

EJERCICIO 1

En un estacionamiento subterráneo se prevé diseñar un apuntalamiento para los muros laterales mediante elementos de apuntalamiento de hormigón armado de sección rectangular de ancho $b = 65 \text{ cm}$ y canto $h = 100 \text{ cm}$. Estos elementos de apuntalamiento se colocan equiespaciados y empleados posteriormente como elementos resistentes de apoyo de la losa. En la primera etapa de la obra, los puntales se encuentran apoyados en los muros, los cuales les transmiten un axil mayorado $N_d = 3300 \text{ kN}$. Ver figura 1.

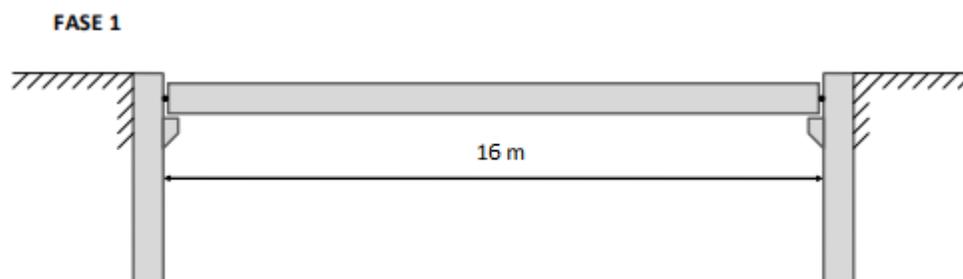
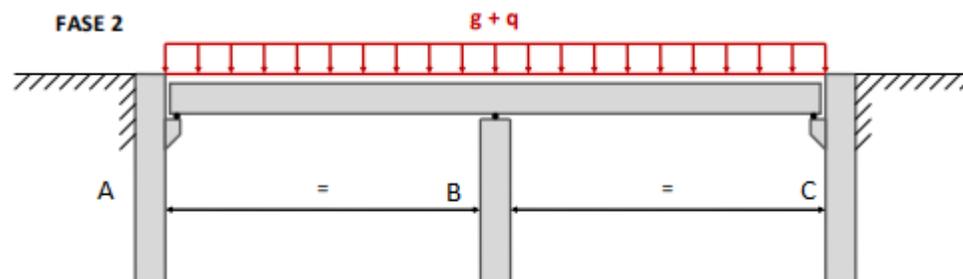


Figura 1

En una segunda etapa se ejecuta un pilar central en el que apoyan los apuntalamientos, sobre los cuales se construye la losa. Ver Figura 2. Esta transmite unas características permanentes y variables de 60 kN/m y 90 kN/m , respectivamente. Debido a la colaboración de la losa, el empuje de los muros se ve reducido a $N_d = 1200 \text{ kN}$.



Assumiendo que **para ambas fases el peso propio** de los elementos de apuntalamiento **es despreciable**, se pide:

- Trazar los diagramas de cortante, flexión y directa para las dos fases en estudio.
- En un esquema de alzado, bosquejar la armadura estructural longitudinal para satisfacer ELU de solicitaciones normales y ELU de anclaje teniendo en cuenta ambas fases. Con línea punteada trazar la armadura longitudinal constructiva.
- Determinar la armadura longitudinal necesaria para la primera fase de trabajo para satisfacer ELU de solicitaciones normales empleando la siguiente disposición de las armaduras indicada en la figura 3.

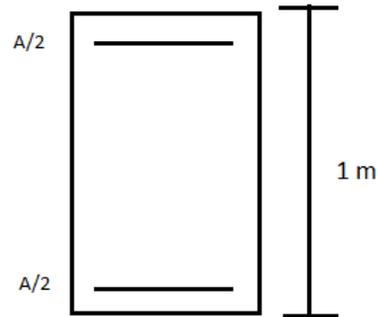


Figura 3

- d) Determinar la armadura longitudinal necesaria para la segunda fase de trabajo para satisfacer ELU de solicitaciones normales.
- e) Realizar el armado final de la pieza en un alzado teniendo en cuenta los resultados de las partes c), d) y e).

