

En la Figura 1 se muestra un pórtico a dos aguas junto con las acciones características, y en la Figura 2 los diagramas de esfuerzos sobre la estructura que esas acciones características producen, en análisis lineal.

Se pide:

1. Dimensionar el vano del dintel con perfiles IPE y los acartelamientos con perfiles compuestos a base de cortar el ala inferior del IPE, añadir una chapa y a esta soldarle el ala (prontuario, Tabla 1: Perfil I obtenido de dos IPE).
2. Dimensionar los soportes con perfiles IPE.

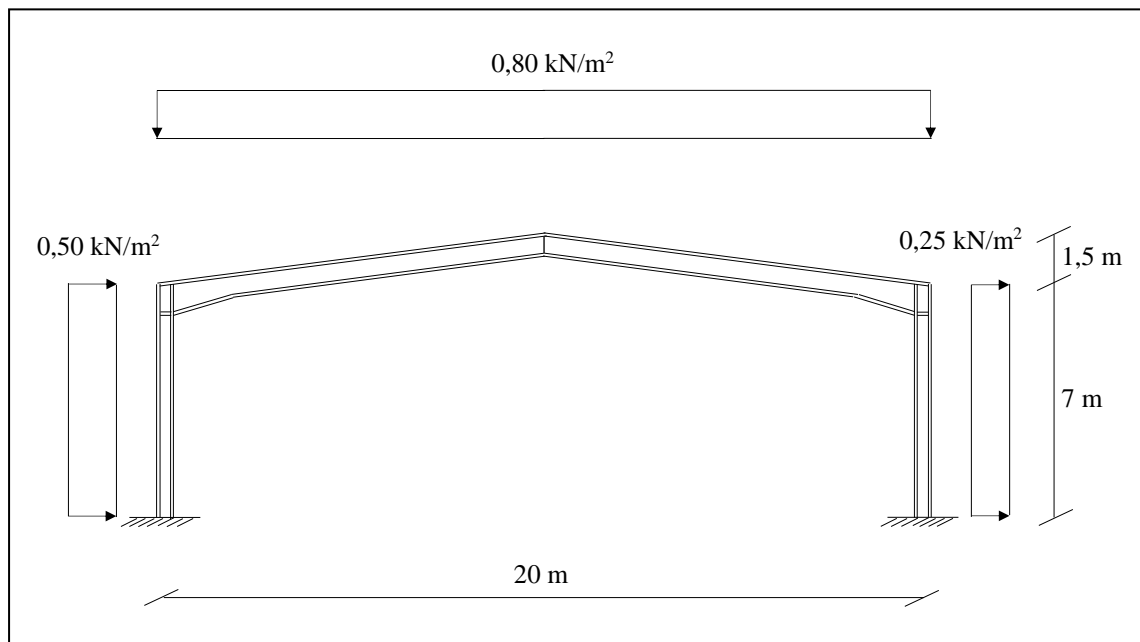
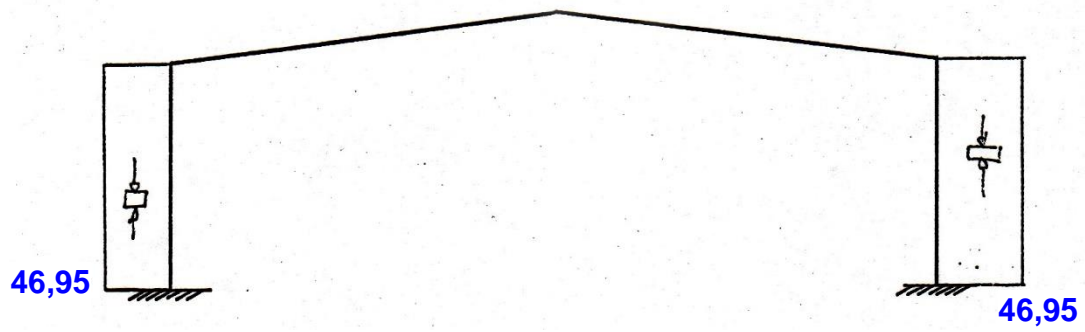


