

EJERCICIO 1 (25 puntos)

Se desea diseñar una ménsula de hormigón armado de sección $20 \times 50 \text{ cm}^2$, sometido a una fuerza de diseño $F_d = 90 \text{ kN}$ (se desprecia el peso propio), aplicada en su extremo libre de luz libre $L = 2 \text{ m}$. Ver Figura 1.

Datos:

Materiales: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Rec. Mec = 5 cm

Se pide:

- Trazar el diagrama de momento flector.
- En un esquema de alzado, sin realizar cuentas, realizar un bosquejo de la armadura estructural longitudinal (no incluir la constructiva) incluyendo sus anclajes.
- Determinar la armadura para satisfacer ELU de solicitaciones normales, y expresarla en el alzado bosquejado en (b).
- Determinar las longitudes de anclaje y diámetros de doblado y representarlas en un nuevo esquema de alzado.

Una vez construida la estructura, se observó que la armadura estructural fue colocada de tal forma que su extremo izquierdo tuvo una longitud de anclaje del **50 %** del cual debió haber tenido (es decir, la mitad de lo hallado en la parte (d) para el extremo izquierdo de la armadura estructural). Se pide:

- Calcular la máxima fuerza F_d que soporta la estructura construida.

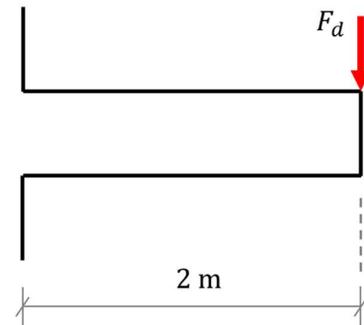


Figura 1

EJERCICIO 2 (35 puntos)

La estructura de la Figura 1 se trata de un reticulado de hormigón armado que soporta un techo. Como consecuencia, el tramo más solicitado del cordón superior, de sección cuadrada de $30 \times 30 \text{ cm}^2$ y luz de cálculo $L = 3 \text{ m}$, se ve sometido a esfuerzos de presoflexión, cuyos diagramas de sollicitación de diseño se muestran en la Figura 2 (incluyendo el peso propio).



Figura 1

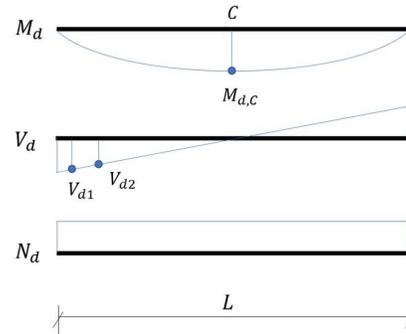


Figura 2

Datos

Solicitaciones: $N_d = -2100 \text{ kN}$, $V_{d1} = 110 \text{ kN}$, $V_{d2} = 88 \text{ kN}$, $M_{d,c} = 92 \text{ kN.m}$.

Materiales: $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$, $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$.

