

# Ejercicio 2 CI52R: Estructuras de Acero

Semestre Otoño 2006

Prof.: R. Herrera, Aux.: P. Correa

Para la estructura detallada más abajo, diseñe la columna y la diagonal más comprimidas.

Bases de diseño:

1. Norma AISC-2005 (LRFD).

2. Columnas

a) Acero A572 Gr. 65 ( $F_y = 4600 \text{ kgf/cm}^2$ ), espesor máximo de placa 14 mm

b) Usar un perfil HN, con  $0,95 < F_u < 1,05$ .

3. Diagonales

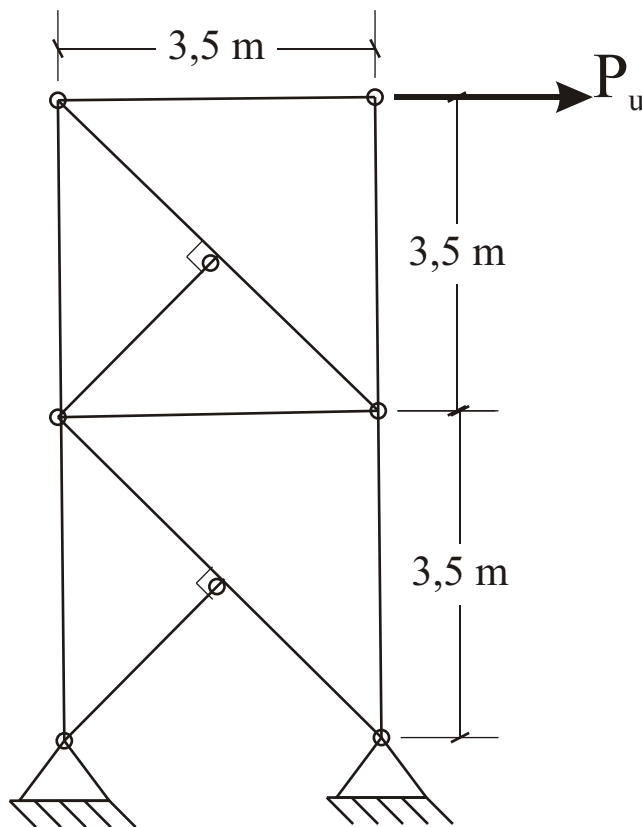
a) Acero A36 ( $F_y = 2500 \text{ kgf/cm}^2$ )

b) Usar perfil compuesto por cuatro L ( $b < h$ )

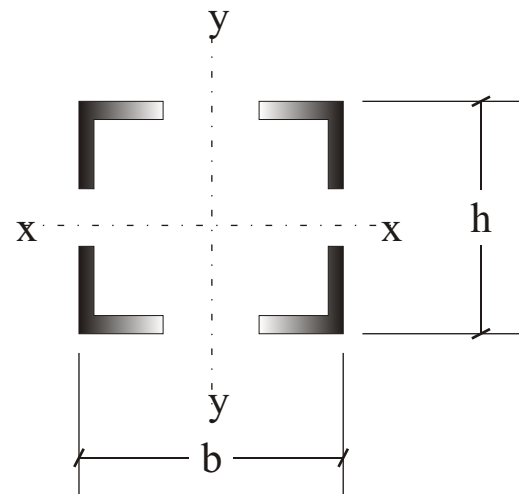
c) Indicar en el corte la orientación de los perfiles elegidos.

d) Asumir que elementos conectores son placas soldadas a los ángulos. Indicar la inclinación de los elementos conectores, pero no dimensionar estos elementos.

4. Solicitaciones:  $P_u = 300 \text{ [Tonf]}$



Elevación A-A



Sección diagonales

# CI52R – Estructuras de Acero

Semestre Otoño 2006

Profesor: Ricardo Herrera M.

