

**EJERCICIO 1 (25 puntos)**

Considere la estructura de la Figura 1, correspondiente a un pórtico de una cubierta. Dicha estructura está conformada por una viga de hormigón armado de sección rectangular de dimensiones  $b \times h$ . Esta viga está conectada de forma articulada a un pilar de hormigón armado y a un tensor vertical. Este tensor tiene una resistencia última a tracción  $T_u = 50 \text{ kN}$ . La viga se ve sometida a su peso propio, a una carga por unidad de longitud asociada al peso de la cubierta de valor característico  $q_{CP,k}$  y a una carga por unidad de longitud asociada a las sobrecargas de uso, de valor característico  $q_{SC,k}$ , las cuales actúan uniformemente en la viga.

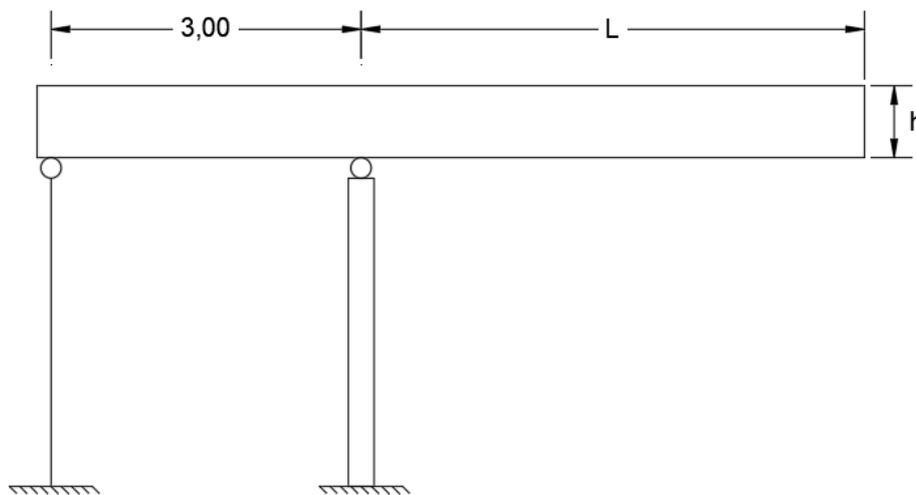


Figura 1: Esquema en alzado del pórtico en estudio (unidades en m).

Se pide:

- Determinar el valor máximo que puede tomar la longitud  $L$  para que se verifique tensor. Para el valor hallado en la parte a) se pide:
  - Hallar los diagramas de solicitaciones de diseño en la viga.
  - Bosquejar en un alzado las armaduras necesarias para verificar ELU de solicitaciones normales y ELU de cortante.
  - Determinar las armaduras longitudinales a colocar para verificar ELU de solicitaciones normales. Identificarlas en el alzado realizado en la parte c).
  - Verificar el ELU de anclaje para el extremo derecho de la armadura negativa. Representar en alzado.

**Datos:**

$b$ (m)	$h$ (m)	$q_{CP,k}$ (kN/m)	$q_{SC,k}$ (kN/m)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	$rec\ mec$ (mm)
0,25	0,45	5	4,0	25	500	50

**EJERCICIO 2 (35 puntos)**

Se desean diseñar los pilares que sustentan el entrepiso de un depósito industrial. Estos están sometidos a una directa de cálculo  $N_d = 300 \text{ kN}$  y un momento de cálculo  $M_d = 100 \text{ kNm}$ . Cada pilar está empotrado en la cimentación y se comporta como elemento empotrado-apoyado en el plano YZ y como elemento bi-empotrado en el plano XZ, tal como se indica en la Figura 2.

