico,<br>$30 \text{ kN} < \text{peso del vehículo} \leq 160 \text{ kN}$                  | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| Categoría H: cubiertas                                                                                           | 0        | 0        | 0        |
| Cargas de nieve en edificios (véase la Norma EN 1991-1-3)*                                                       |          |          |          |
| Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia                                                                             | 0,70     | 0,50     | 0,20     |
| Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H > 1\,000$ m sobre el nivel del mar    | 0,70     | 0,50     | 0,20     |
| Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H \leq 1\,000$ m sobre el nivel del mar | 0,50     | 0,20     | 0        |
| Cargas de viento en edificios (véase la Norma EN 1991-1-4)                                                       | 0,6      | 0,2      | 0        |
| Temperatura (no la debida a incendio) en edificios (véase la Norma EN 1991-1-5)                                  | 0,6      | 0,5      | 0        |
| NOTA – Los valores de $\psi$ pueden establecerse mediante los anexos nacionales.                                 |          |          |          |
| * Para los países que no se citan, véanse las condiciones locales correspondientes                               |          |          |          |

● Imagen 10. Coeficientes de simultaneidad según EC-1

Por lo tanto, en situación de incendio existen, para nuestro caso tres situaciones a analizar:

#### 05.02.01 Sobrecarga de uso dominante

Tal y como se especifica en la Imagen 10, para las cubiertas ligeras sobre correas (sólo accesibles para mantenimiento), tienen un coeficiente de simultaneidad de 0, por lo que no se considera concomitante un incendio con cargas de mantenimiento.

Fecha: julio de 2025

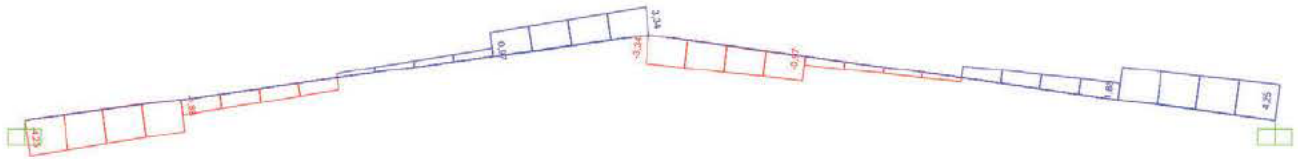
|                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b> <small>Departament de Infraestructures, Obres Públiques i Transport</small><br><b>CATALUÑA</b> |            |
| Expediente                                                                                                    | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                                                                 | 10/07/2025 |
| <b>10</b><br><b>VISADO</b>                                                                                    |            |

**CLIENTE:**

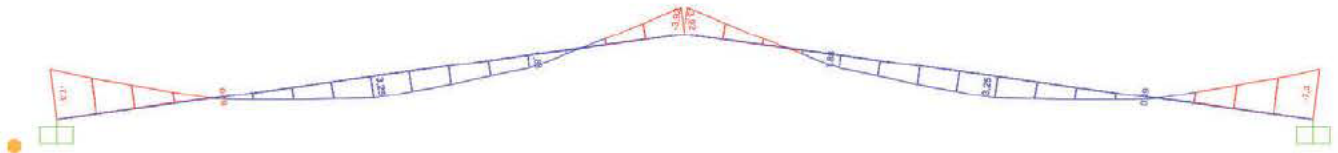


AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]



● Imagen 13. Ley de esfuerzos cortantes ( $V_{max}=4,25 \text{ kN}$ )



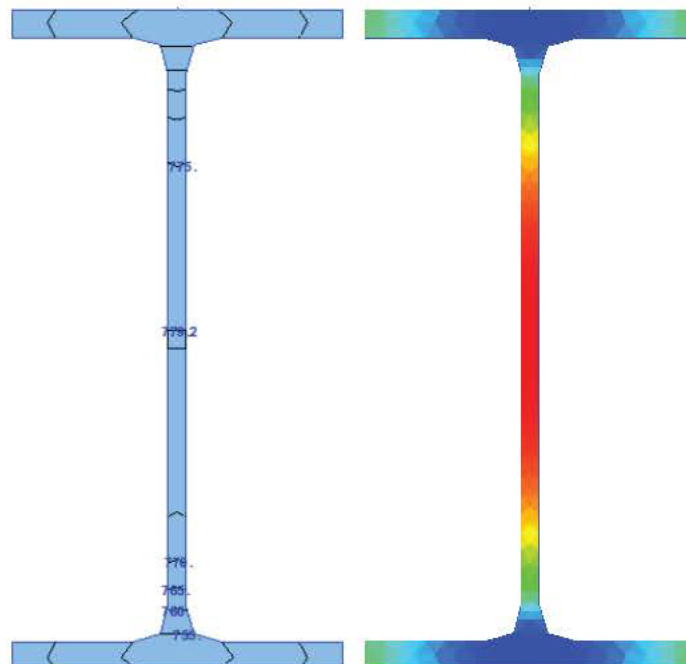
● Imagen 14. Ley de momentos flectores ( $M_{max}=3,25 \text{ kNm}$  /  $M_{min}=-7,3 \text{ kNm}$ )

