

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO

EJERCICIO N°1

Semestre Primavera 2003

Prof. Alejandro Verdugo P. - Aux. Phillipa Correa

PROBLEMA N°1

La viga en voladizo de la figura N°1 está sometida a una carga uniformemente distribuida en su luz, y a una carga concentrada en su extremo libre.

Considerando que:

i) La tensión admisible de flexión de acuerdo al método de diseño por Tensiones Admisibles (ASD) es

$$F_b = 0.6 F_y$$

debiendo cumplirse $f_b = M/S < F_b$

ii) El momento resistente a flexión, según el método LRFD es

$$\phi M_n = 0.9 F_y Z$$

debiendo cumplirse $\phi M_n > M_u$
($U = 1.2PP + 1.6SC$)

Se pide diseñar determinando la sección más económica (más liviana) si:

- a) El diseño se realiza con el Método de Tensiones Admisibles (ASD)
- b) El diseño se realiza por el Método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD)

En ambos casos se deberá verificar que la deformación máxima de la viga sea menor que $L/300$ (1/300 de la luz).

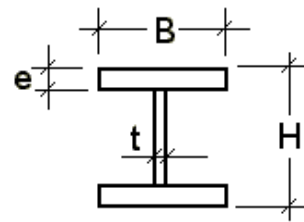
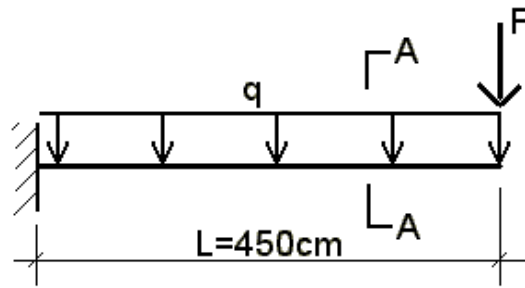
Indicaciones:

- Utilizar secciones de la tabla adjunta
- La verificación de deformación se realiza SIEMPRE para combinaciones de carga sin mayorar

Viga HxBxPeso (kgf/m)	Inercia I _{xx} (cm ⁴)	Módulo S (cm ³)	Módulo Z (cm ³)
H50x20x106,1	55840	2234	2555
H60x20x85,9	66799	2227	2514
H60x30x111,0	94091	3136	3448
H60x25x113,7	95841	3195	3527

- Cargas

Cargas	q (ton/m)	F (ton)
Peso propio	3,0	1,5
Sobrecarga	0,5	0,9



Sección A-A

Acero A42-27ES
 $F_y = 2,7 \text{ ton/cm}^2$

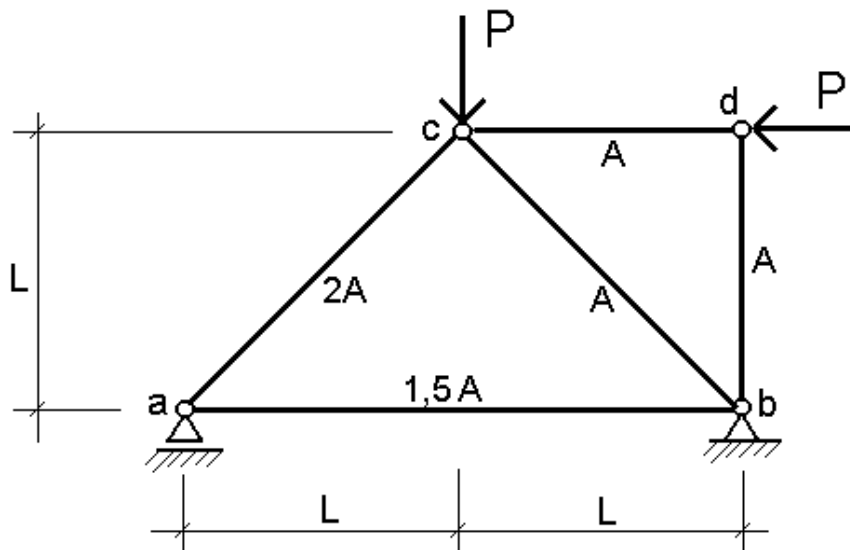
Figura N°1

PROBLEMA N°2

Para la estructura de la figura N°2 se pide determinar la máxima carga admisible P , considerando que:

- La tensión admisible de tracción es $F_t = 0,6 F_y$
- La tensión admisible de compresión es $F_c = 0,3 F_y$
- El área transversal de los elementos es la que se indica en la figura

De acuerdo a lo anterior, ¿cuál es el elemento crítico de la estructura?