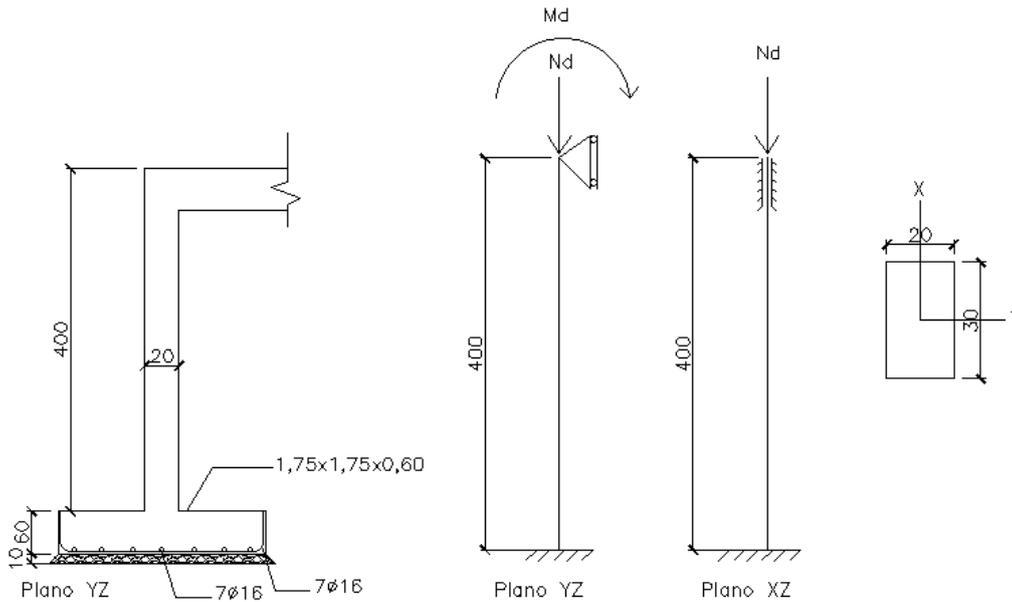


Figura 2: Planos proyectados del pilar (unidades en cm).

Se pide:

- Calcular la armadura longitudinal de cada soporte empleando exclusivamente fierros  $\text{Ø}20$ . Determinar el armado transversal con estribos de diámetro adecuado y representar el esquema de armado.
- Por un error de obra, un pilar se ha ejecutado de modo que está girado  $90^\circ$  (tanto las dimensiones de su sección como su armadura, pero no las condiciones de borde). Ante tal problema, se pide comprobar si las armaduras determinadas en el apartado anterior son suficientes.
- También se ha cometido un error en la cimentación: fue proyectada mediante zapatas aisladas de canto 60 cm, pero debido a una interpretación incorrecta de los planos, se les ha descontado 10 cm de la capa de hormigón de limpieza, y su canto ha quedado reducido a **50 cm**. Se desea comprobar si el armado indicado en la Figura 2 es suficiente para resistir sus esfuerzos.

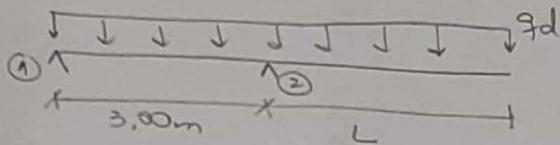
**Datos:**

$b$ (m)	$h$ (m)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{yk}$ (MPa)	rec mec (mm)
0,20	0,30	35	500	30

EMPOTRAMIENTO EN UN APOYO	
<p>SIENDO <math>\mathcal{J}</math> EL TERMINO DE CARGA IZQUIERDO</p>	<p>SIENDO <math>\mathcal{D}</math> EL TERMINO DE CARGA DERECHO</p>
$\frac{m}{2} \left(1 - 3 \frac{b^2}{l^2}\right)$	$\frac{m'}{2} \left(1 - 3 \frac{a^2}{l^2}\right)$

a-

Esquema estructural



$$q_d = 0,25\text{m} \times 0,45\text{m} \times 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 1,35$$