#### 05.04. TIEMPO LÍMITE DE RESISTENCIA AL FUEGO

Para este análisis seccional se usa el programa FAGUS, cuyos resultados completos se adjuntan al final de este informe.

Se procede a calcular el tiempo límite de resistencia a un fuego normalizado con estas solicitaciones. Es decir, se comprueba el punto a partir del cual el acero alcanza una temperatura suficientemente elevada como para perder capacidad resistente y dejar de soportar adecuadamente las cargas actuantes.

Se demuestra que para las solicitaciones indicadas en el apartado 05.03 el tiempo de resistencia última del perfil existente a exposición de un incendio normalizado es de 24 minutos:



● Imagen 15. Distribución de las temperaturas a tiempo  $T=24\text{min}$

Fecha: julio de 2025

|                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b> <small>Departament de Transport i Infraestructures de Catalunya</small><br><b>CATALUÑA</b> |            |
| Expediente                                                                                                | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                                                             | 10/07/2025 |
| <b>12</b><br><b>VISADO</b>                                                                                |            |

**CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE LA CUBIERTA DE LA NAVE INDUSTRIAL PROPIEDAD DE [REDACTED] EN SANT FELIU DE LLOBREGAT**



AUTOR: Ignasi Codina Lletjós, ICCP colegiado nº 36.225

CLIENTE: [REDACTED]

**Estado Último "ULF" Duración del fuego: 24 Min**

| N<br>[kN] | Esfuerzos      |                | Deformación y curvatura |                                 |                                 | Valores rigidez        |                                     |                                     |
|-----------|----------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|           | $M_y$<br>[kNm] | $M_z$<br>[kNm] | $\epsilon_x$<br>[‰]     | $\chi_y$<br>[km <sup>-1</sup> ] | $\chi_z$<br>[km <sup>-1</sup> ] | $N/\epsilon_x$<br>[kN] | $M_y/\chi_y$<br>[kNm <sup>2</sup> ] | $M_z/\chi_z$<br>[kNm <sup>2</sup> ] |
| 31.8      | 6.7            | 0.             | 16,6                    | 78,9                            | -0,0                            | 1912.38                | 85.22                               | 0.02                                |

● Imagen 16. Estado límite último en situación de incendio (T=24 min)

## 06. CONCLUSIONES

Se ha evaluado la capacidad portante de la viga que constituye la estructura de cubierta de la nave situada en [REDACTED] en Sant Feliu de Llobregat, con el fin de determinar la temperatura límite a partir de la cual el acero no puede soportar las cargas durante un incendio. Esta temperatura no debe superarse en el periodo de exposición fijado en 15 minutos (R15).

El análisis, realizado según la curva normalizada ISO 834, revela que la temperatura crítica del perfil — es decir, el umbral a partir del cual deja de resistir las solicitaciones— se alcanza a los 24 minutos en ausencia de protección pasiva.

En consecuencia, la estructura portante de la cubierta es capaz de soportar con holgura un incendio de 15 minutos conforme a la normativa europea y estatal vigente, cumpliendo los requisitos de seguridad contra incendios.