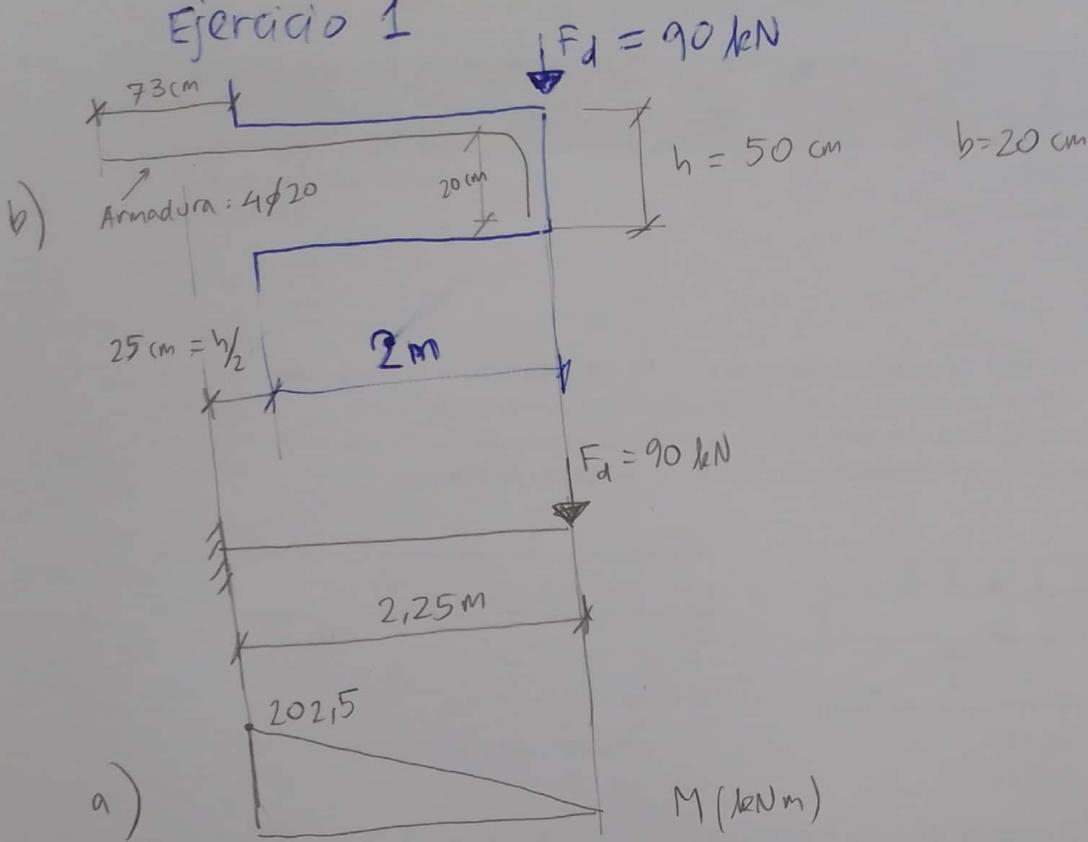
Geometría: **Rec. Mec. = 3 cm.**

Nota: V_{d1} corresponde al cortante en el elemento sobre el borde de su apoyo y V_{d2} corresponde al cortante a una distancia $x = d$ desde el borde del apoyo del elemento.

Se desea diseñar la armadura estructural del elemento para satisfacer ELU de sollicitaciones normales y de inestabilidad. Para eso **se pide:**

- Verificar que no corresponde considerar efectos de inestabilidad.
- Utilizando los criterios de diseño necesarios, definir si este problema corresponde resolverlo aplicando el Teorema de Ehlers o con armado simétrico.
- Diseñar la armadura longitudinal del elemento (incluir verificación de cuantías y separación máxima de barras). Representar las armaduras en un esquema en un corte seccional.
- Diseñar las armaduras transversales para que verifique:
 - Las disposiciones constructivas para elementos en presoflexión.
 - ELU de cortante (considerar que el estribado mínimo es $3,2 \text{ cm}^2/\text{m}$ con una separación máxima de 25 cm).
 - Representar **TODAS** las armaduras (longitudinales y transversales) finalmente elegidas en el esquema de alzado y en sección.

Ejercicio 1



c) $M_d = 202,5 \text{ kNm} \Rightarrow \mu = \frac{M_d}{bd^2 f_{cd}} = \frac{202,5 \text{ kNm}}{20 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^2 \cdot \frac{30 \text{ MPa}}{1,5}} = 0,250$

$\mu < 0,295 \Rightarrow \text{VSA} \Rightarrow \omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0,293 > 0,045 \square$

satisface armadura mínima mecánica $\Rightarrow \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} = \omega \Rightarrow A_s = 12,13 \text{ cm}^2$

coloco $4\phi 20$ ($A_s = 12,56 \text{ cm}^2$)

Armadura mínima geométrica = $\frac{2,8}{1000} \cdot 50 \cdot 20 \text{ cm}^2 = 2,8 \text{ cm}^2 < 12,56 \text{ cm}^2 \checkmark$

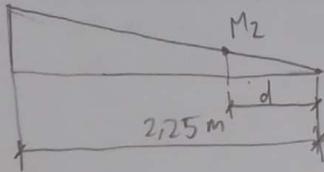
d) Extremo izquierdo: $l_{bII} = 1,4 m \phi^2 = 1,4 \cdot 1,3 \cdot 20^2 = 728 \text{ mm}$

$l_{bII} \leq \frac{f_{yk}}{14} \phi = \frac{500}{14} \cdot 20 = 714 \text{ mm} \Rightarrow l_{bII} = 728 \text{ mm}$

$l_{bmeta} = 1 \cdot l_{bII} = 728 \text{ mm} \Rightarrow$ diseño una long de anclaje de 73 cm desde borde interior del vínculo

Extremo derecho:

202,5 kNm



$$\frac{M_2}{d} = \frac{202,5 \text{ kNm}}{2,25 \text{ m}} \Rightarrow M_2 = 40,5 \text{ kNm} \Rightarrow$$