Figura 1

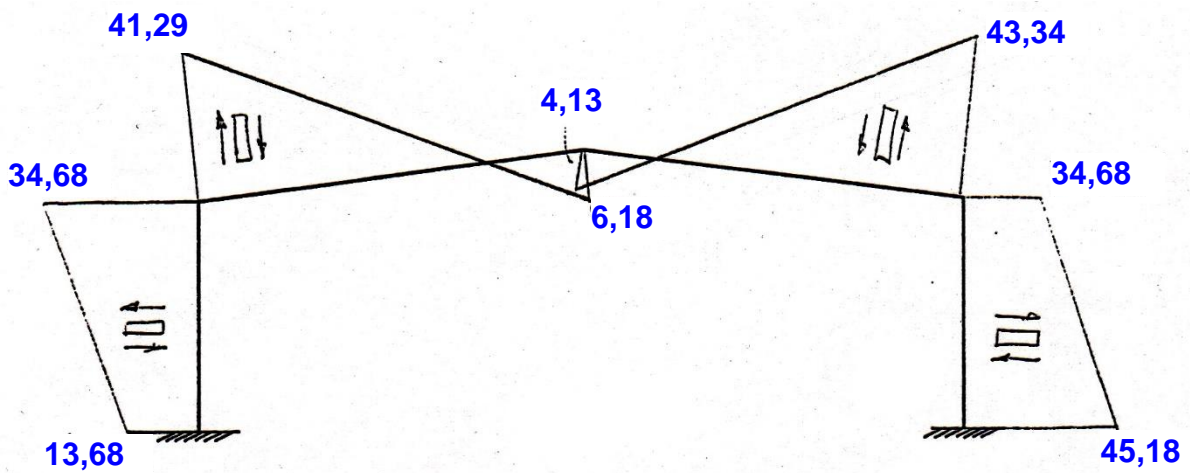
Datos:

- Longitud entre correas, arriostrando lateralmente el dintel del pórtico: 2,0 m
- Disponer un tornapuntas que arriestre lateralmente el ala inferior del dintel en una sección situada a una distancia  $L_a$  (longitud del acartelamiento) del nudo de esquina.
- Longitud de pandeo de los soportes en el plano del pórtico: Obtenerlo por el método simplificado de pilares de edificios con una altura y con el 75 % de la inercia del dintel.
- Coeficiente de pandeo de los soportes en el plano perpendicular al pórtico:  $\beta = 0,7$
- Acero S 275 JR
- Coeficiente medio de mayoración de acciones: 1,44

AXILES (kN)



CORTANTES (kN)



FLECTORES (kN m)

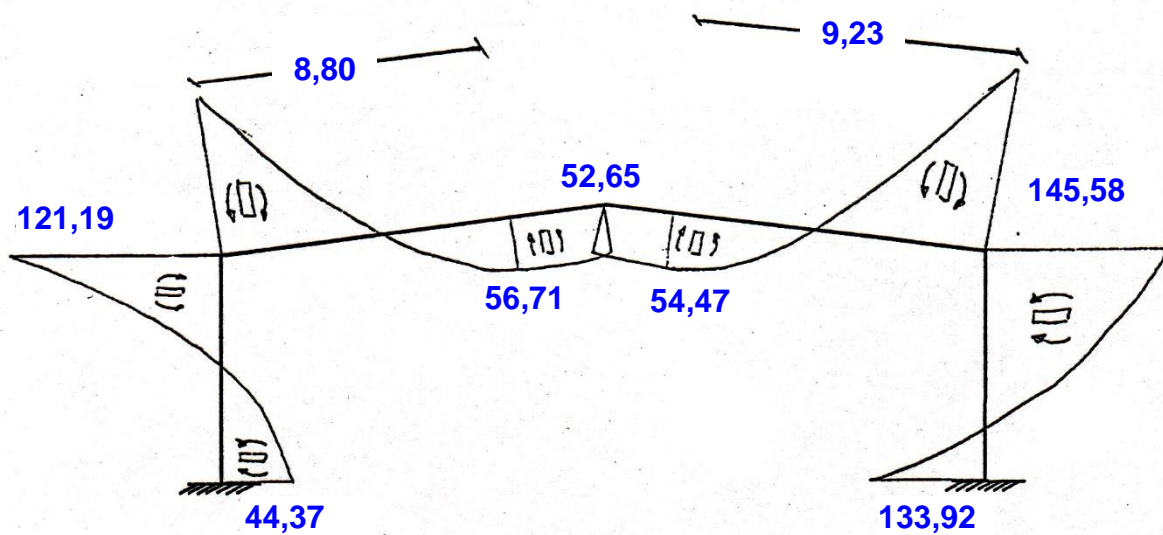
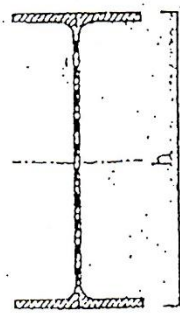


Figura 2

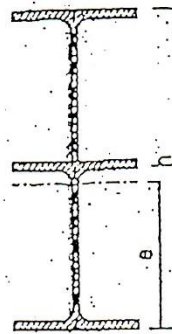
**Perfiles compuestos obtenidos de dos IPE**

Nota 1: Nomenclatura de ejes previa a la normativa vigente. En la actualidad:  $X \rightarrow Y$ ,  $Y \rightarrow Z$

