

# CI52R – Estructuras de Acero

*Semestre Otoño 2006*

Profesor: Ricardo Herrera M.

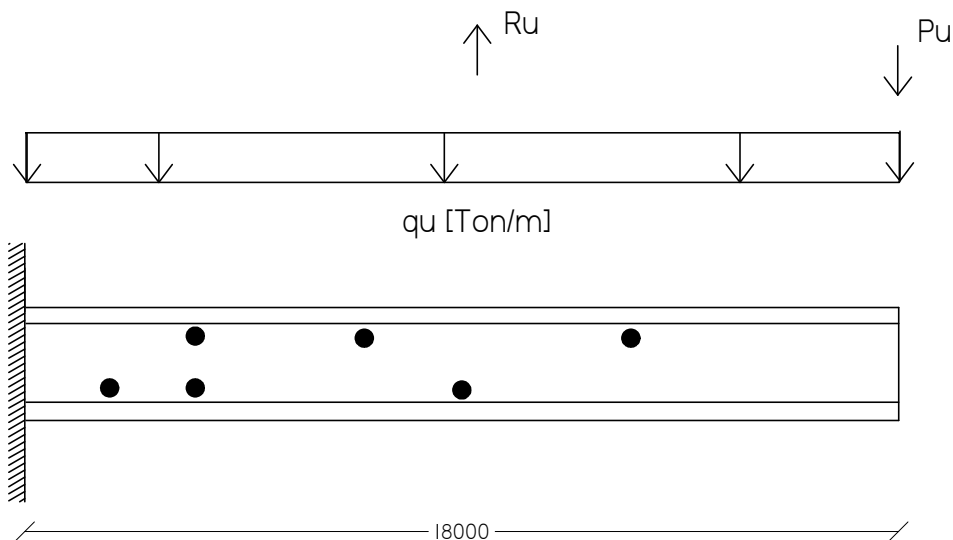
Auxiliar: Phillipa Correa M.

## Control 2

*Tiempo: 2 horas*

1. Diseñar la viga en voladizo de la figura, para lo cual debe considerar:

- a) Norma AISC LRFD 2005
- b) Acero A36
- c) Se debe calcular  $C_b$  para cada tramo, no usar regla  $C_b$  igual a 1 para cantilevers.
- d) Los puntales que fijan el volcamiento del ala inferior se encuentran a 1,75; 3,5 y 9 metros del borde empotrado.
- e) Los puntales que fijan el volcamiento del ala superior se encuentran a 3,5; 6 y 12 metros del borde empotrado.



2. Para la estructura de la figura, diseñe la diagonal mas solicitada en compresión.

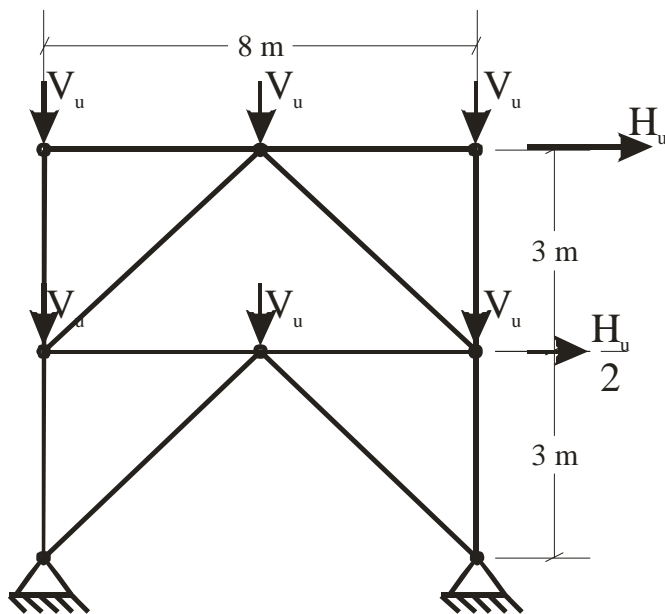
Bases de diseño:

- Acero A37-24ES.
- Norma AISC-2005 (LRFD).
- Usar combinaciones de carga ASCE-7.
- Usar un perfil cajón formado por dos canales soldados en toda la longitud del elemento.
- Se debe encontrar el perfil **más liviano** que soporte la carga ultima de compresión, con  $0,9 \leq F_u \leq 1$ .
- Solicitaciones:

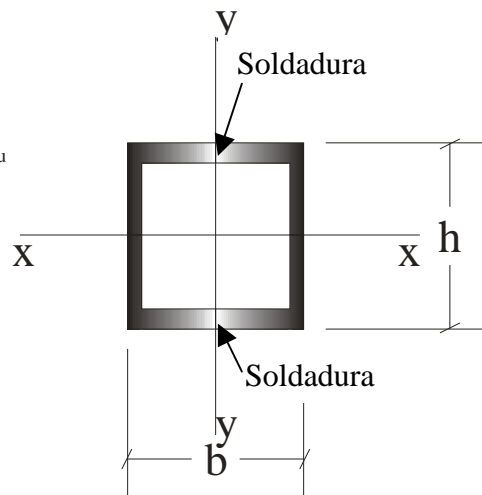
PP:  $V = 1$  [Tonf]

SC:  $V = 3$  [Tonf]

Viento:  $H = 3,5$  [Tonf]



Elevación A-A



Sección diagonales

# CI52R – Estructuras de Acero

Semestre Otoño 2006

Profesor: Ricardo Herrera M.

Auxiliar: Phillipa Correa M.

## Control 2 (Pauta)

### Pregunta 1

#### 1. Análisis Estructural

$$\text{Ton} := 1000 \cdot \text{kgf}$$

$$q := 0.1 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$P := 0.35 \cdot \text{Ton}$$

$$R := 1.4 \cdot \text{Ton}$$

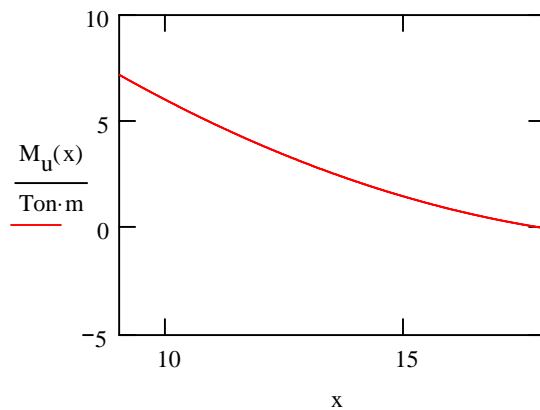
$$L := 18 \cdot \text{m}$$

$$M_{qu}(x) := \frac{q \cdot L^2}{2} - q \cdot L \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2}$$

$$M_{pu}(x) := P \cdot L - P \cdot x$$

$$M_{ru}(x) := \begin{cases} R \cdot \frac{L}{2} - R \cdot x & \text{if } x \leq \frac{L}{2} \\ 0 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_u(x) := M_{qu}(x) + M_{pu}(x) - M_{ru}(x)$$



## 2. Cálculo de Cb

Tal como se ve en el diagrama de momento de la viga, la cuerda inferior es la cuerda comprimida, por lo tanto la longitud de volcamiento queda definida por los puntales que están puestos en el ala inferior.

$$L_1 := 1.75 \cdot m$$

$$C_{b,1} := \frac{12.5 \cdot M_u(0 \cdot m)}{2.5 \cdot M_u(0 \cdot m) + 3 \cdot M_u\left(\frac{L_1}{4}\right) + 4 \cdot M_u\left(\frac{L_1}{2}\right) + 3 \cdot M_u\left(L_1 \cdot \frac{3}{4}\right)}$$

$$C_{b,1} = 1.052$$

$$M_{u,1} := M_u(0 \cdot m)$$

$$M_{u,1} = 9.9 \text{ Ton} \cdot m$$

$$L_{b,1} := L_1$$

$$L_{b,1} = 1.75 \text{ m}$$

$$L_2 := 2 \cdot 1.75 \cdot m$$

$$C_{b,2} := \frac{12.5 \cdot M_u(L_1)}{2.5 \cdot M_u(L_1) + 3 \cdot M_u\left(\frac{L_2 - L_1}{4} + L_1\right) + 4 \cdot M_u\left(\frac{L_2 - L_1}{2} + L_1\right) + 3 \cdot M_u\left[(L_2 - L_1) \cdot \frac{3}{4} + L_1\right]}$$