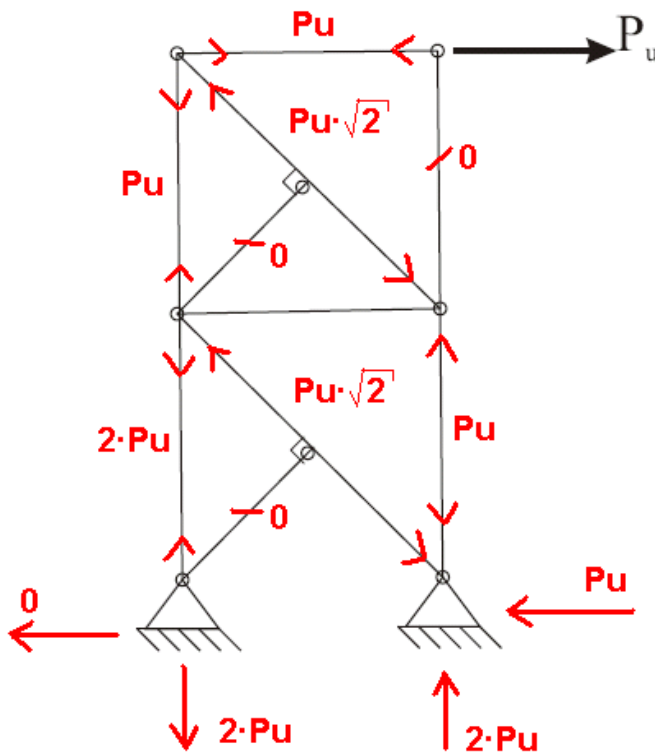
Auxiliar: Phillip Corra M.

## Ejercicio 2 (Pauta)

### 1. Análisis Estructural

$Ton := 1000 \cdot kgf$

$P_u := 300 \cdot Ton$



Para resolver la estructura lo primero que se debe hacer es eliminar los elementos que no tienen esfuerzos (diagonales cortas y columna superior derecha).

Luego hacemos momento con respecto a la base de la columna de la derecha para obtener la reacción vertical de la columna izquierda.

Como la columna izquierda es una biela sin carga en el vano, la reacción horizontal es 0, por lo tanto la reacción horizontal de la columna derecha es  $P_u$ .

A continuación se resuelve lo demás por equilibrio en los nodos.

## 2. Columna

### 2.1. Cargas de diseño

$$C_u := P_u$$

$$C_u = 300 \text{ Ton}$$

Compresión mayorada

$$T_u := 2 \cdot P_u$$

$$T_u = 600 \text{ Ton}$$

Tracción mayorada

### 2.2. Propiedades del acero

$$F_y := 4.6 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

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

### 2.3. Factores de reducción de la resistencia

$$\phi_c := 0.9$$

### 2.4. Mínimos

$$A_{\min} := \frac{C_u}{\phi_c \cdot F_y}$$

$$A_{\min} = 72.464 \text{ cm}^2$$

Área mínima

$$r_{\min} := \frac{350 \cdot \text{cm}}{200}$$

$$r_{\min} = 1.75 \text{ cm}$$

Radio de giro mínimo

### 2.5. Propiedades del perfil

Perfil **HN30x73.9**

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

Altura del perfil

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

Ancho del perfil

$$e := 12 \cdot \text{mm}$$

Espesor del ala

$$t := 8 \cdot \text{mm}$$

Espesor del alma

$$A_g := 94.1 \cdot \text{cm}^2$$

Área del perfil

$$I_x := 16300 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_y := 5400 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$r_x = 13.161 \text{ cm}$$

Radio de giro en X

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

$$r_y = 7.575 \text{ cm}$$

Radio de giro en Y

## 2.6. Pandeo global

$$k_x := 1.0$$

$$k_y := 1.0$$

$$L_{px} := k_x \cdot 350 \cdot \text{cm}$$

$$L_{px} = 350 \text{ cm}$$

Largo de pandeo en X

$$L_{py} := k_y \cdot 350 \cdot \text{cm}$$

$$L_{py} = 350 \text{ cm}$$

Largo de pandeo en Y

$$\lambda_x := \frac{L_{px}}{r_x}$$

$$\lambda_x = 26.593$$

$$\lambda_y := \frac{L_{py}}{r_y}$$

$$\lambda_y = 46.203$$

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

$$\lambda = 46.203$$

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

$$F_e = 9.709 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

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

$$F_{cr} = 3.773 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

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

$$P_n = 354.999 \text{ Ton}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 319.5 \text{ Ton}$$

## 2.7. Pandeo local del alma

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

$$\lambda_{alma} = 34.5$$

$$\lambda_r := 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_r = 31.836$$

Puede haber pandeo local del alma

$$f := F_{cr}$$

$$f = 3.773 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$\lambda_r := 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$\lambda_r = 35.154$$