Nota 2: Los módulos resistentes ( $W_x$ ,  $W_y$ ) son elásticos



Perfil I obtenido de dos IPE



Perfil doble I obtenido de dos IPE

| IPE | h<br>mm | Sección<br>A<br>cm | Referido al eje x-x      |                          |             | Referido al eje y-y      |                          |             |
|-----|---------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
|     |         |                    | $I_x$<br>cm <sup>4</sup> | $W_x$<br>cm <sup>3</sup> | $i_x$<br>cm | $I_y$<br>cm <sup>4</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> | $i_y$<br>cm |
| 160 | 280     | 26.0               | 3143                     | 224.5                    | 15.55       | 68.4                     | 16.8                     | 1.62        |
| 180 | 320     | 31.4               | 4948                     | 309.3                    | 17.75       | 101.0                    | 22.2                     | 1.79        |
| 200 | 350     | 36.8               | 7000                     | 400.0                    | 19.50       | 142.6                    | 28.6                     | 1.97        |
| 220 | 390     | 43.4               | 10272                    | 526.8                    | 21.76       | 206.0                    | 37.2                     | 2.17        |
| 240 | 430     | 50.8               | 14702                    | 683.8                    | 24.06       | 284.0                    | 47.4                     | 2.36        |
| 270 | 480     | 59.8               | 21543                    | 897.6                    | 26.84       | 420.0                    | 62.2                     | 2.65        |
| 300 | 540     | 70.8               | 31988                    | 1184.8                   | 30.04       | 604.0                    | 80.6                     | 2.92        |
| 330 | 600     | 82.8               | 46108                    | 1536.9                   | 33.27       | 788.0                    | 98.6                     | 3.09        |
| 360 | 650     | 96.0               | 62771                    | 1931.4                   | 36.16       | 1044.0                   | 122.8                    | 3.30        |
| 400 | 730     | 112.8              | 91753                    | 2513.8                   | 40.33       | 1318.0                   | 146.4                    | 3.42        |
| 450 | 820     | 133.6              | 134273                   | 3275.0                   | 44.83       | 1676.0                   | 176.4                    | 3.54        |
| 500 | 920     | 158.4              | 197482                   | 4293.1                   | 49.93       | 2140.0                   | 214.0                    | 3.68        |
| 550 | 1010    | 185.4              | 275839                   | 5462.2                   | 54.55       | 2660.0                   | 254.0                    | 3.80        |
| 600 | 1110    | 218.0              | 387430                   | 6980.7                   | 59.62       | 3380.0                   | 308.0                    | 3.95        |

TABLA 1: Perfil I obtenido de dos IPE

| IPE | h<br>mm | $e_x$<br>cm | Sección<br>A<br>cm <sup>2</sup> | Referido al eje x-x      |                          |             | Referido al eje y-y      |                          |             |
|-----|---------|-------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
|     |         |             |                                 | $I_x$<br>cm <sup>4</sup> | $W_x$<br>cm <sup>3</sup> | $i_x$<br>cm | $I_y$<br>cm <sup>4</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> | $i_y$<br>cm |
| 160 | 300     | 15.09       | 33.1                            | 3700                     | 248.2                    | 10.59       | 102.5                    | 12.81                    | 1.76        |
| 180 | 340     | 17.11       | 39.6                            | 5699                     | 337.6                    | 12.00       | 172.3                    | 19.14                    | 2.09        |
| 200 | 375     | 18.88       | 46.9                            | 8231                     | 442.0                    | 13.24       | 213.3                    | 21.33                    | 2.13        |
| 220 | 415     | 20.88       | 55.1                            | 11878                    | 576.1                    | 14.68       | 308.0                    | 28.00                    | 2.36        |
| 240 | 455     | 22.86       | 64.5                            | 16789                    | 741.9                    | 16.13       | 426.0                    | 35.50                    | 2.57        |
| 270 | 510     | 25.68       | 75.8                            | 24795                    | 979.3                    | 18.08       | 630.0                    | 46.67                    | 2.88        |
| 300 | 570     | 28.66       | 89.2                            | 36300                    | 1281.1                   | 20.17       | 906.0                    | 60.40                    | 3.19        |
| 330 | 630     | 31.65       | 104.0                           | 51678                    | 1648.5                   | 22.29       | 1182.0                   | 71.63                    | 3.37        |
| 360 | 685     | 34.45       | 120.7                           | 70921                    | 2083.0                   | 24.24       | 1562.0                   | 86.78                    | 3.60        |
| 400 | 765     | 38.41       | 140.9                           | 102452                   | 2690.0                   | 26.97       | 1979.0                   | 98.95                    | 3.75        |
| 450 | 860     | 43.19       | 165.7                           | 150353                   | 3512.4                   | 30.13       | 2518.0                   | 111.91                   | 3.90        |
| 500 | 960     | 48.12       | 195.2                           | 218756                   | 4569.5                   | 33.48       | 3210.0                   | 128.40                   | 4.06        |
| 550 | 1055    | 53.01       | 226.7                           | 305484                   | 5820.5                   | 36.71       | 4000.0                   | 145.45                   | 4.20        |
| 600 | 1155    | 58.01       | 265.0                           | 425147                   | 7395.3                   | 40.05       | 5080.0                   | 169.33                   | 4.38        |

TABLA 2: Perfil doble I obtenido de dos IPE

**1) Dintel****1.1) Predimensionamiento**

Adoptando la nomenclatura actual para los ejes, se va a realizar a continuación el predimensionamiento del dintel en términos de tensiones.