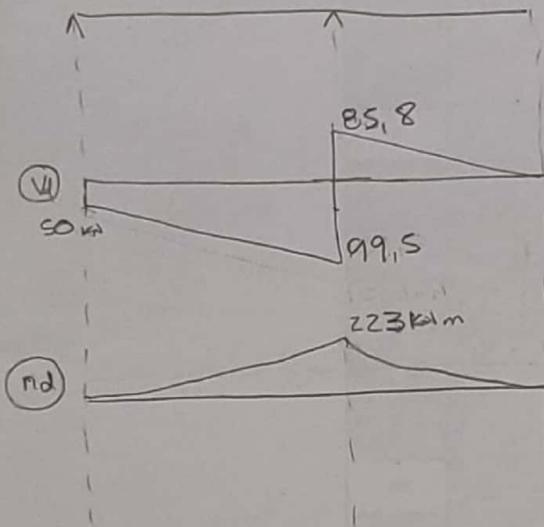
$$+ 1,35 \times 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,5 \times 4,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d = 16,5 \text{ kN/m}$$

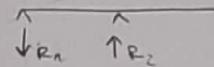
$$M_2 = q_d \frac{L^2}{2} - q_d \frac{(3\text{m})^2}{2} - \underset{\substack{\text{max } 50 \text{ kN}}}{R_1} \times 3,0\text{m} = 0$$

$$\Rightarrow L_{\text{max}}^2 = \left[ \frac{q_d \times 9\text{m}^2}{2} + 50 \text{ kN} \times 3,0\text{m} \right] \times \frac{2}{q_d} = 27,2\text{m}^2 \Rightarrow \boxed{L_{\text{max}} = 5,20\text{m}}$$

b-

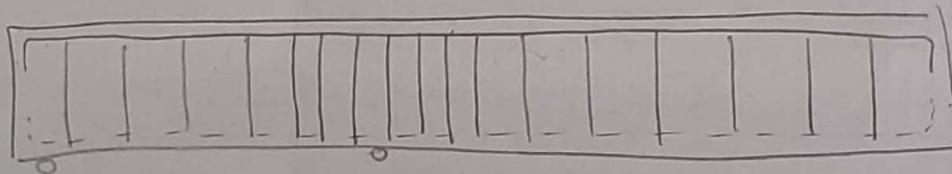


$$R_1 = 50 \text{ kN}$$



$$R_2 = q_d (3,0\text{m} + L) + R_1 = 185,3 \text{ kN}$$

c-



$$d = \mu = \frac{m_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{223 \text{ kNm}}{0,25 \times (0,40\text{m})^2 \times \frac{25 \text{ MPa}}{1,5}} = 0,334 > 0,295 \rightarrow \text{Viga DA}$$

$$d = 0,45 - 0,05 = 0,40 \text{ m}$$

Imponiendo  $\alpha/\gamma = 0,45$

$$\mu_c = 0,295$$

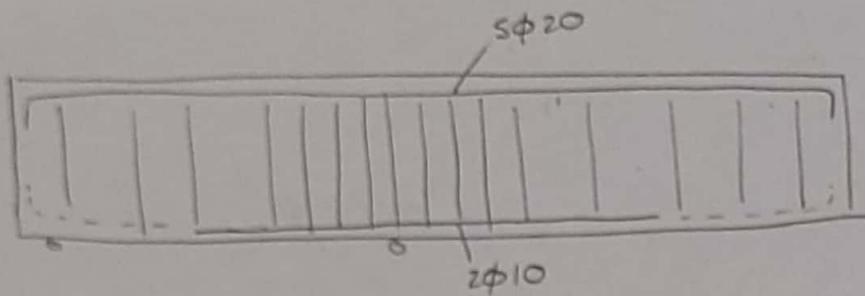
$$w_{\text{lim}} = 0,36$$

$$s' = \frac{0,05}{0,40} = 0,125$$

$$w_2 = \frac{\mu - \mu_c}{1 - s'} = \frac{0,334 - 0,295}{1 - 0,125} = 0,045 \rightarrow A_s = w_2 b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 7,77 \text{ cm}^2$$

↳ 2φ10 (arm. inf.)