$A = 10 \text{ cm}^2$
 $F_y = 2,5 \text{ ton/cm}^2$

TIEMPO: 2 HORAS

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$\Delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

$E_{\text{acero}} = 2100 \text{ ton/cm}^2$

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO

Semestre Primavera 2003

1/2

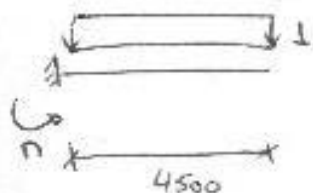
Prof: Alejandro Vazquez P.

Aux: Phillipa Gonzalez N.

EJERCICIO 1 (PAUTA)

(P1)

ANÁLISIS ESTRUCTURAL



$$M = 1 \cdot 4.5 \cdot \frac{4.5}{2} = 10.125 \text{ [T}\cdot\text{m]}$$



$$M = 1 \cdot 4.5 = 4.5 \text{ [T}\cdot\text{m]}$$

$$M_{q_{pp}} = 30.375 \text{ [T}\cdot\text{m]}$$

$$M_{F_{pp}} = 6.75 \text{ [T}\cdot\text{m]}$$

$$M_{q_{sc}} = 5.0625 \text{ [T}\cdot\text{m]}$$

$$M_{F_{sc}} = 4.05 \text{ [T}\cdot\text{m]}$$

a) ASD

$$M = 46.2375$$

$$\frac{M}{S} < 0.6 F_y \Rightarrow S > \frac{M}{0.6 F_y} = \frac{4623.75}{0.6 \cdot 27} = 2854.2 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$\Rightarrow \boxed{H60 \times 30 \times 111.0}$$

$$\Delta_q = \frac{5 \cdot \cancel{0,035} \cdot 0,035 \cdot 450^4}{384 \cdot 2100 \cdot 94091} = 0,095 \text{ [cm]}$$

$$\Delta_F = \frac{2,4 \cdot 450^3}{3 \cdot 2100 \cdot 94091} = 0,369 \text{ [cm]}$$

$$\Delta = 0,464 \text{ [cm]} < \frac{450}{300} = 1,5 \text{ [cm]} \quad \checkmark \text{ ok!}$$

b) LAFB

$$M_u = 59,13 \text{ [T} \cdot \text{m]}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot F_y \cdot Z > M_u$$

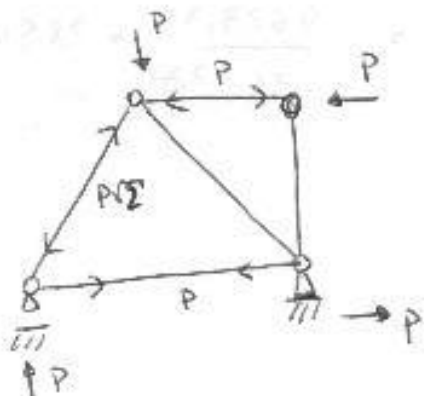
$$Z > \frac{5913}{0,9 \cdot 27} = 2433,33 \Rightarrow \boxed{\#60 \times 20 \times 85,9}$$

$$\Delta_q = \frac{0,095 \cdot 94091}{66799} = 0,1332 \text{ [cm]}$$

$$\Delta_F = \frac{0,369 \cdot 94091}{66799} = 0,5197 \text{ [cm]}$$

$$\Delta = 0,653 \text{ [cm]} < 1,5 \text{ [cm]} \quad \checkmark \text{ ok!}$$

(P2)



BARRA	ÁREA	CARGA		RES.
CD	A	P	(C)	$0,3 F_y \cdot A$
AC	2A	$P\sqrt{2}$	(C)	$0,3 F_y \cdot 2A$
AB	1,5A	P	(T)	$0,6 F_y \cdot 1,5A$