Nudo de esquina de momento máximo (nudo derecho):

$$W_{y,min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1,44 \cdot 145,58 \cdot 10^6}{275/1,05} = 800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \Rightarrow \text{IPE 270}^{(*)} (W_y = 897,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3)$$

Se comprueba el perfil IPE 270 en el vano con sección de momento máx. (vano izquierdo):

$$W_{y,min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1,44 \cdot 56,71 \cdot 10^6}{275/1,05} = 312 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \Rightarrow \text{IPE 270} (W_y = 429 \cdot 10^3 \text{ mm}^3)$$

**1.2) Comprobación de resistencia a flexión y cortante**

El momento flector y cortante máximos se producen en la sección del nudo de esquina derecho. Es un caso de flexión y cortante combinados.

Se comprueba primero la resistencia de la sección a cortante:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 480 \cdot 6,6 \frac{(275/1,05)}{\sqrt{3}} = 479,04 > V_{Ed} = 1,44 \cdot 43,34 = 62,41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

En la comprobación de resistencia a flexión, si  $V_{Ed} > 0,5V_{c,Rd} \Rightarrow$  Se reduce  $M_{c,Rd} \rightarrow M_{V,Rd}$   
No es el caso, por lo que se pasa a realizar la comprobación a flexión sin reducción de  $M_{c,Rd}$

Clase de sección: Ala  $c_f/t_f = (b/2 - t_w/2 - r)/t_f = 49,2/10,2 = 4,82 < 9\varepsilon = 8,32 \Rightarrow$  Clase 1

Alma  $c_w/t_w = (h - 2k)/t_w = 430/6,6 = 65,15 < 72\varepsilon = 66,56 \Rightarrow$  Clase 1

Para esta sección IPE\* se puede adoptar, conservadoramente, Clase 3 (clase empleada en el predimensionamiento y que, si no cumple, siempre se podría calcular como Clase 1), por lo que la comprobación de resistencia debe cumplir:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} f_{yd} = 897,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 235,09 > M_{Ed} = 1,44 \cdot 145,58 = 209,64 \text{ kN m} \quad \checkmark$$

En el centro del vano no hay cortante, por lo que se obtiene directamente el flector resistente para Clase 1 (la correspondiente a un IPE 270 a flexión simple):

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yd} = 484 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 126,76 > M_{Ed} = 1,44 \cdot 56,71 = 81,66 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

### 1.3) Longitud de los acartelamientos

Es habitual emplear una longitud de acartelamientos  $L_a = L/10$ , siendo  $L$  la luz del pórtico. Es necesario comprobar esa sección del dintel simple IPE 270. La ley de flectores es parabólica y está definida por los tres valores en tres secciones distintas. Igualmente, la ley de cortantes es lineal y también se encuentra definida. Por tanto, se pueden obtener los esfuerzos para la sección situada a 2 m del nudo de esquina mediante la ecuación de la parábola (o mediante otro método de interpolación, como la interpolación de Lagrange, empleada en este caso):

$$\begin{aligned} L_a = 2 \text{ m} \Rightarrow \quad M &= -68,30 \text{ kNm} & M_{Ed} &= -1,44 \cdot 68,30 = -98,35 \text{ kNm} \\ V &= 33,95 \text{ kN} & V_{Ed} &= 1,44 \cdot 33,95 = 48,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

Se comprueba primero la resistencia de la sección a cortante del IPE 270:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2210 \frac{(275/1,05)}{\sqrt{3}} = 334,18 > V_{Ed} = 48,89 \text{ kN} \quad \checkmark$$

En la comprobación de resistencia a flexión, si  $V_{Ed} > 0,5V_{c,Rd} \Rightarrow$  Se reduce  $M_{c,Rd} \rightarrow M_{V,Rd}$ . No es el caso, por lo que se pasa a realizar la comprobación a flexión sin reducción de  $M_{c,Rd}$ :

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yd} = 484 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 126,76 > M_{Ed} = 98,35 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

