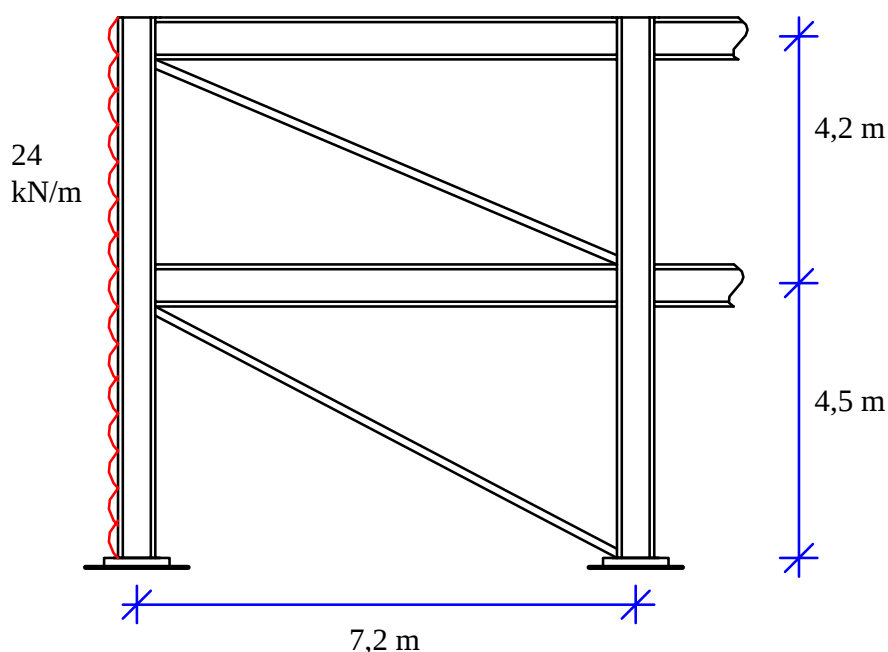


PROBLEMA N°1

Dimensionar el sistema de arriostramiento de un edificio de dos plantas como el que se muestra en la figura sabiendo que debe ser capaz de absorber la acción horizontal debida al viento $Q_d=24\text{kN/m}$ aplicada sobre las fachadas en el doble sentido de actuación (de izquierda a derecha y de derecha a izquierda). El acero es un S235.

**SOLUCIÓN**

Las cargas horizontales serán soportadas por los arriostramientos. Suponemos que estos se disponen cada dos planos de la estructura (a distancias de 10 m). Es más probable que el arriostramiento se disponga en cada extremo del edificio o tal vez en núcleos de escalera/ascensor. Las cargas por tanto pueden ser mayores que las supuestas aquí, pero el planteamiento es el mismo. Para la carga indicada, calcularemos las piezas del arriostramiento para acero S235.

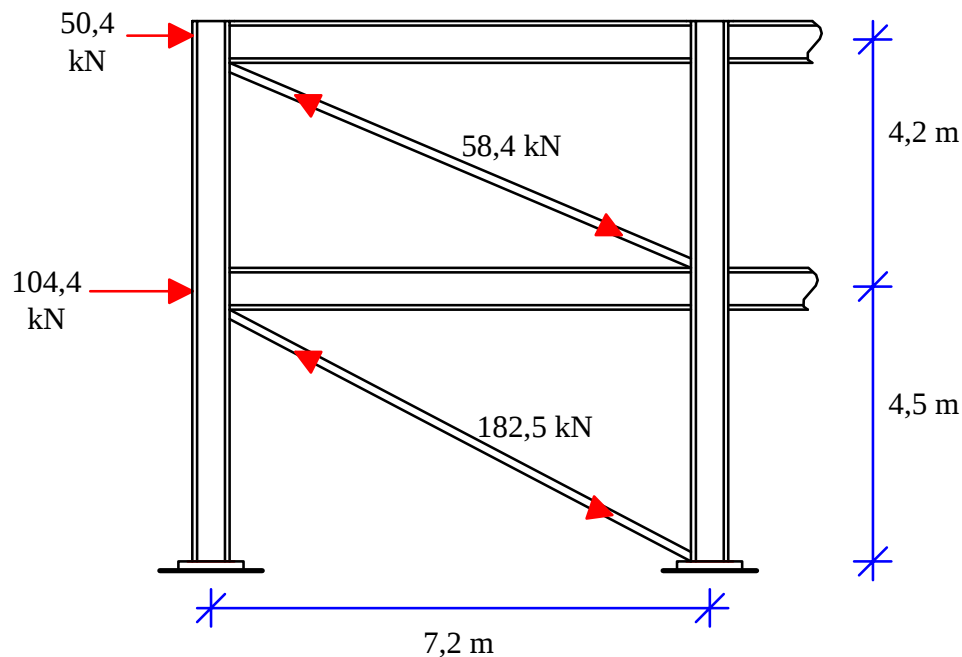
Se supone que la carga uniformemente distribuida actúa como dos cargas puntuales horizontales sobre la estructura.