CD

$$0,3 F_y A \geq P$$

AC

$$0,3 F_y \cdot 2A = 0,6 F_y A \geq P\sqrt{2} \Rightarrow 0,424 F_y A \geq P$$

AB

$$0,6 F_y \cdot 1,5A = 0,9 F_y A \geq P$$

LA BARRA MÁS DESFAVORABLE ES LA CD

Y LA CARGA MÁXIMA ES

$$P = 0,3 F_y \cdot A = 0,3 \cdot 2,5 \cdot 10$$

$$P = 7,5 \text{ [Ton]}$$

EJERCICIO Nº 2

Problema Nº1

La figura muestra el extremo de una diagonal sísmica (arriostramiento) de un edificio. El elemento corresponde a un perfil IN20x30.6, fabricado en acero ASTM A36.

Se presentan 2 alternativas de conexión del elemento (Caso A y Caso B). Se pide determinar, para cada uno de los casos, la RESISTENCIA a TRACCION del elemento, incluyendo los estados límites asociados a la conexión.

Datos:

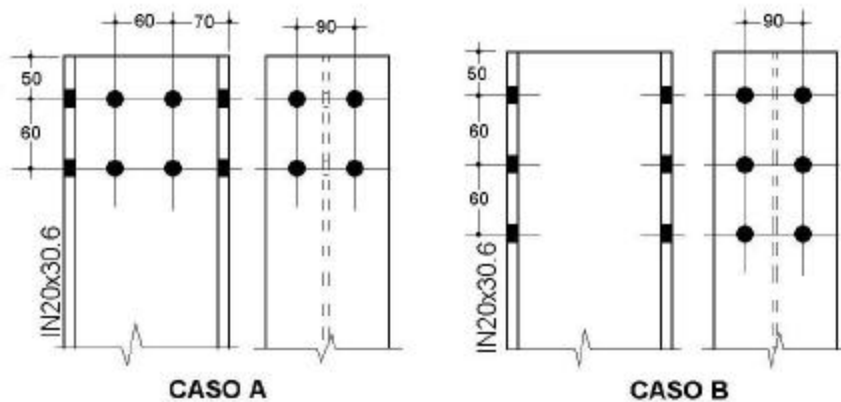
ASTM A36

$F_y = 2.53 \text{ t/cm}^2$

Pernos $\phi \frac{3}{4}$ "

IN20x30.6 =

H200/150/10/5



Problema Nº2

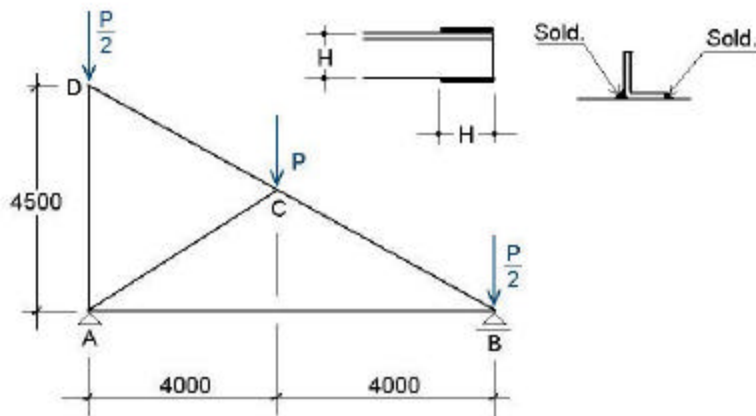
Para la estructura de la figura se pide diseñar el elemento AB, utilizando perfil ángulo (L). Imponer como condición de diseño que la esbeltez máxima (L/i_{\min}) sea menor que 300 (asumir $L=8000$).

Datos:

Acero A42-27ES $F_y = 2.7 \text{ t/cm}^2$

Conexión soldada

$P_u = 3.2 \text{ ton}$



CIS2R - ESTRUCTURAS DE ACERO

Semestre Primavera 2003

Prof: Alejandro Vardago P.

Aux: Phillipa Conner O.