Ignasi Codina Lletjós

Ingeniero de Caminos

Nº colegiado 36.225

CODINA  
LLETJOS  
IGNASI -

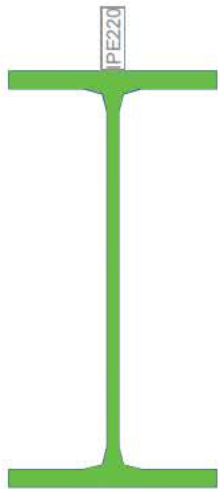
Firmado  
digitalmente por  
CODINA LLETJOS  
IGNASI - [REDACTED]  
Fecha: 2025.07.08  
16:36:33 +02'00'

Fecha: julio de 2025

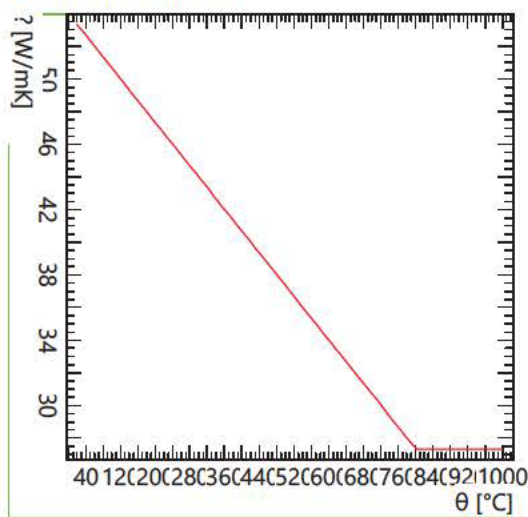
|                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>caminos</b> <br>CATALUÑA |            |
| Expediente                                                                                                       | Fecha      |
| 2025/02307/01                                                                                                    | 10/07/2025 |
| <b>13</b><br><b>VISADO</b>                                                                                       |            |

Sección transversal IPE220 (-S-): Contorno

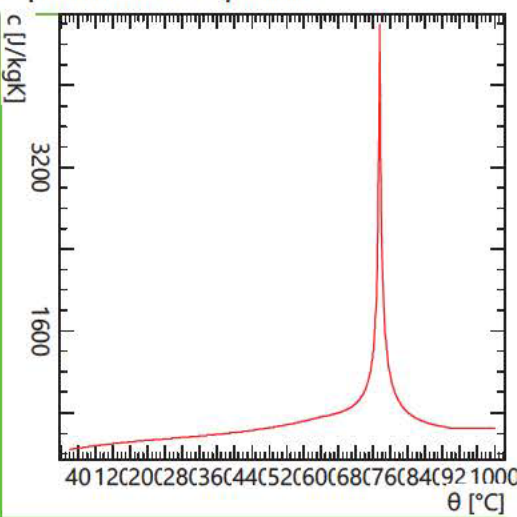
Escala 1 :4,0



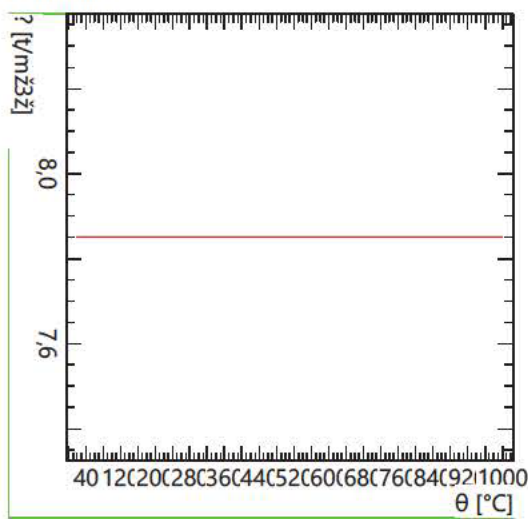
Conductividad térmica



Capacidad calorífica específica



Densidad



Opciones análisis

| $\theta_0$<br>[°C] | Tiempo         |                     | h<br>[mm] | Malla EF |        | Salida<br>[min]                                    |
|--------------------|----------------|---------------------|-----------|----------|--------|----------------------------------------------------|
|                    | $t_E$<br>[min] | $\Delta t$<br>[min] |           | Refinar  | Armad. |                                                    |
| 20,00              | 30             | Auto                | Auto      | Si       | No     | 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 |

$\theta_0$  : Temp. Inicial  
 $t_E$  : Duración  
 $\Delta t$  : Incremento tiempo  
h : Tamallo malla

Materiales

Valores térmicos

| ID | Material<br>Typ | Tipo Material | Propiedad | Valor |
|----|-----------------|---------------|-----------|-------|
| S  | Acero de co     | ---           |           |       |

