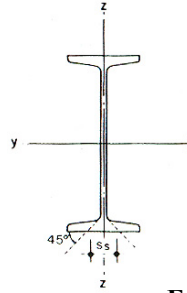
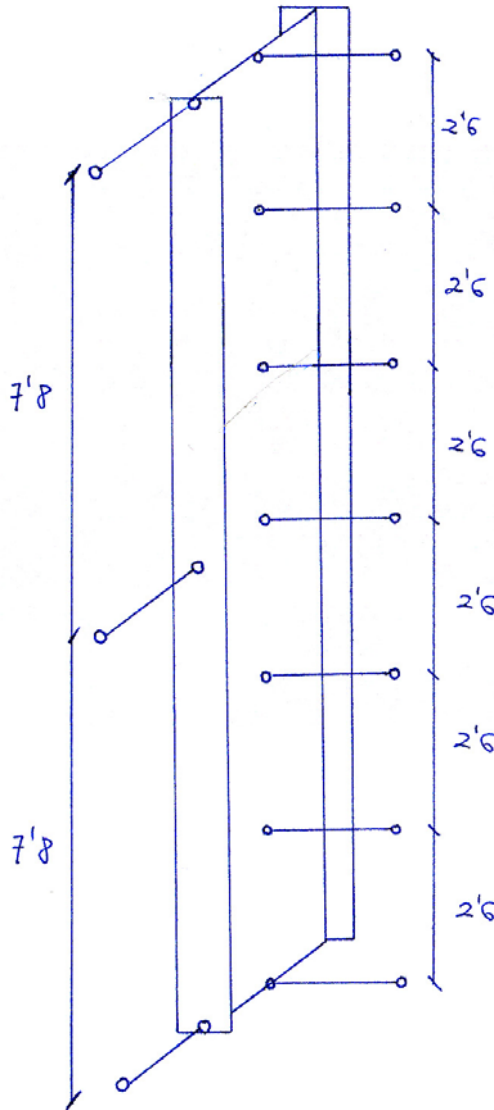


Ejercicio 1

Obtener el máximo axil que es capaz de soportar la pieza comprimida de la figura compuesta por un perfil IPN 240 en acero S 275 JR.



Fuente: Rodríguez R et al, 1999



Anotamos las características geométricas y mecánicas del perfil IPN 240:

$$h = 240 \text{ mm} \quad b = 106 \text{ mm} \quad t_f = 13,1 \text{ mm}$$

$$A = 4610 \text{ mm}^2 \quad i_y = 95,9 \text{ mm} \quad i_z = 22,0 \text{ mm}$$

Según el plano de pandeo XZ:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\beta L}{i_y} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{1 \cdot 7800}{95,9} \frac{\sqrt{\frac{275}{210000}}}{\pi} = 81,33 \cdot 0,01152 = 0,9369$$

Según el plano de pandeo XY:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\beta L}{i_z} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{1 \cdot 2600}{22} \frac{\sqrt{\frac{275}{210000}}}{\pi} = 118,18 \cdot 0,01152 = 1,3613$$

$$h/b = 2,26 ; t < 40 \text{ mm} \Rightarrow \text{Curva a (eje y)} \quad \alpha = 0,21$$

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

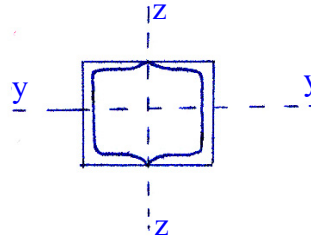
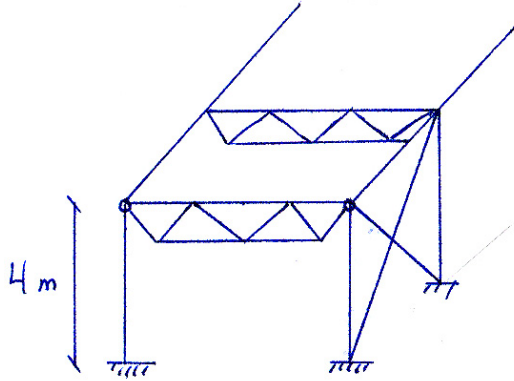
$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = \begin{cases} 1,0162 \text{ (y)} \\ 1,6240 \text{ (z)} \end{cases}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \begin{cases} 0,709 \text{ (y)} \\ 0,398 \text{ (z)} \end{cases}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,398 \cdot 4610 \cdot \frac{275}{1,05} = 481,11 \text{ kN}$$

Ejercicio 2

Obtener el máximo axil de compresión que es capaz de soportar el pilar de una nave industrial formado por 2 UPN 80 en cajón en acero S 275 JR. Suponer la celosía simplemente apoyada.