P1

EL1 $\phi P_n = 0.9 \cdot 39 \cdot 2.53 = 88.8 \text{ [T]}$

EL2 $\phi P_n = 0.75 \cdot A_n \cdot U \cdot 4 = 3 \cdot A_n \cdot U$

Caso A/

$$A_n = A_g - (2 \phi_{ef} \cdot e + 2 \phi_{ef} \cdot t + 2 \phi_{ef} \cdot e)$$

$$\phi_{ef} = 1.9 + 0.2 = 2.1 \text{ [cm]}$$

$$e = 1 \text{ [cm]} \quad t = 0.5 \text{ [cm]}$$

$$A_n = 28.5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$U = 0.75 \quad (2 \text{ conex. en línea})$$

$$\phi P_n = 3 \cdot 28.5 \cdot 0.75 = 64.13 \text{ [T]}$$

Caso B/

$$A_n = A_g - (2 \cdot \phi_{ef} \cdot e + 2 \cdot \phi_{ef} \cdot e)$$

$$A_n = 30.6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$U = 0.9$$

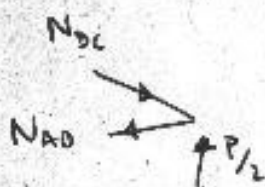
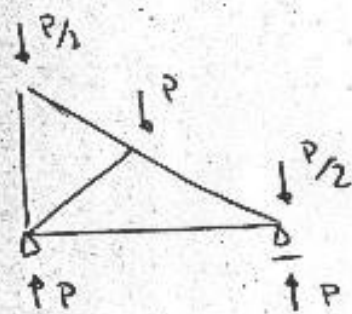
$$\phi P_N = 3 \cdot 30,6 \cdot 0,9 = 82,62 \text{ [T]}$$

Por lo tanto

$$\text{CASO A} \quad \phi P_N = 64,13 \text{ [T]}$$

$$\text{CASO B} \quad \phi P_N = 82,62 \text{ [T]}$$

(P2)



$$\sum \mathcal{M}_A = 0 : P \cdot 4 + \frac{P}{2} \cdot 8 = V_B \cdot 8$$

$$P = V_B$$

$$\sum F_y = 0 : N_{BC} \sin(29,36) = \frac{P}{2}$$

$$N_{BC} = 3,26 \text{ [T]}$$

$$\sum F_x = 0 : N_{AD} = N_{BC} \cdot \cos(29,36)$$

$$N_{AD} = 2,84 \text{ [T]}$$

CARGA DE DISEÑO

$$2,84 \text{ [T]}$$

TRACCIÓN

MINIMAS

$$A_g \geq \frac{2,84}{0,9 \cdot 2,7} = 1,17 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$r \geq \frac{800}{300} = 2,67 \text{ [cm]}$$

$$h \geq \frac{800}{90} = 8,9 \text{ [cm]}$$

Perfil L 15 x 13,7

2/2

$$A = 17,4 > 1,17 \quad \checkmark \text{ OK}$$

$$r_{nn} = r_u = 2,94 > 2,67 \quad \checkmark \text{ OK}$$

$$h = 15 > 8,9 \quad \checkmark \text{ OK}$$

Q1/

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 17,4 \cdot 2,7 = 42,28 \text{ [T]}$$

Q2/

$$\phi P_n = 0,75 \cdot A_n \cdot U \cdot 4,2 = 3,15 \cdot A_n \cdot U$$

$$A_n = A_g = 17,4$$

$$U = 0,75$$

$$\phi P_n = 3,15 \cdot 17,4 \cdot 0,75 = 41,11 \text{ [T]}$$

$$\therefore \phi P_n = 41,11 \text{ [T]} \quad F_u = 0,07 < 1 \quad \checkmark \text{ OK}$$