No hay pandeo local del alma

$$Q_a := 1$$

## 2.8. Pandeo local del ala

$$\lambda_{ala} := \frac{B}{2e}$$

$$\lambda_{ala} = 12.5$$

$$k_c := \frac{4}{\sqrt{\lambda_{ala}}}$$

$$k_c = 0.681$$

$$k_c := \begin{cases} 0.35 & \text{if } k_c \leq 0.35 \\ 0.76 & \text{if } k_c \geq 0.76 \\ k_c & \text{if } 0.35 \leq k_c \leq 0.76 \end{cases}$$

$$k_c = 0.681$$

$$\lambda_r := 0.64 \cdot \sqrt{k_c \cdot \frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_r = 11.285$$

Hay pandeo local del ala

$$\lambda_{r2} := 1.17 \cdot \sqrt{k_c \cdot \frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_{r2} = 20.63$$

$$Q_s := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{ala} \leq 0.64 \cdot \sqrt{k_c \cdot \frac{E}{F_y}} \\ 1.415 - 0.65 \cdot \lambda_{ala} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E \cdot k_c}} & \text{if } \left( 0.64 \cdot \sqrt{k_c \cdot \frac{E}{F_y}} < \lambda_{ala} \right) \leq 1.17 \cdot \sqrt{k_c \cdot \frac{E}{F_y}} \\ \frac{0.9 \cdot E \cdot k_c}{F_y \cdot \lambda_{ala}^2} & \text{if } \lambda_{ala} > 1.17 \cdot \sqrt{k_c \cdot \frac{E}{F_y}} \end{cases}$$

$$Q_s = 0.954$$

### 2.9. Pandeo local

$$Q := Q_a \cdot Q_s$$

$$Q = 0.954$$

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

$$F_{cr} = 3.633 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

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

$$P_n = 341.829 \text{ Ton}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 307.646 \text{ Ton}$$

$$F_u := \frac{C_u}{\phi_c \cdot P_n}$$

$$F_u = 0.975$$

**OK!**

### 2.10. Tracción

$$\phi_t := 0.9$$

$$P_n := A_g \cdot F_y$$

$$P_n = 432.86 \text{ Ton}$$

$$\phi_t \cdot P_n = 389.574 \text{ Ton}$$

$$F_{u_t} := \frac{T_u}{\phi_t \cdot P_n}$$

$$F_{u_t} = 1.54$$

En el enunciado se dice claramente que solo se debe diseñar la columna más comprimida. Por lo tanto este chequeo a tracción no corresponde.

### 3. Diagonal

#### 3.1. Cargas de diseño

$$C_u := P_u \cdot \sqrt{2}$$

$$C_u = 424.264 \text{ Ton}$$

Compresión mayorada

#### 3.2. Propiedades del acero

$$F_y := 2.5 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

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

### 3.3. Factores de reducción de la resistencia

$$\phi_c := 0.9$$

### 3.4. Mínimos

$$A_{\min} := \frac{C_u}{\phi_c \cdot F_y \cdot 4}$$

$$A_{\min} = 47.14 \text{ cm}^2$$

Área mínima cada ángulo

$$r_{x,\min} := \frac{\frac{350 \cdot \text{cm} \cdot \sqrt{2}}{2}}{200}$$

$$r_{x,\min} = 1.237 \text{ cm}$$

Radio de giro mínimo en X

$$r_{y,\min} := \frac{350 \cdot \text{cm} \cdot \sqrt{2}}{200}$$

$$r_{y,\min} = 2.475 \text{ cm}$$

Radio de giro mínimo en Y

### 3.5. Propiedades del perfil

Perfil **4L20x41.4**

$$H := 45 \cdot \text{cm}$$

Altura del perfil

$$B := 60 \cdot \text{cm}$$

Ancho del perfil

$$e := 14 \cdot \text{mm}$$

Espesor del ala

$$A_{\text{ang}} := 52.8 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_g := 4 \cdot A_{\text{ang}}$$

$$A_g = 211.2 \text{ cm}^2$$

Área del perfil

$$I_{x,\text{ang}} := 2060 \cdot \text{cm}^4$$

$$x_{\text{ang}} := 5.65 \cdot \text{cm}$$

$$I_x := 4 \cdot \left[ I_{x,\text{ang}} + A_{\text{ang}} \cdot \left( \frac{H}{2} - x_{\text{ang}} \right)^2 \right]$$

$$I_x = 6.82 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

$$I_y := 4 \cdot \left[ I_{x,\text{ang}} + A_{\text{ang}} \cdot \left( \frac{B}{2} - x_{\text{ang}} \right)^2 \right]$$