Se podría ajustar más la longitud del acartelamiento, realizando iteraciones:

$$\begin{aligned} L_a = 1,8 \text{ m} \Rightarrow \quad M &= -75,18 \text{ kNm} & M_{Ed} &= -1,44 \cdot 75,18 = -108,26 \text{ kNm} \\ V &= 34,89 \text{ kN} & V_{Ed} &= 1,44 \cdot 34,89 = 50,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2210 \frac{(275/1,05)}{\sqrt{3}} = 334,18 > V_{Ed} = 50,24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yd} = 484 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 126,76 > M_{Ed} = 108,26 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

...

$$\begin{aligned} L_a = 1,45 \text{ m} \Rightarrow \quad M &= -87,68 \text{ kNm} & M_{Ed} &= -1,44 \cdot 87,68 = -126,26 \text{ kNm} \\ V &= 36,53 \text{ kN} & V_{Ed} &= 1,44 \cdot 36,53 = 52,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2210 \frac{(275/1,05)}{\sqrt{3}} = 334,18 > V_{Ed} = 52,60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yd} = 484 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 126,76 > M_{Ed} = 126,26 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

### 1.4) Pandeo lateral

Comprobación de pandeo lateral del ala superior del dintel, por arriostramiento de las correas cada 2 m de distancia:

√

$$L_c = 2000 \leq 0,5 \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \frac{\lambda_1}{k_c} i_{f,z} = 67 i_{f,z} = 67 \cdot 35,59 = 2398 \text{ mm}$$

siendo

$$M_{c,Rd} = 126,76 \text{ kNm} \quad M_{y,Ed} = 81,66 \text{ kNm}$$

$k_c = 1,0$  (conservadoramente, distribución uniforme de momentos entre correas)

$\lambda_1 = 86,8$  (para  $f_y = 275$ )

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_{f,z}}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} t_f b^3 + \frac{1}{126} h_w t_w^3}{t_f b + \frac{1}{6} h_w t_w}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} 10,2 \cdot 135^3 + \frac{1}{126} (270 - 2 \cdot 10,2) \cdot 6,6^3}{10,2 \cdot 135 + \frac{1}{6} (270 - 2 \cdot 10,2) \cdot 6,6}} = 35,59 \text{ mm}$$

Comprobación de pandeo lateral del ala inferior del acartelamiento, disponiendo un tornapuntas de arriostramiento lateral en la sección situada a 2 m ( $= L_a$ ) del nudo de esquina:

$$L_c = 2000 \leq 0,5 \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \frac{\lambda_1}{k_c} i_{f,z} = 64 i_{f,z} = 64 \cdot 34,41 = 2202 \text{ mm} \quad \checkmark$$

siendo en la sección extrema

$$M_{c,Rd} = 263,30 \text{ kNm} \quad (M_{c,Rd,Cl.2} = M_{c,Rd,Cl.3} \times 1,12) \quad M_{y,Ed} = 209,64 \text{ kNm}$$

$k_c = 0,85$  (distribución lineal, con momento 98,35 en un extremo y 209,64 en el otro)

$\lambda_1 = 86,8$  (para  $f_y = 275$ )

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_{f,z}}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} t_f b^3 + \frac{1}{126} h_w t_w^3}{t_f b + \frac{1}{6} h_w t_w}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} 10,2 \cdot 135^3 + \frac{1}{126} (375 - 2 \cdot 10,2) \cdot 6,6^3}{10,2 \cdot 135 + \frac{1}{6} (375 - 2 \cdot 10,2) \cdot 6,6}} = 34,41 \text{ mm}$$

Nota: para  $i_{f,z}$  se adopta la secc. intermedia acartelamiento,  $h = (480 + 270)/2 = 375 \text{ mm}$

## 2) Soportes

### 2.1) Predimensionamiento

Fijándose en el pilar derecho (el más solicitado en momentos flectores), se realiza un predimensionamiento en tensiones y se escoge un perfil superior al estrictamente necesario:

$$W_{y,\min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1,44 \cdot 145,58 \cdot 10^6}{275/1,05} = 800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \Rightarrow \text{IPE400} (W_y = 1160 \cdot 10^3 \text{ mm}^3)$$

## 2.2) Comprobación de resistencia

Los esfuerzos máximos se producen en la sección del nudo de esquina derecho. Es un caso de flexión y cortante combinados, y de flexión compuesta ( $N+M$ ).

$$M_{Ed} = 209,64 \text{ kN m} \quad V_{Ed} = 49,94 \text{ kN} \quad N_{Ed} = 67,61 \text{ kN}$$

Clase de sección: Ala  $c/t = 64,7/13,5 = 4,79 < 9\varepsilon = 8,32 \Rightarrow$  Clase 1

Alma  $\alpha = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{N_d}{c t_w f_y} \right) = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{67610}{330 \cdot 8,6 \cdot 275} \right) = 0,5433$

$$c/t = 330/8,6 = 38,37 < \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = 60,38 \Rightarrow \text{Clase 1}$$

