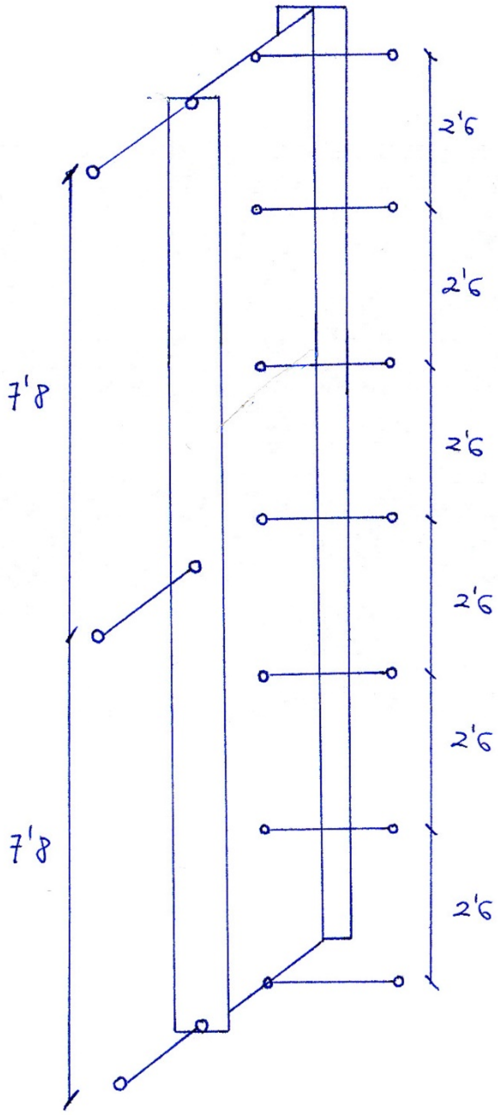
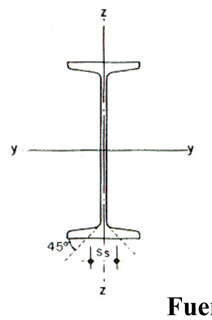
Ejercicio 1

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 mm b = 106 mm t_f = 13,1 mm

A = 4610 mm^2 i_y = 95,9 mm i_z = 22,0 mm

Según el plano de pandeo XZ:

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

Según el plano de pandeo XY:

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

h/b = 2,26 ; t < 40 mm ⇒ Curva a (eje y) α = 0,21

Curva b (eje z) α = 0,34

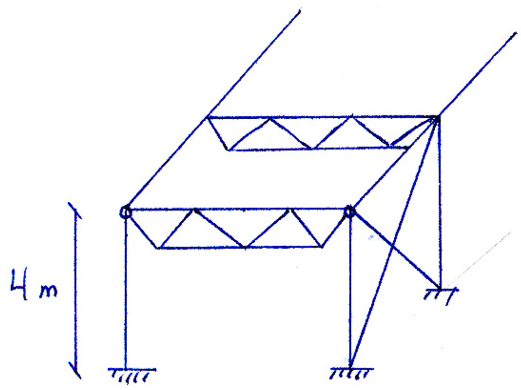
$$\phi = 0{,}5\left[1+\alpha\left(\overline{\lambda}-0{,}2\right)+\overline{\lambda}^2\right] = \begin{cases} 1{,}0162 \ (y) \\ 1{,}6240 \ (z) \end{cases}$$

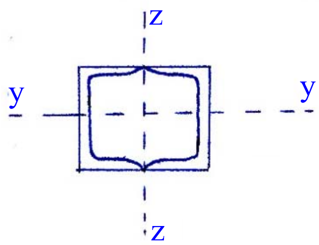
$$\chi = \frac{1}{\phi+\sqrt{\phi^2-\overline{\lambda}^2}} = \begin{cases} 0{,}709 \ (y) \\ 0{,}398 \ (z) \end{cases}$$

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

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.