$$I_y = 1.335 \times 10^5 \text{ cm}^4$$

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

$$r_x = 17.97 \text{ cm}$$

Radio de giro en X

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

$$r_y = 25.138 \text{ cm}$$

Radio de giro en Y

$$r_{x.\text{ang}} := 5.65 \cdot \text{cm}$$

$$r_{\min} := 3.81 \cdot \text{cm}$$

### 3.6. Pandeo global

$$k_x := 1.0$$

$$k_y := 1.0$$

$$L_{px} := \frac{k_x \cdot 350 \cdot \text{cm} \cdot \sqrt{2}}{2}$$

$$L_{px} = 247.487 \text{ cm}$$

Largo de pandeo en X

$$L_{py} := k_y \cdot 350 \cdot \text{cm} \cdot \sqrt{2}$$

$$L_{py} = 494.975 \text{ cm}$$

Largo de pandeo en Y

$$\lambda_{x0} := \frac{L_{px}}{r_x}$$

$$\lambda_{x0} = 13.772$$

$$\lambda_{y0} := \frac{L_{py}}{r_y}$$

$$\lambda_{y0} = 19.69$$

$$\alpha_x := \frac{H - 2 \cdot x_{\text{ang}}}{2 \cdot r_{x.\text{ang}}}$$

$$\alpha_x = 2.982$$

$$\alpha_y := \frac{B - 2 \cdot x_{\text{ang}}}{2 \cdot r_{x.\text{ang}}}$$

$$\alpha_y = 4.31$$

$$b_{c.x} := H - 2 \cdot 11.5 \cdot \text{cm}$$

$$b_{c.x} = 0.22 \text{ m}$$

$$b_{c.y} := B - 2 \cdot 11.5 \cdot \text{cm}$$

$$b_{c.y} = 0.37 \text{ m}$$

$$\beta_x := 60 \cdot \text{deg}$$

$$\beta_y := 60 \cdot \text{deg}$$

$$a_x := \frac{2 \cdot b_{c.x}}{\tan(\beta_x)}$$

$$a_x = 25.403 \text{ cm}$$

$$a_y := \frac{2 \cdot b_{c.y}}{\tan(\beta_y)}$$

$$a_y = 42.724 \text{ cm}$$



$$\lambda_{m,x} := \sqrt{\lambda_{x0}^2 + 0.82 \cdot \frac{\alpha_x^2}{1 + \alpha_x^2} \cdot \left(\frac{a_x}{r_x}\right)^2} \quad \lambda_{m,x} = 13.825$$

$$\lambda_{m,y} := \sqrt{\lambda_{y0}^2 + 0.82 \cdot \frac{\alpha_y^2}{1 + \alpha_y^2} \cdot \left(\frac{a_y}{r_x}\right)^2} \quad \lambda_{m,y} = 19.801$$

$$\lambda := \max(\lambda_{m,x}, \lambda_{m,y}) \quad \lambda = 19.801$$

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \quad F_e = 52.86 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{cr} := \begin{cases} 0.658 \cdot \frac{F_y}{F_e} \cdot F_y & \text{if } \lambda \leq 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ 0.877 \cdot F_e & \text{if } \lambda > 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{cases} \quad F_{cr} = 2.451 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g \quad P_n = 517.651 \text{ Ton}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 465.886 \text{ Ton}$$

### 3.7. Pandeo local del ala

$$\lambda_{ala} := \frac{20 \cdot \text{cm} - 2 \cdot e}{e} \quad \lambda_{ala} = 12.286$$

$$\lambda_{r1} := 0.45 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \lambda_{r1} = 13.042 \quad \text{No hay pandeo local del ala}$$

### 3.8. Pandeo local

$$Q := 1$$

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

$$F_{cr} = 2.451 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

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

$$P_n = 517.651 \text{ Ton}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 465.886 \text{ Ton}$$

$$F_U := \frac{C_u}{\phi_c \cdot P_n}$$

$$F_U = 0.91$$

**OK!**

### 3.9. Esbeltez intermedia

$$\frac{a_x}{r_{\min}} = 6.668$$

$$\frac{3}{4} \cdot \lambda_{m.x} = 10.369$$

$$\frac{a_y}{r_{\min}} = 11.214$$

$$\frac{3}{4} \cdot \lambda_{m.y} = 14.851$$