Se comprueba primero la resistencia de la sección a cortante:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 4270 \frac{(275/1,05)}{\sqrt{3}} = 645,67 > V_{Ed} = 49,94 \text{ kN} \quad \checkmark$$

En la comprobación de resistencia a flexión, si  $V_{Ed} > 0,5V_{c,Rd} \Rightarrow$  Se reduce  $M_{c,Rd} \rightarrow M_{V,Rd}$ . No es el caso, por lo que se pasa a realizar la comprobación a flexión sin reducción de  $M_{c,Rd}$ :

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yd} = 1310 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 343,10 > M_{Ed} = 209,64 \text{ kN m} \quad \checkmark$$

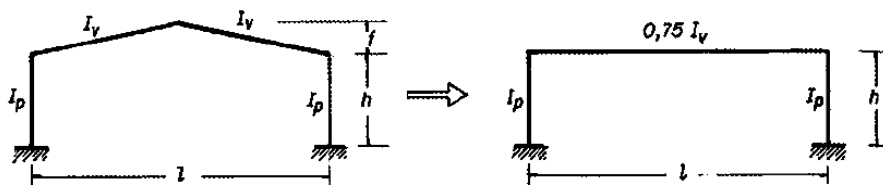
Comprobación de flexión compuesta ( $N+M$ ):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,pl,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{67,61 \cdot 10^3}{8450 \cdot 275/1,05} + \frac{209,64}{343,10} = 0,03 + 0,61 = 0,64 < 1 \quad \checkmark$$

## 2.3) Comprobación de pandeo (flexocompresión)

### 2.3.1 Coeficiente $\beta$ de pandeo en el plano del pórtico



Fuente: Argüelles R et al, 2007

$$\left. \begin{aligned} \eta_1 &= \frac{\frac{I_c}{L_c} + \frac{I_1}{L_1}}{\frac{I_c}{L_c} + \frac{I_1}{L_1} + K_{11} + K_{12}} = \frac{\frac{231 \cdot 10^6}{7000} + 0}{\frac{231 \cdot 10^6}{7000} + 0 + 0 + \frac{1,5 \cdot 0,75 \cdot 57,9 \cdot 10^6}{20000}} = 0,910 \\ \eta_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \beta = 1,73$$

### 2.3.2 Coeficientes de reducción por pandeo

Según el plano de pandeo XZ (plano de la estructura):

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\beta L}{i_y} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{1,73 \cdot 7000}{165} \frac{\sqrt{\frac{275}{210000}}}{\pi} = 73,39 \cdot 0,01152 = 0,8454$$

Según el plano de pandeo XY (plano  $\perp$  a la estructura):

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\beta L}{i_z} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{0,7 \cdot 7000}{39,5} \frac{\sqrt{\frac{275}{210000}}}{\pi} = 124,05 \cdot 0,01152 = 1,4289$$

Curva de pandeo:

$$h/b = 2,22 > 1,2 ; t < 40 \text{ mm} \Rightarrow \text{Curva a (eje y)} \quad \alpha = 0,21$$

$$\text{Curva b (eje z)} \quad \alpha = 0,34$$

$$\phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = \begin{cases} 0,9251 \text{ (y)} \\ 1,7298 \text{ (z)} \end{cases}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \begin{cases} 0,769 \text{ (y)} \\ 0,370 \text{ (z)} \end{cases}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,370 \cdot 8450 \cdot \frac{275}{1,05} = 818,23 \text{ kN} > N_{Ed} = 67,61 \text{ kN}$$

### 2.3.3 Términos de comprobación (CE, Tabla A22.6.7) para sección clase 1

$$A_i = A = 8450 \text{ mm}^2 \quad W_y = W_{pl,y} = 1310 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad \Delta M_{y,Ed} = 0$$

### 2.3.4 Factores de momento flector uniforme equivalente $C_{m,i}$ (CE, Tabla A22.B.3)

Para elementos con modo de pandeo traslacional el momento equivalente uniforme deberá tomarse como  $C_{m,i} = 0,9$ .



2.3.5 Coeficientes de interacción ( $k_{yy}$ ,  $k_{zy}$ )

Elementos susceptibles a deformaciones por torsión → Tabla A22.B.2, sección Clase 1

 $k_{yy}$ 

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}} \right) \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}} \right)$$

$$(\bar{\lambda}_y - 0,2) = 0,8454 - 0,2 = 0,6454 \leq 0,8$$

$$N_{Rd} = A \cdot f_{yd} = 8450 \cdot \frac{275}{1,05} = 2213,10 \text{ kN}$$

$$k_{yy} = 0,9 \left( 1 + 0,6454 \frac{67,61}{0,769 \cdot 2213,10} \right) = 0,9 \cdot 1,0256 = 0,9231$$