Anotamos las características geométricas y mecánicas de la sección compuesta:

$$A = 2200 \text{ mm}^2 \quad i_y = 31,0 \text{ mm} \quad i_z = 33,3 \text{ mm}$$

Según el plano de pandeo XZ:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\beta L}{i_y} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{0,7 \cdot 4000}{31,0} \frac{\sqrt{\frac{275}{210000}}}{\pi} = 90,32 \cdot 0,01152 = 1,0404$$

Según el plano de pandeo XY:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\beta L}{i_z} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{2 \cdot 4000}{33,3} \frac{\sqrt{\frac{275}{210000}}}{\pi} = 240,24 \cdot 0,01152 = 2,7673 > 2$$

Agrupación de perfiles laminados soldados \Rightarrow Curva c $\Rightarrow \alpha = 0,49$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = \begin{cases} 1,2471 \text{ (y)} \\ 4,9579 \text{ (z)} \end{cases}$$

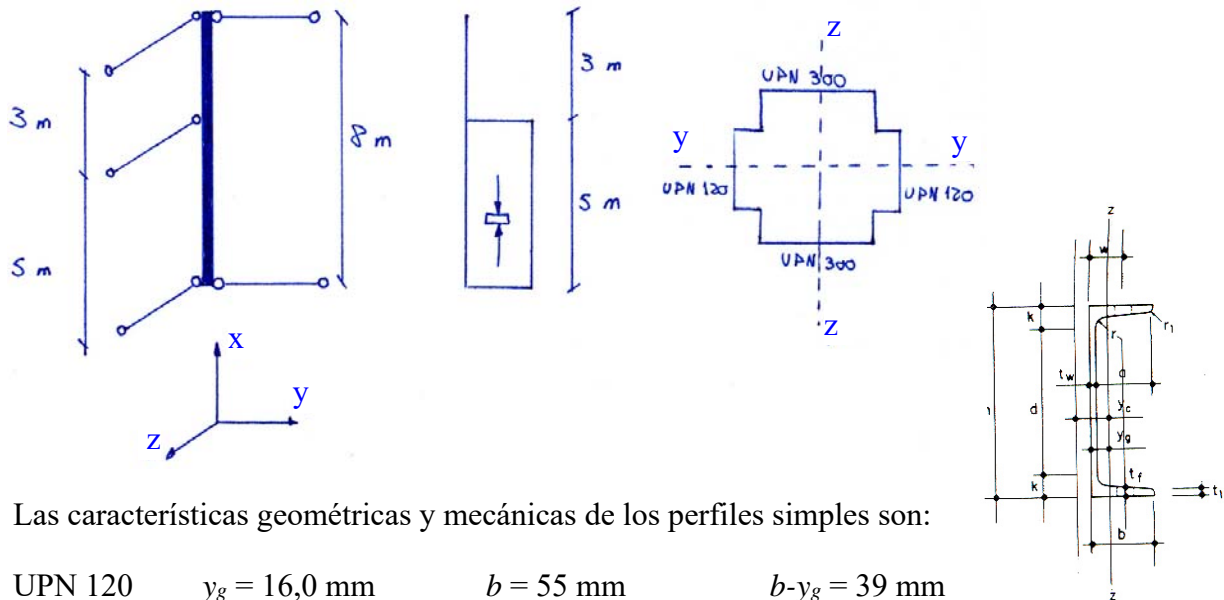
$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \begin{cases} 0,517 \text{ (y)} \\ 0,110 \text{ (z)} \end{cases}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,110 \cdot 2200 \cdot \frac{275}{1,05} = 63,52 \text{ kN}$$

Podríamos disminuir la esbeltez del pilar en el plano de la fachada si rigidizamos la unión con la celosía $\Rightarrow \sim$ Pieza biempotrada con desplazamiento relativo ($\beta \sim 1$) $\Rightarrow N_{b,Rd} \sim 204,75 \text{ kN}$

Ejercicio 3

Obtener el máximo axil que es capaz de soportar la pieza comprimida de la figura, formada a base de una composición de 4 perfiles (2 UPN 120 y 2 UPN 300) en acero S 275 JR.