Contorno térmico

| Nr | Geometría     |               |               |               | $\theta_g$ | Carga                 |       | $\epsilon_m$ | Tipo | d<br>[mm] | Revestimiento                         |                                          |                                     |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|-----------------------|-------|--------------|------|-----------|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
|    | $y_1$<br>[mm] | $z_1$<br>[mm] | $y_2$<br>[mm] | $z_2$<br>[mm] |            | $\alpha_c$<br>[W/m²K] |       |              |      |           | $\rho_{p,20^\circ\text{C}}$<br>[t/m³] | $\lambda_{p,20^\circ\text{C}}$<br>[W/mK] | $c_{p,20^\circ\text{C}}$<br>[J/kgK] |
| 0  | 227,15        | 1268,74       | 227,15        | 1277,94       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 1  | 117,15        | 1268,74       | 227,15        | 1268,74       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 2  | 117,15        | 1277,94       | 117,15        | 1268,74       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 3  | 157,20        | 1277,94       | 117,15        | 1277,94       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 4  | 166,62        | 1280,52       | 157,20        | 1277,94       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 5  | 169,20        | 1289,94       | 166,62        | 1280,52       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 6  | 169,20        | 1467,54       | 169,20        | 1289,94       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 7  | 166,62        | 1476,97       | 169,20        | 1467,54       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 8  | 157,20        | 1479,54       | 166,62        | 1476,97       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 9  | 117,15        | 1479,54       | 157,20        | 1479,54       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 10 | 117,15        | 1488,74       | 117,15        | 1479,54       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 11 | 227,15        | 1488,74       | 117,15        | 1488,74       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 12 | 227,15        | 1479,54       | 227,15        | 1488,74       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 13 | 187,10        | 1479,54       | 227,15        | 1479,54       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 14 | 177,67        | 1476,97       | 187,10        | 1479,54       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 15 | 175,10        | 1467,54       | 177,67        | 1476,97       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 16 | 175,10        | 1289,94       | 175,10        | 1467,54       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 17 | 177,67        | 1280,52       | 175,10        | 1289,94       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 18 | 187,10        | 1277,94       | 177,67        | 1280,52       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |
| 19 | 227,15        | 1277,94       | 187,10        | 1277,94       | ETK        | 25,00                 | 0,700 |              |      |           |                                       |                                          |                                     |

$\theta_g$  : Curva Temperatura-tiempo  
 $\alpha_c$  : Coeficiente de transferencia de calor por convección  
 $\epsilon_m$  : Superficie de emisión del elemento  
d : Espesor  
 $\rho_{p,20^\circ\text{C}}$  : Densidad  
 $\lambda_{p,20^\circ\text{C}}$  : Conductividad térmica  
 $c_{p,20^\circ\text{C}}$  : Capacidad calórica específica