 $k_{zy}$ 

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rd}} \geq 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rd}}$$

$$0,1 \bar{\lambda}_z = 0,1 \cdot 1,4289 = 0,14289 \not\leq 0,1$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1}{0,9 - 0,25} \cdot \frac{67,61}{0,370 \cdot 2213,10} = 0,9873$$

2.3.6 Coeficiente de pandeo lateral

$$\left. \begin{aligned} M_{LTv} &= C_1 \frac{\pi}{L_c} \sqrt{G I_T E I_z} = 394,40 \text{ kNm} \\ M_{LTw} &= W_{el,y} \left( \frac{\pi}{L_c} \right)^2 E C_1 i_{f,z}^2 = 287,47 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \rightarrow M_{cr} = \sqrt{M_{Ltv}^2 + M_{Ltw}^2} = 488,05 \text{ kNm}$$

$$\text{con } L_c = 7000 \text{ mm} \quad i_{f,z}^2 = \frac{I_{f,z}}{A_{f,z}} = \frac{6564451}{2990} = 2195,54 \text{ mm}^2$$

Nota:  $i_{f,z}^2$  se ha calculado a partir de la posición de la f.n. elástica, obteniendo el  $i_{f,z}$  del ala y de la tercera parte de la zona comprimida del alma. En rigor se debería haber calculado la f.n. plástica por ser Clase 1, pero la aproximación es suficiente

$$C_1 = 2,669 \quad (\text{interpolando para relación entre momentos máximos } \psi = -133,92/145,58 = -0,920)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = 0,8592$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,9811$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,6873$$

### 2.3.7 Comprobaciones

La primera comprobación es:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$M_{y,Rd} = W_y \cdot f_{yd} = 1310 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,05} = 343,10 \cdot 10^6 \text{ kNm}$$

$$\frac{67610}{0,769 \cdot 2213,10 \cdot 10^3} + 0,9231 \frac{209,64 \cdot 10^6}{0,6873 \cdot 343,10 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$0,040 + 0,821 = 0,860 \leq 1$$

√

La segunda comprobación es:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{67610}{0,370 \cdot 2213,10 \cdot 10^3} + 0,9873 \frac{209,64 \cdot 10^6}{0,6873 \cdot 343,10 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$0,083 + 0,878 = 0,960 \leq 1$$

√

En la Figura 1 se muestra un pórtico a dos aguas, y en la Figura 2 se han dibujado los diagramas de esfuerzos sobre la estructura que producen las acciones características.

Se pide:

1. Dimensionar el vano del dintel con perfiles IPE y los acartelamientos con perfiles compuestos a base de añadir, a un IPE completo, otro IPE al que se le ha cortado el ala superior (prontuario, Tabla 2: Perfil doble I obtenido de dos IPE).
2. Calcular la longitud del acartelamiento necesaria ( $L_a$ ) para no tener que comprobar a pandeo lateral, suponiendo que se dispone un tornapuntas que arriostra el ala inferior en la sección a una distancia  $L_a$  del nudo de esquina.
3. Dimensionar los soportes con perfiles IPE.

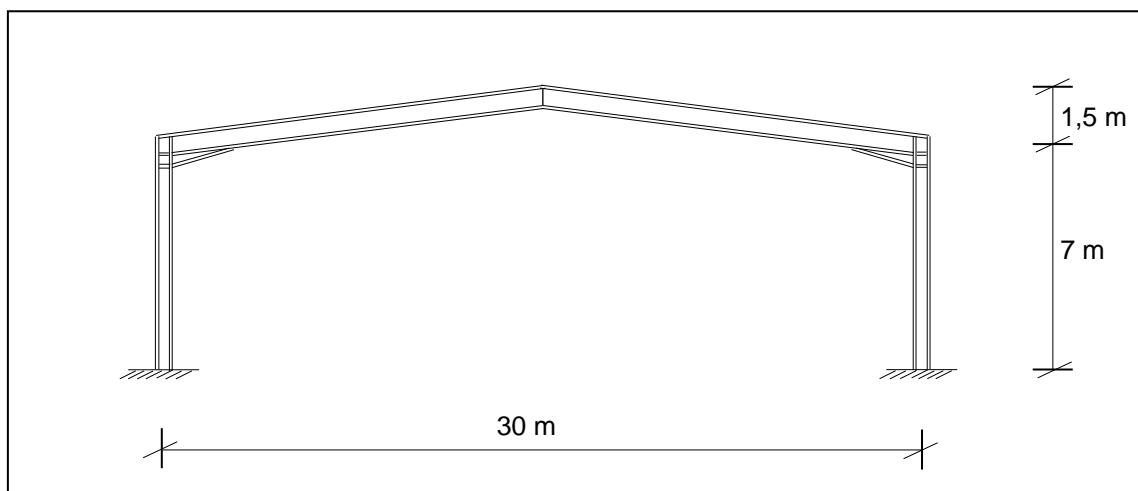
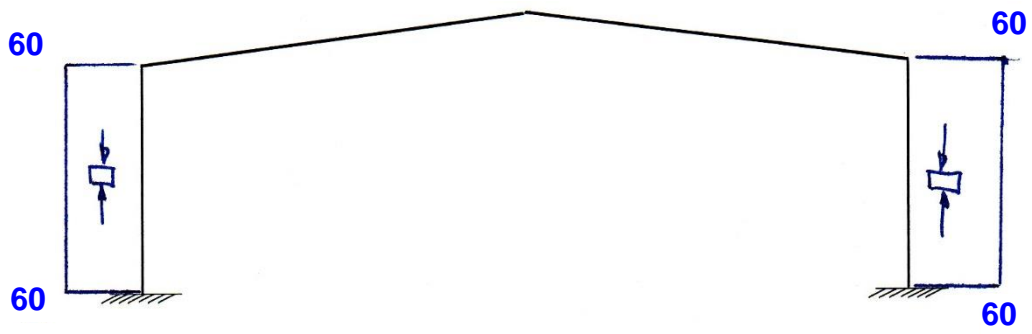