Las características geométricas y mecánicas de los perfiles simples son:

UPN 120	$y_g = 16,0 \text{ mm}$	$b = 55 \text{ mm}$	$b - y_g = 39 \text{ mm}$
	$A = 1700 \text{ mm}^2$	$I_y = 3,64 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$I_z = 0,432 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
UPN 300	$y_g = 27,0 \text{ mm}$	$b = 100 \text{ mm}$	$b - y_g = 73 \text{ mm}$
	$A = 5880 \text{ mm}^2$	$I_y = 80,30 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$I_z = 4,95 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Fuente: Rodríguez R et al, 1999

Las características mecánicas de la sección compuesta son:

$$A = 2 \cdot 1700 + 2 \cdot 5880 = 15160 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2 \cdot 3,64 \cdot 10^6 + 2 \cdot 4,95 \cdot 10^6 + 2 \cdot 5880 \cdot (60 + 73)^2 = 225,20 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2 \cdot 80,30 \cdot 10^6 + 2 \cdot 0,432 \cdot 10^6 + 2 \cdot 1700 \cdot (150 + 39)^2 = 282,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_y = (I_y/A)^{1/2} = 122,5 \text{ mm}$$

$$i_z = (I_z/A)^{1/2} = 137,3 \text{ mm}$$

Longitud de pandeo en el plano XY

La pieza está sometida a un axil variable por tramos. El método propuesto por el CTE DB SE-A en su art. 6.3.2.2 contempla variación de la ley de esfuerzos axiales lineal o parabólica, pudiendo calcularse la pieza como sometida a un esfuerzo axil constante de valor igual al máximo axil actuante y con la longitud de pandeo igual a:

$$L_k = L \sqrt{\frac{1 + a \frac{N_{\min}}{N_{\max}}}{b}}$$

donde a y b dependen de la ley de esfuerzos axiales y de las condiciones de vinculación de la pieza en sus extremos.

Podemos obtener una ley de axiles lineal equivalente a la ley de axiles por tramos del enunciado, con un mínimo igual a cero en el extremo superior y un máximo en el extremo inferior, quedando la longitud de pandeo con la siguiente expresión:

$$L_k = L \sqrt{\frac{1}{b}} = 0,73L$$

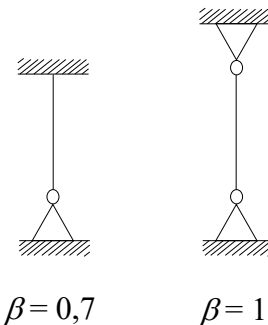
siendo $b = 1,88$ (variación lineal, máximo en un extremo, doblemente articulada).

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\beta L}{i_z} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{0,73 \cdot 8000}{137,3} \frac{\sqrt{210000}}{\pi} = 42,53 \cdot 0,01152 = 0,4899$$

Longitud de pandeo en el plano XZ

Este caso no está tipificado en el CTE. Podemos estimar un valor de β acotando el tramo comprimido de 5 m de longitud entre dos posibles casos:

Adoptamos un valor medio $\beta = 0,85$



$$\bar{\lambda}_y = \frac{\beta L}{i_y} \frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{0,85 \cdot 5000}{122,5} \frac{\sqrt{210000}}{\pi} = 34,69 \cdot 0,01152 = 0,3996$$

Agrupación de perfiles laminados soldados \Rightarrow Curva c $\Rightarrow \alpha = 0,49$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = \begin{cases} 0,6288 & (y) \\ 0,6911 & (z) \end{cases}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \begin{cases} 0,898 & (y) \\ 0,849 & (z) \end{cases}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,849 \cdot 15000 \cdot \frac{275}{1,05} = 3333,77 \text{ kN}$$