$$C_{b,2} = 1.044$$

$$M_{u,2} := M_u(L_1)$$

$$M_{u,2} = 8.741 \text{ Ton} \cdot m$$

$$L_{b,2} := L_2 - L_1$$

$$L_{b,2} = 1.75 \text{ m}$$

$$L_3 := 2 \cdot 1.75 \cdot m + 5.5 \cdot m$$

$$C_{b,3} := \frac{12.5 \cdot M_u(L_2)}{2.5 \cdot M_u(L_2) + 3 \cdot M_u\left(\frac{L_3 - L_2}{4} + L_2\right) + 4 \cdot M_u\left(\frac{L_3 - L_2}{2} + L_2\right) + 3 \cdot M_u\left[(L_3 - L_2) \cdot \frac{3}{4} + L_2\right]}$$

$$C_{b,3} = 1.072$$

$$M_{u,3} := M_u(L_2)$$

$$M_{u,3} = 7.888 \text{ Ton}\cdot\text{m}$$

$$L_{b,3} := L_3 - L_2$$

$$L_{b,3} = 5.5 \text{ m}$$

$$L_4 := L$$

$$C_{b,4} := \frac{12.5 \cdot M_u(L_3)}{2.5 \cdot M_u(L_3) + 3 \cdot M_u\left(\frac{L_4 - L_3}{4} + L_3\right) + 4 \cdot M_u\left(\frac{L_4 - L_3}{2} + L_3\right) + 3 \cdot M_u\left[(L_4 - L_3) \cdot \frac{3}{4} + L_3\right]}$$

$$C_{b,4} = 1.983$$

$$M_{u,4} := M_u(L_3)$$

$$M_{u,4} = 7.2 \text{ Ton}\cdot\text{m}$$

$$L_{b,4} := L_4 - L_3$$

$$L_{b,4} = 9 \text{ m}$$

Realizamos una tabla para resumir los valores.

Tramo	Lb	Cb	Mmax
1	$L_{b,1} = 1.75 \text{ m}$	$C_{b,1} = 1.052$	$M_{u,1} = 9.9 \text{ Ton}\cdot\text{m}$
2	$L_{b,2} = 1.75 \text{ m}$	$C_{b,2} = 1.044$	$M_{u,2} = 8.741 \text{ Ton}\cdot\text{m}$
3	$L_{b,3} = 5.5 \text{ m}$	$C_{b,3} = 1.072$	$M_{u,3} = 7.888 \text{ Ton}\cdot\text{m}$
4	$L_{b,4} = 9 \text{ m}$	$C_{b,4} = 1.983$	$M_{u,4} = 7.2 \text{ Ton}\cdot\text{m}$

El tramo número 2 lo podemos descartar ya que en comparación con el tramo número 1, tienen el mismo largo de volcamiento, el mismo Cb pero un momento de diseño menor.

### 3. Cálculo de la Sección

$$E := 2100 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$F_y := 2.53 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

Para partir con la iteración elegimos un perfil según el criterio de un FU igual a 0.90.

$$Z_{\text{iteración}} := \frac{M_{u.1}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot F_y} \quad Z_{\text{iteración}} = 483.092 \text{ cm}^3$$

Elegimos el perfil que tengan el menor peso con un Z mayor a 483 cm<sup>3</sup>.

Perfil IN30x36.7

$$H := 30 \cdot \text{cm}$$

$$B := 15 \cdot \text{cm}$$

$$e := 10 \cdot \text{mm}$$

$$t := 6 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_{\text{ala}} := \frac{B}{2 \cdot e} \quad \lambda_{\text{ala}} = 7.5$$

$$\lambda_{\text{p.ala}} := 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \lambda_{\text{p.ala}} = 10.948 \quad \text{La sección es compacta}$$

$$\lambda_{\text{alma}} := \frac{H - 2 \cdot e}{t} \quad \lambda_{\text{alma}} = 46.667$$

$$\lambda_{\text{p.alma}} := 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \lambda_{\text{p.alma}} = 108.327 \quad \text{La sección es compacta}$$

Como el ala y alma son compactas la sección de diseño es la F2.