$$w_1 = 0,36 + w_2 = 0,405 \rightarrow A_{s1} = w_1 b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 15,5 \text{ cm}^2 \rightarrow 5\phi 20 \text{ (arm. sup.)}$$

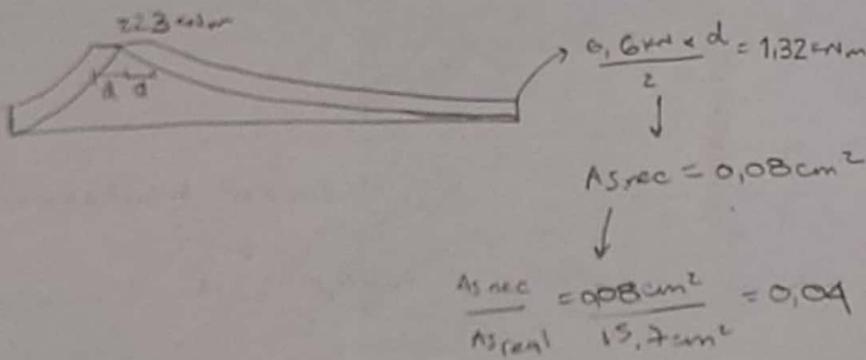


sep entre barras  $s = \frac{25 - 2 \times 2 - 2 \times 0,6}{4} = 5 \times 2,0 = 2,45 \text{ cm} > \phi$  ✓  
 $> 2 \text{ cm}$  ✓

Cantidad nec -  $0,04 \times A_c \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 1,5 \text{ cm}^2$  ✓

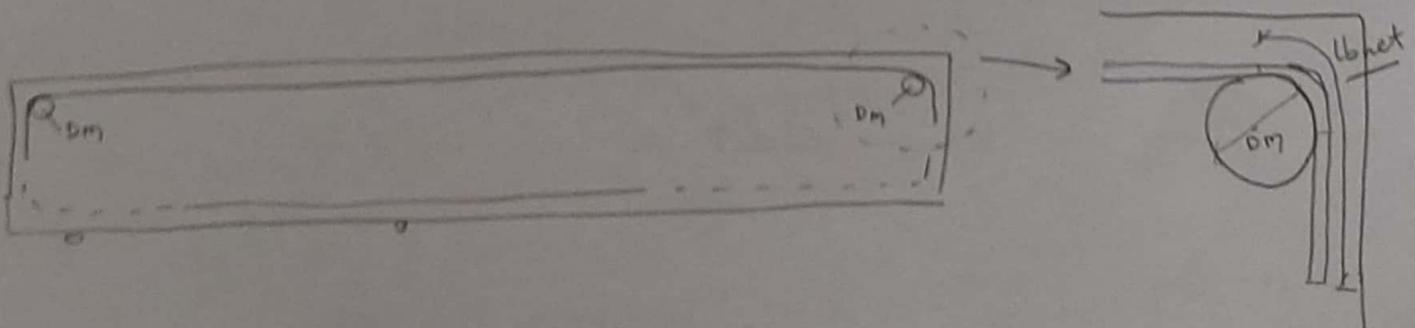
Cantidad geom -  $\frac{2,8}{1000} \times A_c = 3,15 \text{ cm}^2$  ✓

e- momento descalado



$l_{bII} = 7,4 \times \phi^2 \times \frac{f_{ck}}{14} \times \phi$   $\phi = 20 \text{ mm}$   $\Rightarrow l_{bII} = 840 \text{ mm} < 714 \text{ mm} = 840 \text{ mm}$   
 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$   
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$   $\Rightarrow m = 1,5$