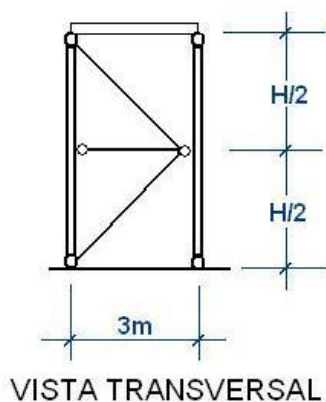
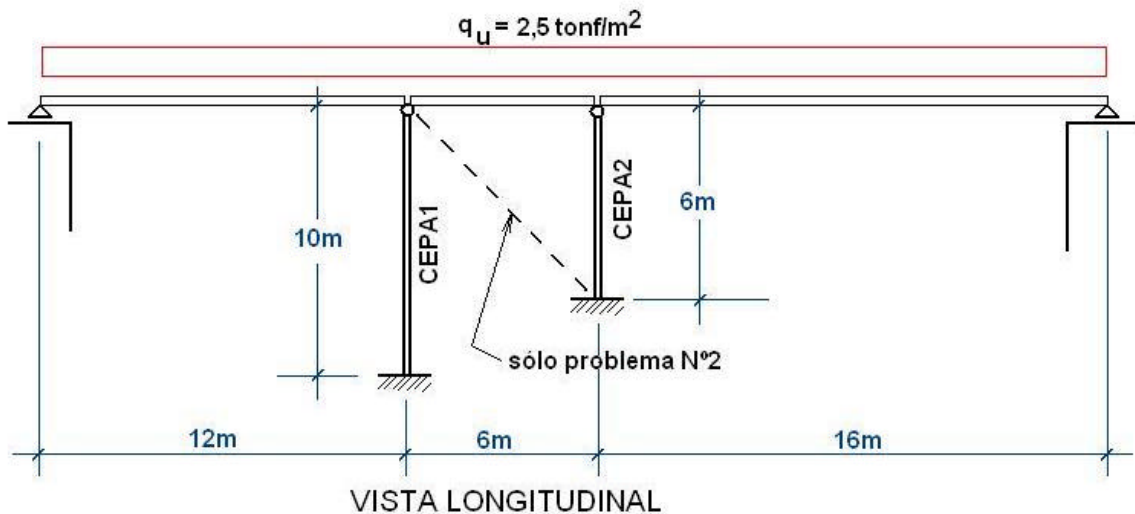
DESIGNO CONTROLADO POR ESBELTEZ MÍNIMA

EJERCICIO N°3**Prof. A. Verdugo / Aux. P.Correa**

1.- Diseñar las columnas del puente de la figura de acuerdo al método LRFD de la norma AISC (Aplicar sólo sección E2 de la norma).

Considerar:

- Utilizar perfiles tipo IN
- La esbeltez KL/r máxima no debe ser mayor que 200
- El mismo perfil deberá utilizarse para ambas cepas.
- Un diseño aceptable implica determinar el perfil más liviano posible, con un factor de utilización ($FU = \text{Solicitud}/\text{resistencia}$) mayor que 0.85.
- Debe indicarse claramente la orientación del perfil utilizado.

**DATOS:**

- Acero ASTM A36
- Cepas empotradas sólo en dirección longitudinal
- Vigas de puente simplemente apoyadas entre cepas y estribos. En estribos el apoyo es deslizante.
- Dimensiones en metros

2.- Repetir el diseño considerando que entre las columnas de las Cepas 1 y 2 se coloca una diagonal de arriostamiento (biela), manteniéndose el empotramiento basal en la dirección longitudinal.

TIEMPO: 2 HORAS

CI52R ESTRUCTURAS DE ACERO

Semestre Primavera 2003

Profesor: Alejandro Verdugo P.

Auxiliar: Phillipa Correa M.

EJERCICIO 3

PREGUNTA 1

Análisis Estructural

La carga se obtiene por área tributaria.

$$H_a := 2.5 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \cdot 1.5 \cdot \text{m} \cdot \frac{(12 \cdot \text{m} + 6 \cdot \text{m})}{2} \quad H_a = 33.75 \text{ tonf} \quad \text{Carga Cepa A}$$

$$H_b := 2.5 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \cdot 1.5 \cdot \text{m} \cdot \frac{(16 \cdot \text{m} + 6 \cdot \text{m})}{2} \quad H_b = 41.25 \text{ tonf} \quad \text{Carga Cepa B}$$

La cepa A es la cepa de altura 10 [m].