$$Z := 553 \cdot \text{cm}^3$$

$$M_p := F_y \cdot Z$$

$$M_p = 13.991 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$M_{n1} := M_p$$

$$r_y := 3.47 \cdot \text{cm}$$

$$L_p := 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 175.951 \text{ cm}$$

$$I_y := 563 \cdot \text{cm}^4$$

$$C_w := 118000 \cdot \text{cm}^6$$

$$S_x := 494 \cdot \text{cm}^3$$

$$r_{ts} := \sqrt{\frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}}$$

$$r_{ts} = 4.062 \text{ cm}$$

$$c := 1$$

$$h_0 := H - e$$

$$h_0 = 0.29 \text{ m}$$

$$J := 12.1 \cdot \text{cm}^4$$

$$L_r := 1.95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0.7 \cdot F_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0}} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \cdot \left( \frac{0.7 \cdot F_y}{E} \cdot \frac{S_x \cdot h_0}{J \cdot c} \right)^2}}$$

$$L_r = 530.835 \text{ cm}$$

$$M_{n2}(x) := \begin{cases} M_p & \text{if } x \leq L_p \\ M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot \left( \frac{x - L_p}{L_r - L_p} \right) & \text{if } L_p < x \leq L_r \\ \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{x}{r_{ts}} \right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} \cdot \left( \frac{x}{r_{ts}} \right)^2} \cdot S_x & \text{if } L_r < x \end{cases}$$

$$C_{b.1} := \begin{cases} 1 & \text{if } L_1 \leq L_p \\ C_{b.1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{n2.1} := \min(C_{b.1} \cdot M_{n2}(L_1), M_p)$$

$$M_{n2.1} = 13.991 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$C_{b.2} := \begin{cases} 1 & \text{if } L_2 - L_1 \leq L_p \\ C_{b.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{n2.2} := \min(C_{b.2} \cdot M_{n2}(L_2 - L_1), M_p)$$

$$M_{n2.2} = 13.991 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$C_{b.3} := \begin{cases} 1 & \text{if } L_3 - L_2 \leq L_p \\ C_{b.3} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{n2.3} := \min(C_{b.3} \cdot M_{n2}(L_3 - L_2), M_p)$$

$$M_{n2.3} = 8.898 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$C_{b.4} := \begin{cases} 1 & \text{if } L_4 - L_3 \leq L_p \\ C_{b.4} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{n2.4} := \min(C_{b.4} \cdot M_{n2}(L_4 - L_3), M_p)$$

$$M_{n2.4} = 8.509 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$\phi_b := 0.9$$

$$\frac{M_{u.1}}{\phi_b \cdot M_{n2.1}} = 0.786$$

$$\frac{M_{u.2}}{\phi_b \cdot M_{n2.2}} = 0.694$$

$$\frac{M_{u.3}}{\phi_b \cdot M_{n2.3}} = 0.98$$

$$\frac{M_{u.4}}{\phi_b \cdot M_{n2.4}} = 0.94$$



## **Pregunta 2**

### **1. Análisis Estructural**

Como nos piden resolver solo la diagonal más comprimida, resolvemos solo los nudos centrales.

La carga Vu del primer piso y del segundo piso generan la misma carga en ambas diagonales.

En las cargas horizontales la mayor compresión es generada en la diagonal derecha del segundo piso, pero como a la carga del primer hay que sumarle la descarga del segundo, nos da que la diagonal más comprimida esta en el primer piso.

$$V_{pp} := 1 \cdot \text{Ton}$$

$$V_{sc} := 3 \cdot \text{Ton}$$

$$H_v := 3.5 \cdot \text{Ton}$$

Resolvemos primero la carga vertical.