Acciones

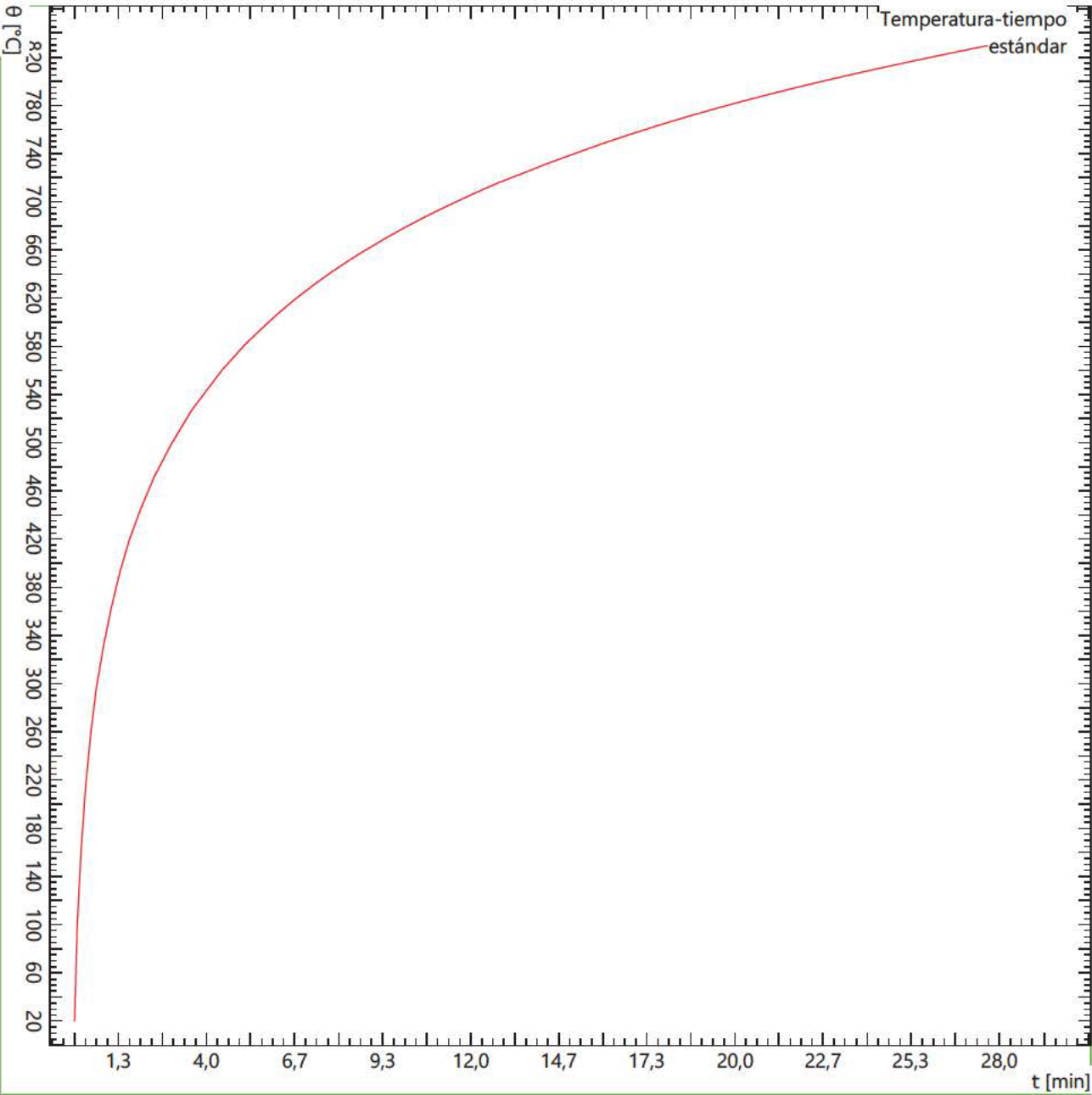
Temperatura

| Tiempo<br>[min] | $\theta_{g,0}$<br>[°C] |  |
|-----------------|------------------------|--|
| 0               | 20,00                  |  |
| 2               | 444,50                 |  |
| 4               | 543,89                 |  |
| 6               | 603,12                 |  |
| 8               | 645,46                 |  |
| 10              | 678,43                 |  |
| 12              | 705,44                 |  |
| 14              | 728,31                 |  |
| 16              | 748,15                 |  |
| 18              | 765,67                 |  |
| 20              | 781,35                 |  |
| 22              | 795,55                 |  |
| 24              | 808,52                 |  |
| 26              | 820,45                 |  |
| 28              | 831,50                 |  |
| 30              | 841,80                 |  |

$\theta_{g,0}$  : ☒ Temperatura-tiempo estándar

Resultados de secciones IPE220

Punto resultados



Cálc. capacidad última Sección (Viga): IPE220 , Variante: (Estándar)

Cálc. capacidad última altas temperaturas

|               | Tiempo [min] | Nx [kN] | My [kNm] | Mz [kNm] | Factores de eficiencia [-] | Coef. de seguridad [-] |
|---------------|--------------|---------|----------|----------|----------------------------|------------------------|
| Dado          |              | 35,2    | 7,3      | 0        | eff (M, N)                 | 1/eff (M, N)           |
| Estado Último | 0            | 260,7   | 54,1     | 0,0      | 0,00                       | 1,234500000000E+15     |
|               | 2            | 35,2    | 7,3      | 0,0      | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 4            | 35,2    | 7,3      | -0,0     | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 6            | 35,2    | 7,3      | 0,0      | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 8            | 35,2    | 7,3      | -0,0     | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 10           | 35,2    | 7,3      | 0,0      | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 12           | 35,2    | 7,3      | -0,0     | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 14           | 35,2    | 7,3      | -0,0     | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |
|               | 16           | 35,2    | 7,3      | 0,0      | 0,00                       | 3,722017500000E+15     |

|               |      |            |
|---------------|------|------------|
| Expediente    | Nr.: | Fecha      |
| 2025/02307/01 |      | 10/07/2025 |