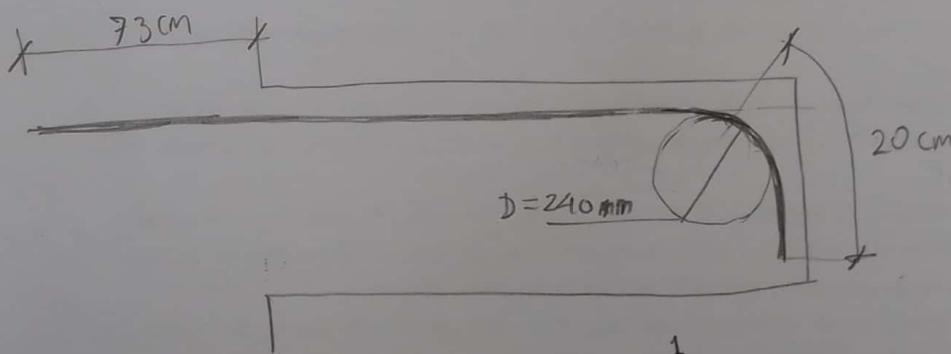
$$\mu = \frac{M_2}{bd^2 f_{cd}} = 0,05 \Rightarrow \omega = 0,051 \Rightarrow A_{s,nec} = 2,12 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = \frac{2,12 \text{ cm}^2}{12,56 \text{ cm}^2} = 0,17$$

$$l_{bI} = m \phi^2 = 1,3 \cdot 20^2 = 520 \text{ mm} \neq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi = 500 \text{ mm}$$

$$l_{b,meta} = \beta \cdot \left(\frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} \right) \cdot l_{bI} = 88 \text{ mm} \neq \left. \begin{array}{l} 10\phi = 200 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \\ l_{b/3} = 173 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$l_{b,meta} = 200 \text{ mm} \Rightarrow \text{diámetro de doblado } \phi = D = 12\phi = 240 \text{ mm}$$



$$e) \quad l_{b,meta} = \frac{73 \text{ cm}}{2} = 36,5 \text{ cm} = \beta \cdot \left(\frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} \right) \cdot l_{bII} \Rightarrow \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = 0,15 \Rightarrow$$

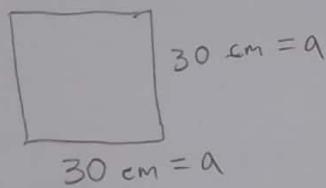
$$l_{bII} = 728 \text{ mm}$$

$$A_{s,nec} = 0,15 A_{s,real} = \frac{12,56 \text{ cm}^2}{2} = 6,28 \text{ cm}^2 \Rightarrow \omega = \frac{A_{s,nec} \cdot f_{yd}}{bd f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\omega = 0,152 \Rightarrow \mu = \omega \left(1 - \frac{\omega}{2} \right) = 0,14 = \frac{M}{bd^2 f_{cd}} \Rightarrow M = 113,8 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow \frac{M_d}{2,25 \text{ m}} = F_d \Rightarrow \boxed{F_d = 50,6 \text{ kN}}$$

Ejercicio 2

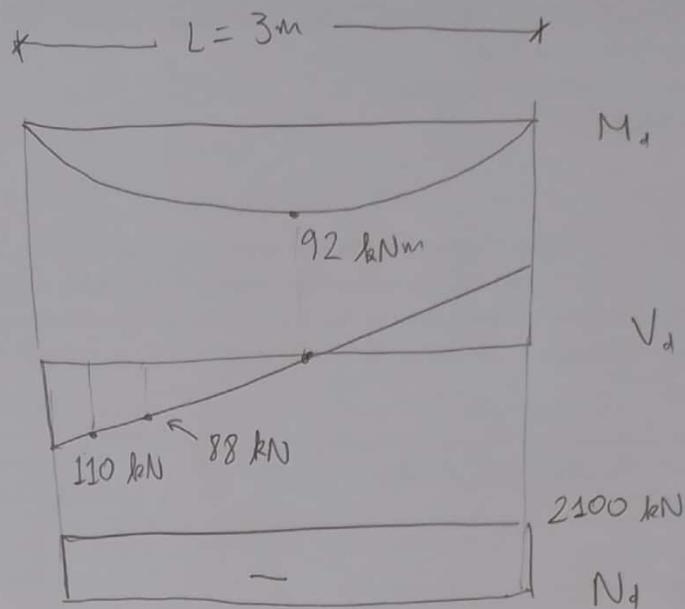


$$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\text{roc. mac} = 3 \text{ CM} \Rightarrow$$

$$d = 27 \text{ cm}$$



$$a) \quad \lambda = \frac{L_0}{i_0} \leq 35 \Rightarrow \lambda = \frac{3 \text{ m}}{0,0866 \text{ m}} = 34,6 \checkmark$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{a^4}{12a^2}} = \frac{a}{\sqrt{12}} = \frac{0,3 \text{ m}}{\sqrt{12}} = 0,0866 \text{ m}$$

b) La sección más solicitada es la central, en la cual

$$M_d = 92 \text{ kNm} \quad \text{y} \quad N_d = 2100 \text{ kN} \Rightarrow e = \frac{M_d}{N_d} = 0,0438 \text{ m} \Rightarrow$$