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{3}{4}\right)$$

$$\alpha = 36.87 \text{ deg}$$

Ángulo de la diagonal medido desde el plano horizontal

$$P_{pp} := \frac{V_{pp}}{2 \cdot \sin(\alpha)}$$

$$P_{pp} = 0.833 \text{ Ton}$$

$$P_{sc} := \frac{V_{sc}}{2 \cdot \sin(\alpha)}$$

$$P_{sc} = 2.5 \text{ Ton}$$

$$P_v := \frac{H_v}{\cos(\alpha)} \cdot \frac{3}{4}$$

$$P_v = 3.281 \text{ Ton}$$

$$C1 := 1.4 \cdot P_{pp}$$

$$C1 = 1.167 \text{ Ton}$$

$$C2 := 1.2 \cdot P_{pp} + 1.6 \cdot P_{sc}$$

$$C2 = 5 \text{ Ton}$$

$$C31 := 1.2 \cdot P_{pp} + 0.5 \cdot P_{sc}$$

$$C31 = 2.25 \text{ Ton}$$

$$C32 := 1.2 \cdot P_{pp} + 0.8 \cdot P_v$$

$$C32 = 3.625 \text{ Ton}$$

$$C4 := 1.2 \cdot P_{pp} + 1.3 \cdot P_v + 0.5 \cdot P_{sc}$$

$$C4 = 6.516 \text{ Ton}$$

$$P_u := \max(C1, C2, C31, C32, C4)$$

$$P_u = 6.516 \text{ Ton}$$

Carga de diseño

$$A_{\min} := \frac{P_u}{0.9 \cdot F_y}$$

$$A_{\min} = 2.861 \text{ cm}^2$$

$$h_{\min} := \frac{400 \cdot \text{cm}}{90}$$

$$h_{\min} = 4.444 \text{ cm}$$

$$r_{\min} := \frac{500 \cdot \text{cm}}{200}$$

$$r_{\min} = 2.5 \text{ cm}$$

Perfil 2C8x4.61

$$H := 80 \cdot \text{mm} \quad t := 4 \cdot \text{mm}$$

$$A := 5.87 \cdot \text{cm}^2$$

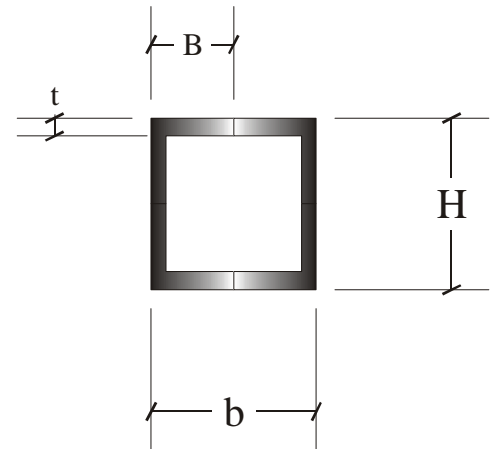
$$B := 40 \cdot \text{mm} \quad x := 1.19 \cdot \text{cm}$$

$$I_x := 55.4 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_y := 8.92 \cdot \text{cm}^4$$

$$F_y := 2.4 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 2100 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$



$$KL := 5 \cdot \text{m}$$

$$A_g := 2 \cdot A$$

$$A_g = 11.74 \text{ cm}^2$$

$$I_x := 2 \cdot I_x$$

$$I_x = 110.8 \text{ cm}^4$$

$$I_y := 2 \cdot \left[ I_y + \frac{A_g}{2} \cdot (B - x)^2 \right]$$

$$I_y = 110.54 \text{ cm}^4$$

$$r_x := \sqrt{\frac{I_x}{A_g}}$$

$$r_x = 3.072 \text{ cm}$$

$$r_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$r_y = 3.068 \text{ cm}$$

Pandeo Global

$$\lambda_x := \frac{KL}{r_x}$$

$$\lambda_x = 162.755$$

$$\lambda_y := \frac{KL}{r_y}$$

$$\lambda_y = 162.946$$

$$\lambda := \max(\lambda_x, \lambda_y)$$

$$\lambda = 162.946$$

$$\phi_c := 0.9$$

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

$$F_e = 0.781 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{cr} := \begin{cases} 0.658 \cdot \frac{F_y}{F_e} \cdot F_y & \text{if } \lambda \leq 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ 0.877 \cdot F_e & \text{if } \lambda > 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases}$$

$$F_{cr} = 0.685 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 8.037 \text{ Ton}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 7.233 \text{ Ton}$$

Pandeo Local

Alas

$$\lambda_f := \frac{2B - 4t}{t}$$

$$\lambda_f = 16$$

$$\lambda_p := 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 41.413$$

No hay pandeo local

Almas

$$\lambda_w := \frac{H - 4t}{t}$$

$$\lambda_w = 16$$

$$\lambda_p := 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 41.413$$

No hay pandeo local

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 0.90$$