VISADO

|  | Tiempo<br>[min] | Nx<br>[kN] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] | Factores de eficiencia<br>[-] | Coef. de seguridad<br>[-] |
|--|-----------------|------------|-------------|-------------|-------------------------------|---------------------------|
|  | 18              | 35,2       | 7,3         | 0,0         | 0,00                          | 3,72201750000E+15         |
|  | 24              | 35,2       | 7,3         | 0,0         | 1,00                          | 1,00                      |

Parámetros de análisis Altas temperaturas Código: General (EC)

| ID  | Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$ |   |  |   | Límites de deformación |                         |                        | Factores de la resistencia         |                      |                   |                   |  | Otros valores     |                 |               |  |
|-----|--------------------------------|---|--|---|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-----------------|---------------|--|
|     | C                              | S |  | M | $\epsilon_{c2}$<br>[‰] | $\epsilon_{cu3}$<br>[‰] | $\epsilon_{ud}$<br>[‰] | $\sigma_s$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_{cc}$<br>[-] | $\gamma_c$<br>[-] | $\gamma_s$<br>[-] |  | $\gamma_M$<br>[-] | $\theta$<br>[°] | $\phi$<br>[-] |  |
| ULF | 3/0                            | 1 |  | 1 |                        |                         |                        |                                    | 1.                   | 1.                | 1.                |  | 1.                | 45.             | 0.            |  |

$\theta$  : Inclinación de las bielas de compresión  
 $\phi$  : Coef. de fluencia

Deformaciones y tensiones extremas

| Nombre | Clase | Typ | $y_q$<br>[mm] | $z_q$<br>[mm] | $\theta$<br>[°C] | $\epsilon_{tot}$<br>[‰] | $\epsilon_\theta$<br>[‰] | $\epsilon_\sigma$<br>[‰] | $\sigma$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|--------|-------|-----|---------------|---------------|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| THM161 | -S-   |     | 161,78        | 1487,43       | 775,76           | 8,0                     | 11,0                     | -3,0                     | -21,8                            |
| THM7   | -S-   |     | 174,19        | 1272,13       | 775,15           | 25,0                    | 11,0                     | 14,0                     | 31,8                             |

Typ : Propiedades del material para análisis térmico

Estado Último "ULF" Duración del fuego: 24 Min

| Esfuerzos |                |                | Deformación y curvatura |                                 |                                 | Valores rigidez        |                                     |                                     |
|-----------|----------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| N<br>[kN] | $M_y$<br>[kNm] | $M_z$<br>[kNm] | $\epsilon_x$<br>[‰]     | $\chi_y$<br>[km <sup>-1</sup> ] | $\chi_z$<br>[km <sup>-1</sup> ] | $N/\epsilon_x$<br>[kN] | $M_y/\chi_y$<br>[kNm <sup>2</sup> ] | $M_z/\chi_z$<br>[kNm <sup>2</sup> ] |
| 31.8      | 6.7            | 0.             | 16,6                    | 78,9                            | -0,0                            | 1912.38                | 85.22                               | 0.02                                |

Algunos valores a altas temperaturas

Duración del fuego: 24 Min Nº elementos: 250

| Material | Tipo | -   | $\theta$<br>[°C] | $\epsilon_{c1}(\theta) / \epsilon_{c1}(20^\circ)$<br>[-] | $E(\theta) / E(20^\circ)$<br>[-] | $k(\theta)$<br>[-] | $\epsilon_\theta(\theta)$<br>[‰] |
|----------|------|-----|------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| S (-S-)  | W    |     | 20,00            |                                                          | 1,00                             | 1,00               | 0,0                              |
|          |      | Min | 775,15           |                                                          | 0,10                             | 0,14               | 11,0                             |
|          |      | Max | 791,04           |                                                          | 0,09                             | 0,12               | 11,0                             |

$\epsilon_{c1}(\theta) / \epsilon_{c1}(20^\circ)$  : Extremo diagrama tensión-def. hormigón  
 $E(\theta) / E(20^\circ)$  : Reducción módulo E  
 $k(\theta)$  : Reducción resistencia compresión/límite elástico  
 $\epsilon_\theta(\theta)$  : Elongación térmica