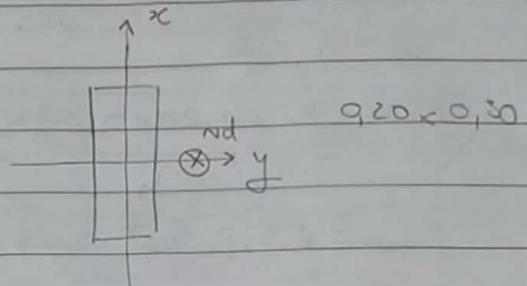
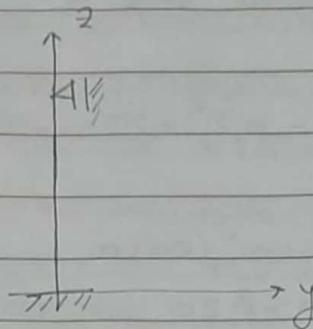
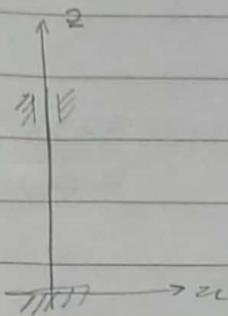
$l_{b, \text{net}} = 6 \times \frac{A_{s, \text{nec}}}{A_{s, \text{real}}} = 24 \text{ mm} < 10\phi = 200 \text{ mm}$  ✓  
 $< 150 \text{ mm}$   
 $< 4/3 = 280 \text{ mm} \Rightarrow \text{se ancla } l_{b, \text{net}} = 280 \text{ mm}$



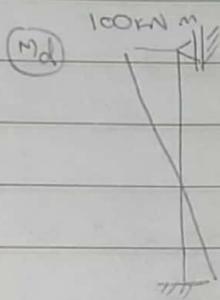
EXAMEN JULIO 2022

HEN

Ejercicio 2.



a- Dadas las características de la sección y de las cargas, es condicionante el plano y z.



$$i_x = \sqrt{\frac{0,30 \times 0,20^3}{12 \times 0,30 \times 0,20}} = 0,05773 \text{ m}$$

$$\lambda_x = \frac{e_0}{i_x} = \frac{0,7L}{i_x} = \frac{0,7 \times 4,0 \text{ m}}{0,05773 \text{ m}} = 48,5$$

$\lambda_x = 48,5 > 35 \Rightarrow$  se deberían considerar efectos de 2º orden

$$e_{tot} = e_2 + e_0 \geq e_2$$

$$e_2 = 100 \text{ kNm} / 300 \text{ kN} = 0,33 \text{ m} \quad e_0 = 50 \text{ kNm} / 300 \text{ kN} = 0,16 \text{ m}$$

$$e_0 = 0,16 \quad e_2 + 0,4e_0 \geq 0,4e_2 = 0,133 \text{ m} \geq 0,133 \text{ m} = 0,133 \text{ m}$$

$$e_0 = (1 + 0,12\beta^2) (2,17\% + 0,0035) \frac{0,20 + 70 \times 0,133 \text{ m}}{0,20 + 10 \times 0,133 \text{ m}} \times \frac{(0,7 \times 4,0 \text{ m})^2}{50 \times 0,05773 \text{ m}}$$

$$e_0 = 0,0063504 \times 1,86928 \times 2,71609 = 0,032 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_{tot} = 0,165 \text{ m} \geq 0,33 \text{ m} \Rightarrow e_{tot} = 0,33 \text{ m}$$

$$v = \frac{Nd}{Ac f_{cd}} = \frac{300 \text{ kN}}{0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,9 \times 35 \text{ MPa}} = 0,238$$

$$Ac f_{cd} = \frac{0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,9 \times 35 \text{ MPa}}{1,5}$$

$$\mu = \frac{v_e}{h} = \frac{v \times 0,33 \text{ m}}{0,20 \text{ m}} = 0,393$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{0,03 \text{ m}}{0,20 \text{ m}} = 0,15$$

→ diagrama de interacción pag 4

$$w = 0,87$$

$$A_{tot} = w \cdot 0,20 \times 0,30 \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,87 \times 20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times \frac{0,9 \times 35 / 1,5}{500 / 1,15}$$

$$A_{tot} = 25,2 \text{ cm}^2 \rightarrow 12,6 \text{ cm}^2 / \text{cara}$$

↳ 5  $\phi 20$  por cara.