Perfil IN30x44.8

$$A := 57 \text{ cm}^2 \quad r_x := 13 \cdot \text{cm} \quad r_y := 6.04 \cdot \text{cm}$$

$$E := 2100 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2} \quad F_y := 2.53 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

Compresión Pura (Cepa A)

$$P_u := H_a \quad P_u = 33.75 \text{ tonf}$$

$$K_x := 2.1 \quad L_{px} := 1000 \text{ cm}$$

$$K_y := 1 \quad L_{py} := 500 \text{ cm}$$

$$\lambda_x := \frac{K_x \cdot L_{px}}{r_x} \quad \lambda_x = 161.538$$

$$\lambda_y := \frac{K_y \cdot L_{py}}{r_y} \quad \lambda_y = 82.781$$

$$K := \begin{cases} K_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ K_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_p := \begin{cases} L_{px} & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ L_{py} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$r := \begin{cases} r_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ r_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\lambda_c := \frac{K \cdot L_p}{r \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \lambda_c = 1.785$$

$$F_{cr} := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda_c^2}\right) \cdot F_y & \text{if } \lambda_c \leq 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2}\right) \cdot F_y & \text{if } \lambda_c > 1.5 \end{cases}$$

$$F_{cr} = 0.7 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi P_n := 0.85 \cdot A \cdot F_{cr} \quad \phi P_n = 33.749 \text{ tonf}$$

$$F_U := \frac{P_u}{\phi P_n} \quad F_U = 1$$

Compresión Pura (Cepa B)

$$P_u := H_b \quad P_u = 41.25 \text{ tonf}$$

$$K_x := 2.1 \quad L_{px} := 600 \text{ cm}$$

$$K_y := 1 \quad L_{py} := 300 \text{ cm}$$

$$\lambda_x := \frac{K_x \cdot L_{px}}{r_x} \quad \lambda_x = 96.923$$

$$\lambda_y := \frac{K_y \cdot L_{py}}{r_y} \quad \lambda_y = 49.669$$

$$K := \begin{cases} K_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ K_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_p := \begin{cases} L_{px} & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ L_{py} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$r := \begin{cases} r_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ r_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\lambda_c := \frac{K \cdot L_p}{r \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \lambda_c = 1.071$$

$$F_{cr} := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda_c^2}\right) \cdot F_y & \text{if } \lambda_c \leq 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2}\right) \cdot F_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{cr} = 1.57 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi P_n := 0.85 \cdot A \cdot F_{cr} \quad \phi P_n = 75.853 \text{ tonf}$$

$$F_U := \frac{P_u}{\phi P_n} \quad F_U = 0.54$$

PREGUNTA 2

Perfil IN25x32.6

$$A := 41.5 \text{ cm}^2 \quad r_x := 10.8 \cdot \text{cm} \quad r_y := 3.68 \cdot \text{cm}$$

$$E := 2100 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2} \quad F_y := 2.53 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

Compresión Pura (Cepa A)

$$P_u := H_a \quad P_u = 33.75 \text{ tonf}$$

$$K_x := 0.8 \quad L_{px} := 1000 \text{ cm}$$

$$K_y := 1 \quad L_{py} := 500 \text{ cm}$$

$$\lambda_x := \frac{K_x \cdot L_{px}}{r_x} \quad \lambda_x = 74.074$$

$$\lambda_y := \frac{K_y \cdot L_{py}}{r_y} \quad \lambda_y = 135.87$$

$$K := \begin{cases} K_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ K_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_p := \begin{cases} L_{px} & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ L_{py} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$r := \begin{cases} r_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ r_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\lambda_c := \frac{K \cdot L_p}{r \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \lambda_c = 1.501$$

$$F_{cr} := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda_c^2} \right) \cdot F_y & \text{if } \lambda_c \leq 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) \cdot F_y & \text{if } \lambda_c > 1.5 \end{cases}$$

$$F_{cr} = 0.98 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi P_n := 0.85 \cdot A \cdot F_{cr} \quad \phi P_n = 34.733 \text{ tonf}$$

$$F_U := \frac{P_u}{\phi P_n} \quad F_U = 0.97$$

Compresión Pura (Cepa B)