Carga puntual a la altura de la cubierta = $(24 \times 2,1) = 50,4 \text{ kN}$.

Carga a la altura del primer piso = $(24 \times 2,1) + (24 \times 2,25) = 104,4 \text{ kN}$.

Asumimos que las acciones horizontales son soportadas exclusivamente por el sistema de arriostramiento.

Por tanto, la carga en el arriostramiento superior = $50,4 / \cos 30,3^\circ = 58,4 \text{ kN}$, y la carga sobre el arriostramiento inferior = $(104,4 + 50,4) / \cos 32^\circ = 182,5 \text{ kN}$



Diseñamos el arriostramiento inferior ya que debe soportar el mayor esfuerzo.

Probemos con un CHS (sección hueca circular) 175 x 5,0

1. Características de la sección

Diámetro exterior, $d = 175 \text{ mm}$, Espesor, $t = 5 \text{ mm}$

Area de la sección, $A = 2670 \text{ mm}^2$, Relación para pandeo local, $d/t = 35$,

Radio de giro, $i = 60,1 \text{ mm}$

2. Clasificación de la sección transversal

Dado que no se precisa que el arriostramiento tenga ninguna capacidad de rotación plástica (solamente se requiere una rótula), es suficiente asegurar que la sección sea al menos de clase 2 para desarrollar la resistencia plástica.

El valor límite de d/t en secciones de Clase 1 para secciones tubulares es $50\varepsilon^2$.

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} \text{ siendo } f_y = 235 \text{ N/mm}^2, \therefore \varepsilon = 1.$$

$$50\varepsilon^2 = 50 \times 1 = 50$$

De las características de la sección, $d/t=35$, por tanto la sección es de Clase 1.

3 Diseño del elemento de arriostramiento comprimido

Los elementos de arriostramiento deben ser comprobados para soportar el esfuerzo de compresión y el pandeo. Dado que estamos utilizando un perfil CHS, no es preciso comprobar el pandeo lateral (la sección no tiene eje débil).

3.1 Resistencia de la sección transversal

Resulta muy improbable que el fallo por compresión de la sección transversal sea el caso crítico – es normalmente la resistencia a pandeo la que establece la conveniencia de una determinada sección transversal. No obstante y en aras de ofrecer un estudio completo, incluimos esta comprobación en el ejemplo. La resistencia de la sección transversal solamente será crítica si empleamos una pieza robusta (con esbeltez pequeña).

El esfuerzo axil aplicado, N_{Sd} , deberá ser menor que la resistencia de cálculo a compresión de la sección transversal, $N_{c,Rd}$.

Esfuerzo axil aplicado, $N_{Sd} = 182,5 \text{ kN}$.

Resistencia de cálculo a compresión de la sección, $N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$

donde A es el área de la sección transversal $= 2670 \text{ mm}^2$,

f_y es el límite elástico del acero $= 235 \text{ N/mm}^2$, y

γ_{M0} es el coeficiente parcial de seguridad $= 1,1$.

$$N_{pl,Rd} = \frac{2670 \times 235}{1,1 \times 10^3} = 570,4 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión de la sección transversal, $N_{c,Rd} = 570,4 \text{ kN}$, es mayor que el esfuerzo aplicado, $N_{Sd} = 182,5 \text{ kN}$. Por tanto **el perfil elegido resulta satisfactorio**

3.2 Resistencia a pandeo

Una pieza de clase 1 sometida a compresión centrada debe ser chequeada para evitar su fallo por pandeo.

La resistencia de cálculo a pandeo de una pieza comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \beta_A A f_y}{\gamma_{M1}}$$

χ es el coeficiente de reducción para el correspondiente modo de pandeo

$\beta_A = 1$ para secciones transversales de clase 1,

A es el área de la sección transversal = 2670 mm²,

f_y es el límite elástico del acero = 235 N/mm², y

γ_{M1} es el coeficiente parcial de seguridad para la resistencia a pandeo = 1,1.

Los valores de χ para el apropiado valor de la esbeltez adimensional, $\bar{\lambda}$

La esbeltez adimensional,

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1} \right) \beta_A^{0,5}$$

siendo la esbeltez,

$$\lambda = \frac{l}{i}$$

l es la longitud de pandeo de la pieza, y

i es el radio de giro.