$$\text{separación } s_t = \frac{30 \text{ cm} - 2 \times 2 - 2 \times 0,6 - 5 \times 2}{4} = 3,7 \text{ cm} > \phi > 2 \text{ cm}$$

Cantidad geométrica

$$A_{geo} = 0,004 \times A_c = 0,004 \times 20 \times 30 = 2,4 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Cantidad mecánica

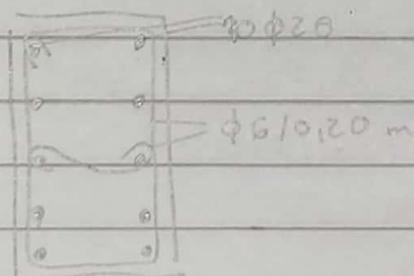
$$\text{mínima } A_{min} = 0,1 \times \frac{N_d}{f_{yed}} = 0,1 \times \frac{300 \text{ kN}}{400 \text{ MPa}} = 0,75 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$\text{máxima } A_{max} = A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 20 \times 30 \times \frac{0,9 \times 35 / 1,5}{400} = 31,5 \text{ cm}^2 \checkmark$$

estribado

$$s_t = \min \{ 15 \times 2 \text{ cm}, 20 \text{ cm}, 30 \text{ cm}, 30 \text{ cm} \} = 20 \text{ cm}$$

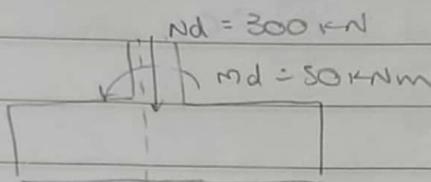
$$\text{diámetro } > \frac{20 \text{ mm}}{4} = 5 \text{ mm} \rightarrow e \phi 6 / 0,20 \text{ m}$$



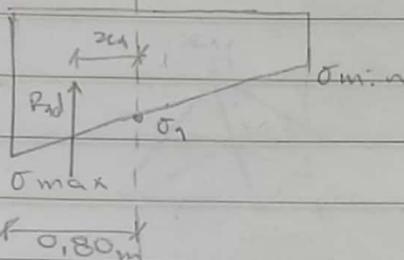
b. En el plano yz la sección tendrá más canto útil de modo que se ve favorecida respecto a la situación de proyecto.

En cuanto a la dirección débil, siendo que fue diseñado para condiciones de apoyo y de carga más perjudiciales también se continuarán cumpliendo las verificaciones.

$$c. v_{max} = \frac{1,75 - 0,30}{2} = 0,725m < 2h = 1m \Rightarrow \text{zapata rígida}$$



$$\sigma_{max} = \frac{300 \text{ kN}}{(1,75 \text{ m})^2} + \frac{50 \text{ kNm}}{(1,75 \text{ m})^3 / 6} = 0,15 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{min} = \frac{300 \text{ kN}}{(1,75 \text{ m})^2} - \frac{50 \text{ kNm}}{(1,75 \text{ m})^3 / 6} = 0,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{max} - \sigma_1}{0,80 \text{ m}} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{1,75 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = 0,10 \text{ MPa}$$

$$R_{td} = \frac{(\sigma_1 + \sigma_{max}) \times 0,80 \text{ m} \times 1,75 \text{ m}}{2} = 175 \text{ kN}$$

$$x_1 = 0,80 \text{ m} - \frac{0,80 (\sigma_{max} + 2\sigma_1)}{3 (\sigma_{max} + \sigma_1)} = 0,476 \text{ m}$$

$$T_d = \frac{R_{td}}{0,85d} \leq A_s f_{yd} = 3 \times 2,011 \text{ cm}^2 \times 400 \text{ MPa} = 563 \text{ kN}$$

$T_d = 187 \text{ kN} \leq 563 \text{ kN} \checkmark$  el armado colocado es suficiente para la situación ejecutada.