$$P_u := H_b \quad P_u = 41.25 \text{ tonf}$$

$$K_x := 0.8 \quad L_{px} := 600 \text{ cm}$$

$$K_y := 1 \quad L_{py} := 300 \text{ cm}$$

$$\lambda_x := \frac{K_x \cdot L_{px}}{r_x} \quad \lambda_x = 44.444$$

$$\lambda_y := \frac{K_y \cdot L_{py}}{r_y} \quad \lambda_y = 81.522$$

$$K := \begin{cases} K_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ K_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_p := \begin{cases} L_{px} & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ L_{py} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$r := \begin{cases} r_x & \text{if } \lambda_x > \lambda_y \\ r_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\lambda_c := \frac{K \cdot L_p}{r \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \lambda_c = 0.901$$

$$F_{cr} := \begin{cases} \left(0.658^{\lambda_c^2}\right) \cdot F_y & \text{if } \lambda_c \leq 1.5 \\ \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2}\right) \cdot F_y & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{cr} = 1.8 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi P_n := 0.85 \cdot A \cdot F_{cr} \quad \phi P_n = 63.551 \text{ tonf}$$

$$F_U := \frac{P_u}{\phi P_n} \quad F_U = 0.65$$

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO

EJERCICIO N°4

Semestre Primavera 2003

Prof. Alejandro Verdugo P. - Aux. Phillipa Correa

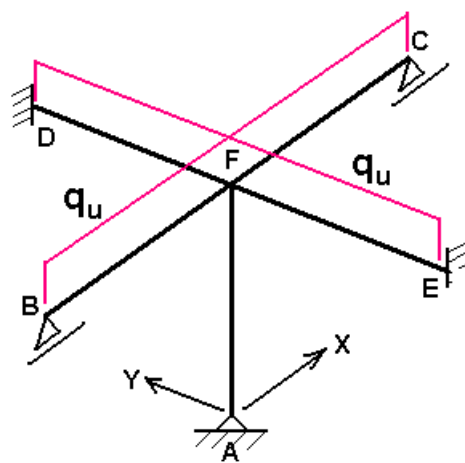
PROBLEMA N°1

La figura muestra una estructura espacial formada por marcos rígidos en 2 direcciones perpendiculares que tienen una única columna en común.

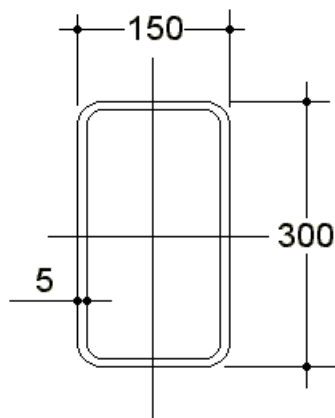
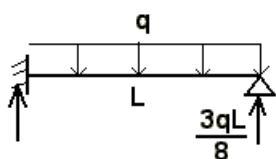
Se pide determinar la máxima carga distribuida (q_u) sobre las vigas, que es capaz de resistir la columna central, cuando el perfil es ubicado de manera óptima.

Considerar:

- Acero A37-24ES
- Columnas y vigas: Perfil cajón 300x150x5 (rectangular section), fabricado uniendo 2-C150x75x5.
- En las vigas, el perfil cajón se orienta para la mayor resistencia a la flexión originada por las cargas.
- Tener presente que de acuerdo a LRFD-AISC, App.B5.3.c (pág.92) la inercia efectiva de la sección debe calcularse con b_e (se descuenta zona "pandeada"), si el elemento está afecto a pandeo local.



Longitud $DF=FE=BF=FC=7,5\text{m}$
Altura $AF=5,1\text{m}$



TIEMPO:45 min.

CIS2A - ESTRUCTURAS DE ACERO
Semestre Primavera 2003

Prof: ALEJANDRO VEDUGO P.

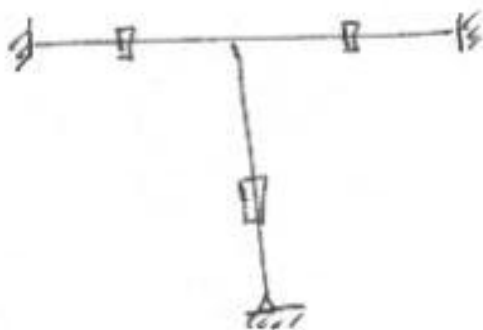
Aux: PHILLIP CORREA N.