El elemento de arriostramiento se diseña como una pieza biarticulada. Por tanto, la relación de longitud de pandeo l/L vale 1 – la longitud de pandeo es igual a la longitud del sistema.

La longitud de la pieza = $\sqrt{(4,5^2 + 7,2^2)} = 8500$ mm

$$\lambda_1 = \pi \left(\frac{E}{f_y} \right)^{0,5} = 93,9 \varepsilon$$

3.3 Coeficiente de reducción, χ

La esbeltez, $\lambda = l/i = 8500/60,1 = 141$

$$\lambda_1 = 93,9\varepsilon = 93,9 \times 1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1} \right) \beta_A^{0,5} = \left(\frac{141}{93,9} \right) \times 1^{0,5} = 1,50$$

De modo que la esbeltez adimensional,

con curva b de pandeo, el coeficiente de reducción, $\chi=0,3422$.

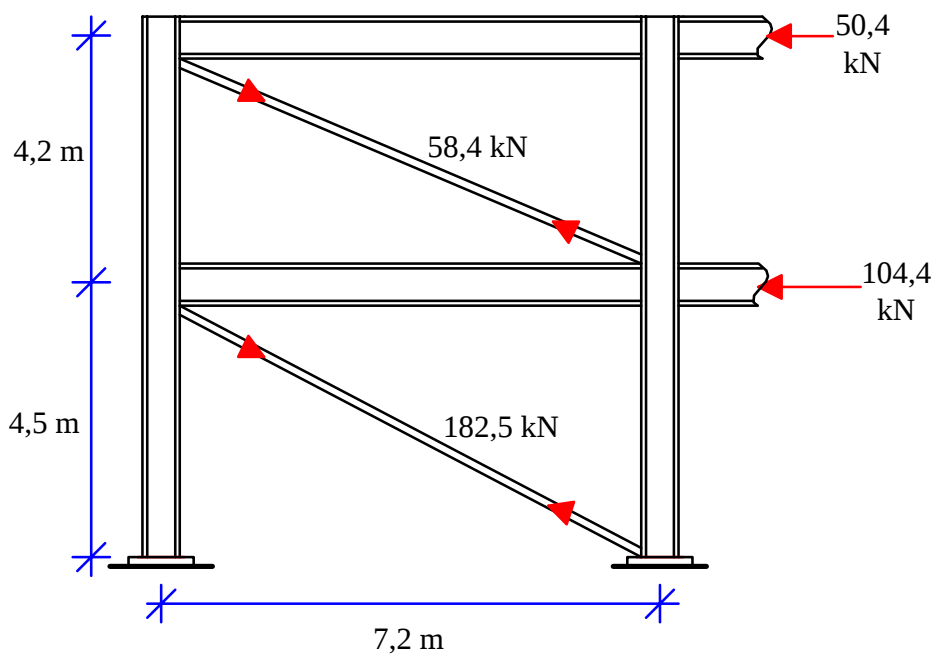
La resistencia de cálculo a pandeo de la pieza:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \beta_A A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,3422 \times 1 \times 2670 \times 235}{1,1 \times 10^3} = 195,2 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a pandeo de la pieza es mayor que el esfuerzo de compresión aplicado (182,5 kN), por tanto **el perfil elegido es satisfactorio**.

4 Diseño del elemento de arriostramiento traccionado

Cuando el viento actúa en sentido contrario, los elementos de arriostramiento estarán traccionados. Por tanto la sección precisa ser comprobada también a tracción para la misma magnitud del esfuerzo (182,5 kN).



4.1 Resistencia de la sección transversal

El esfuerzo axil de tracción, N_{Sd} , debe ser menor que la resistencia de cálculo a tracción de la sección transversal, $N_{t,Rd}$.

El esfuerzo axil de tracción aplicado, $N_{Sd} = 182,5 \text{ kN}$.

La resistencia de cálculo a tracción de la sección, $N_{t,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$

donde A es el área de la sección transversal = 2670 mm^2 ,

f_y es el límite elástico del acero = 235 N/mm^2 , y

γ_{M0} es el coeficiente parcial de seguridad = 1,1.

$$N_{t,Rd} = \frac{2670 \times 235}{1,1 \times 10^3} = 570,4 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción de la sección transversal, $N_{t,Rd} = 570,4 \text{ kN}$, resulta mayor que el esfuerzo de tracción aplicado, $N_{Sd} = 182,5 \text{ kN}$. Por tanto el perfil seleccionado resulta satisfactorio.

Los elementos de arriostramiento elegidos son adecuados al verifican todos los requerimientos del Eurocódigo para piezas traccionadas y comprimidas.