Características geométricas y mecánicas de la sección compuesta:

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

Según el plano de pandeo XZ:

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

Según el plano de pandeo XY:

$$\overline{\lambda_z} = \frac{\beta L}{i_z}\frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{1{,}8\cdot 4000}{33{,}3}\frac{\sqrt{\dfrac{275}{210000}}}{\pi} = 216{,}22\cdot 0{,}01152 = 2{,}49 > 2$$

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

$$\phi = 0{,}5\left[1 + \alpha\left(\bar{\lambda} - 0{,}2\right) + \bar{\lambda}^2\right] = \begin{cases} 1{,}2471(y) \\ 4{,}1626(z) \end{cases}$$

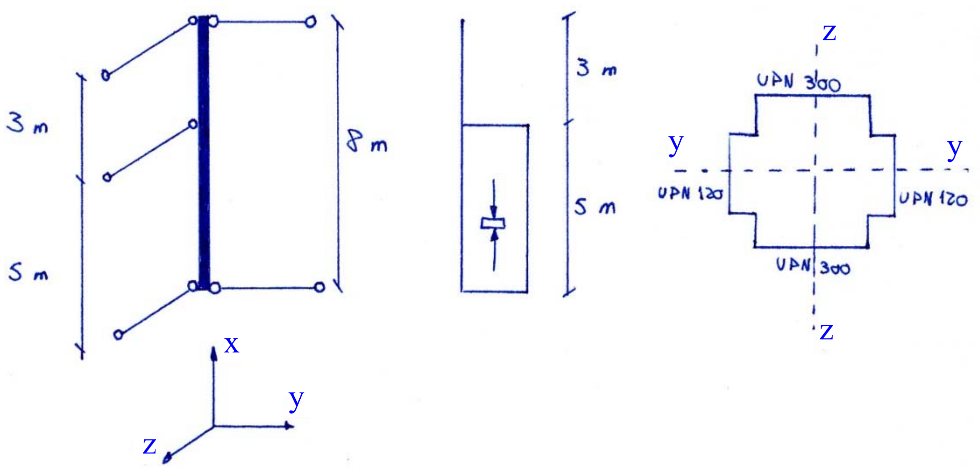
$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \begin{cases} 0{,}517(y) \\ 0{,}133(z) \end{cases}$$

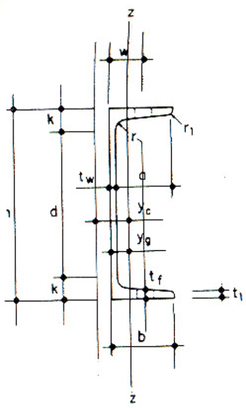
$$\boxed{N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0{,}133\cdot 2200\cdot \frac{275}{1{,}05} = 76{,}85\ \text{kN}}$$

Se podría disminuir la esbeltez del pilar en el plano de la fachada si se rigidiza la unión con la celosía $\Rightarrow$ Pieza biempotrada con desplazamiento relativo ($\beta = 1$) $\Rightarrow$ $N_{b,Rd} = 204{,}75$ 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.





Fuente: Rodríguez R et al, 1999

Las características geométricas y mecánicas de los perfiles simples son:

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

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 axiles 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:

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

donde a y b dependen de la ley de esfuerzos axiles 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:

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

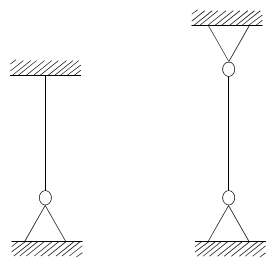
siendo b = 1,88 (variación lineal, máximo en un extremo, doblemente articulada).

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\beta L}{i_z}\frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{0{,}73\cdot 8000}{137{,}3}\frac{\sqrt{\dfrac{275}{210000}}}{\pi} = 42{,}53\cdot 0{,}01152 = 0{,}4899$$

<u>Longitud de pandeo en el plano XZ</u>

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 β = 0,85



β = 0,7 β = 1

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\beta L}{i_y}\frac{\sqrt{f_y/E}}{\pi} = \frac{0{,}85\cdot 5000}{122{,}5}\frac{\sqrt{\dfrac{275}{210000}}}{\pi} = 34{,}69\cdot 0{,}01152 = 0{,}3996$$

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

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

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

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