La directa cae dentro de la sección \Rightarrow es condición suficiente para resolver por "Armado Simétrico" (además, $\nu = \frac{N_d}{bd f_{cd}} = 1,11 > 0,36$ por

lo cual satisface también el criterio de "compresión importantes".

$$c) \quad \nu = \frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{2100000 \text{ N}}{0,3^2 \text{ m}^2 \cdot 23,33 \text{ MPa}} = 1,00 \quad \left. \begin{array}{l} \text{uso ábaco} \\ \downarrow \\ \Rightarrow \left[\frac{A}{A_c} \right] \Rightarrow \omega = 0,55 \end{array} \right\}$$

$$\mu = \frac{N_d e}{A_c h f_{cd}} = \frac{2100 \text{ kN} \cdot 0,0438 \text{ m}}{0,3^3 \text{ m}^3 \cdot 23,33 \text{ MPa}} = 0,15$$

$$\omega = 0,55 \Rightarrow A_{s, \text{tot}} = \frac{\omega A_c f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,55 \cdot 30^2 \text{ cm}^2 \cdot 23,33}{500/1,15} = 26,56 \text{ cm}^2$$

10/20 (31,4 cm²)

• cuantía mecánica mínima de flexión = 0,04 ✓

• cuantía mecánica mínima en compresión

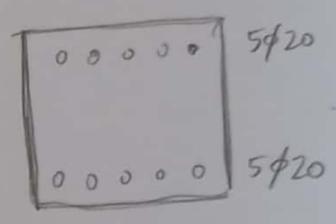
$$A_{s,tot} \cdot f_{yd} > 0,1 N_d \Rightarrow 31,4 \text{ cm}^2 \cdot \frac{500 \text{ MPa}}{1,15} = 1365 \text{ kN} > 210 \text{ kN} \checkmark$$

• cuantía mecánica máxima

$$A_{s,tot} f_{yd} \leq f_{cd} A_c \Rightarrow 1365 \text{ kN} \leq \underbrace{1,0 \cdot 23,33 \text{ MPa} \cdot 0,3^2 \text{ m}^2}_{2100 \text{ kN}} \checkmark$$

• separación máxima entre hierros longitudinales

$$s \leq \min \{ 30 \text{ cm}, 3 \cdot 30 \text{ cm} \} = 30 \text{ cm} \checkmark$$



d) i) Estribos : $\phi_t \geq \frac{20 \text{ mm}}{4} \Rightarrow \phi_t = 6 \text{ mm}$
 $s_{t,max} \leq \min \{ 15 \cdot 20 \text{ mm}, 30 \text{ cm} \} = 30 \text{ cm}$ } \Rightarrow (i) $\phi 6 / 30 \rightarrow$
 uso 4 ramos para atar los hierros long.

$$s_t \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 15\phi_{min} = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right.$$

ii) La armadura encontrada en (i) proporciona $V_{su} = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot 0,9 d$

con $A_{st} = \frac{4 (0,3 \text{ m})^2 \pi}{0,30 \text{ m}} \rightarrow$ pero como la separación máxima es 25 cm \Rightarrow

$$A_{st} = \frac{4 \cdot (0,3)^2 \pi}{0,25 \text{ m}} = 4,52 \text{ cm}^2/\text{m} > 3,2 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (arm. mínimo)} \Rightarrow$$

$$V_{su} = 4,52 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 0,9 d = 43,9 \text{ kN}$$

$$V_{cu,min} = \frac{0,075}{1,5} \cdot f_{cr}^{1/2} \cdot b d = \frac{0,075}{1,5} \cdot 1,86^{3/2} \cdot 35^{1/2} \cdot 300 \cdot 270 = 60,8 \text{ kN}$$

$$V_{u,min} = V_{cu,min} + V_{su} = 104,7 \text{ kN} > V_{ll} = 88 \text{ kN} \checkmark$$

iii)