ESERCICIO #4

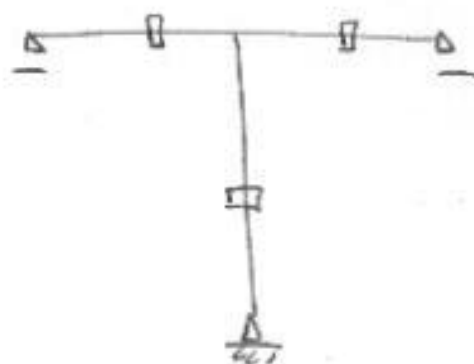
PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL VAMOS A ASUMIR QUE LA COLUMNA ACTIVA COMO UN SIMPLE APOYO PARA LAS VIGAS, POR LO QUE LA CARGA EN LA COLUMNA NOS QUEDA:

$$2 \cdot \frac{3}{4} q \cdot 7,5 + 2 \cdot q \cdot \frac{7,5}{2} = 13,125 \cdot q$$

EL PERFIL LO ORIENTAMOS HACIA EL LADO CON MAYOR LARGO DE PANDERO YA QUE LA CARGA ES LA MISMA, ESTO QUIERE DECIR QUE LA ORIENTACIÓN QUEDA COMO SIGUE:



PLANO X



PLANO Y

AHORA SE PROCEDE A CALCULAR LOS LARGOS DE PANDERO

②

• PLANO X (ARRIOS TRABO)

$$b_x = 10 \text{ (ROTULADO)}$$

$$b_y = \frac{\frac{I_y}{5,1}}{2 \cdot \frac{I_x}{7,5} \cdot 2,0}$$

$$2 \subset 300 \times 75 \times 5$$

$$I_x = 2 \cdot I_x = 51,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2 \cdot I_y + A \cdot d^2 \cdot 2 = 0,949 \cdot 10^6 \cdot 2 + 2 \cdot 21,57 \cdot (75 - 14,4)^2$$
$$= 17,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 2 \cdot A = 43,14 \text{ cm}^2$$

$$b_y = \frac{\frac{17,6}{5,1}}{2 \cdot \frac{51}{7,5} \cdot 2} = 0,13 \Rightarrow K_x = 0,74$$

• PLANO Y (NO ARRIBOTADO)

$$b_x = 10 \text{ (ROTULADO)}$$

$$b_y = \frac{\frac{I_y}{5,1}}{2 \cdot \frac{I_x}{7,5} \cdot 0,15} = 1,47 \Rightarrow K_y = 2,0$$

• PANDERO GLOBAL

Plano	x	y
K	0,74	2,0
L	510	510
r	6,38	10,9
λ	60	94

↳ CONTROLA

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{94}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{2,4}{2100}} = 1,012 < 1,5$$

$$F_{ca} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y = 9658^{1,0242} \cdot 2,4 = 1,563$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 43,14 \cdot 1,563 = 57,32 \text{ [T]}$$

• PANDERO LOCAL

$$\lambda_{ena} = \frac{300 - 4 \cdot 5}{5} = 56$$

$$\lambda_p = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 49,4 < 56 \Rightarrow \text{puede haber P.L.}$$

$$b_c = 1,91 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{2100}{7,4}} \cdot \left[1 - \frac{0,38}{56} \cdot \sqrt{\frac{2100}{2,4}} \right]$$

$$= 225,79$$

(4)

$$A_e = (b_e - b_o) \cdot t = [(30 - 4 \cdot 0,5) - 22,5] \cdot 0,5$$

$$= 40,43$$

$$Q_a = \frac{43,14 - 40,43}{43,14} = 0,937$$

$$Q = Q_a \cdot Q_s = 0,937 \cdot 1 = 0,937$$

$$\lambda_c \cdot \sqrt{Q} = 1,012 \cdot \sqrt{0,937} = 0,98 < 1,5$$

$$F_{ce} = Q \cdot (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$= 0,937 \cdot (0,658^{0,98^2}) \cdot 2,4$$

$$= 1,505$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 43,14 \cdot 1,505 = 55,19 \text{ [T]}$$

\therefore O PERFIL SUPORTA 55,19 [T]

$$13,125 \cdot q = 55,19$$

$$q_a = 4,205 \text{ [T/m]}$$