Figura 1

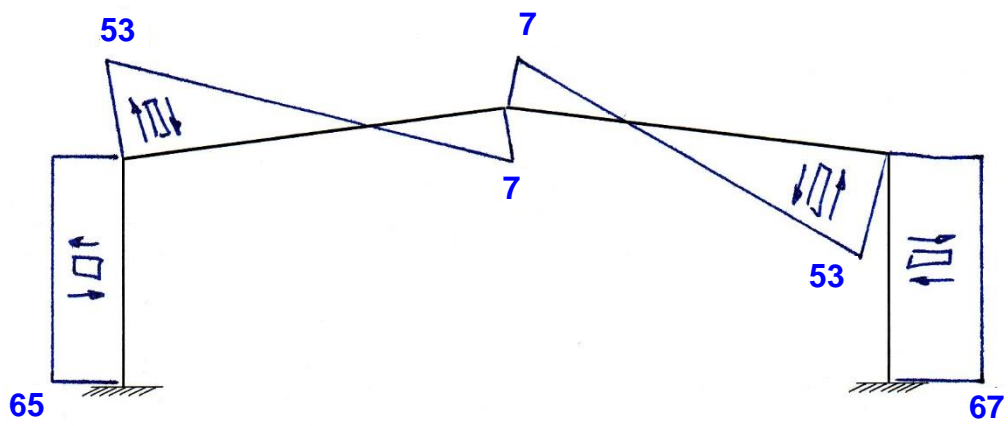
#### DATOS:

- Longitud entre correas, arriostrando lateralmente el dintel del pórtico: 2,3 m
- Longitud de pandeo de los soportes en el plano del pórtico: Obtenerlo por el método simplificado de pilares de edificios con una altura y con el 75 % de la inercia del dintel.
- Coeficiente de pandeo de los soportes en el plano perpendicular al pórtico:  $\beta = 0,7$
- Acero S 275 JR
- Coeficiente medio de mayoración de acciones: 1,44

AXILES (kN)



CORTANTES (kN)



FLECTORES (kN m)

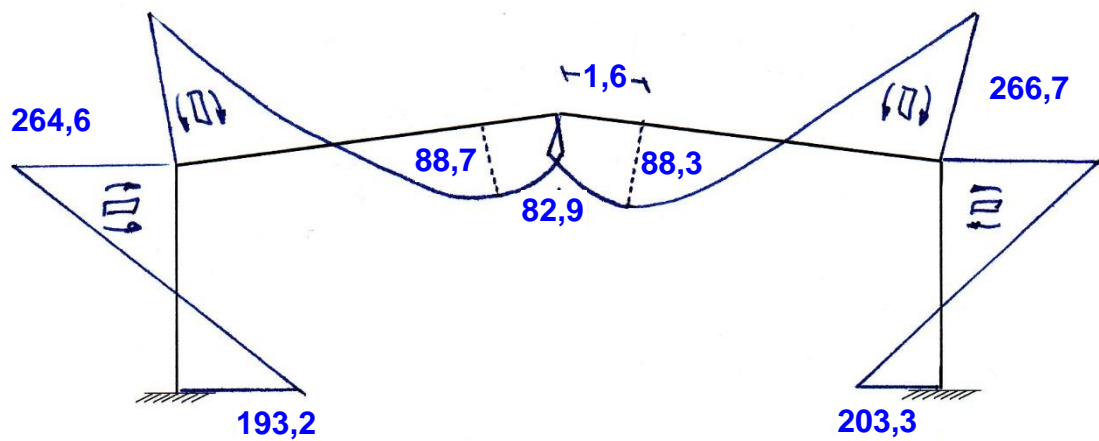


Figura 2