Datos:

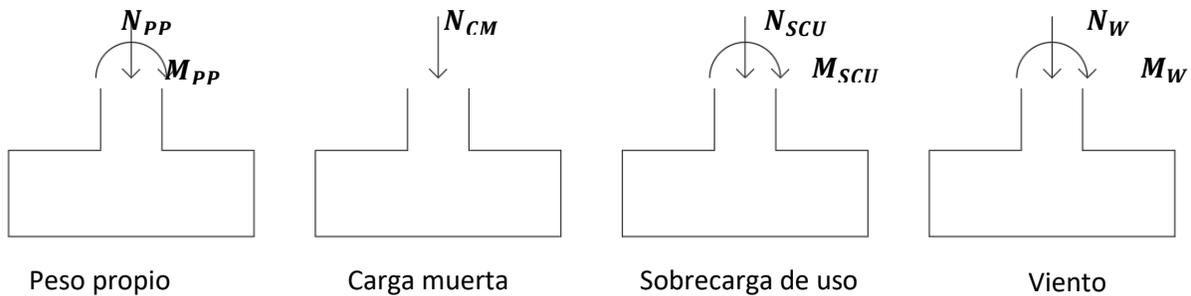
b (m)	h (m)	f_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	Rec.mec. (cm)
0.65	1,00	30	500	5

$Rd_{B,FASE II} = 2160 \text{ kN vertical hacia arriba}$

EJERCICIO 2

Considere una zapata de hormigón armado sobre la cual descarga un pilar de sección cuadrada de lado $a = 0,50 \text{ m}$. La zapata recibe en su cara superior los siguientes esfuerzos:

- Una directa de valor N_{PP} y un momento de valor M_{PP} asociados al peso propio de la estructura que descarga en la zapata
- Una directa N_{CM} asociada a cargas permanentes (terminaciones)
- Una directa N_{SCU} y un momento M_{SCU} asociados a las sobrecargas de uso
- Una directa N_W y un momento M_W asociados al viento.



Se pide:

- Determinar las combinaciones de acciones necesarias para:
 - Realizar los cálculos geotécnicos de la zapata
 - Verificar el ELU de la zapata
- Considerando que el suelo es capaz de soportar una tensión máxima de valor $\sigma_{adm} = 0,25 \text{ MPa}$, definir la geometría de la zapata para la combinación de máxima directa y máximo momento. Deberá ser una zapata rígida de base cuadrada de lado A . Despreciar el peso propio de la zapata.
- Para la geometría definida en el punto anterior, determinar el armado de la zapata para la combinación de máxima directa y máximo momento y representarla en un esquema de alzado y en planta. Despreciar el peso propio de la zapata.
- Determinar el anclaje de la armadura definida en la parte anterior. Representar esquemáticamente en un alzado.

Datos:

N_{PP} (kN)	M_{PP} (kNm)	N_{CM} (kN)	N_{SCU} (kN)	M_{SCU} (kNm)	N_W (kN)	M_W (kNm)	f_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	Rec.mec. (cm)
180	40	70	220	80	140	50	30	500	4,5

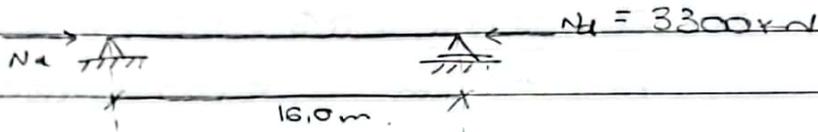
Nota: Los momentos actúan únicamente en la dirección representada en la figura.

EXAMEN HORMIGÓN ESTRUCTURAL 1

EJERCICIO 1.

a.

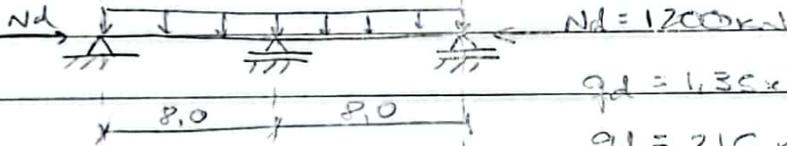
Tare 1



(M) y (V)

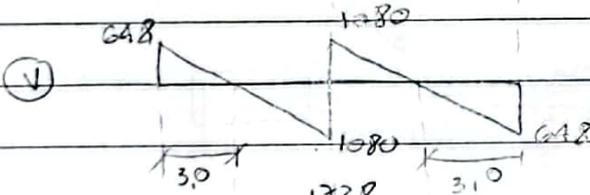
0

Tare 2

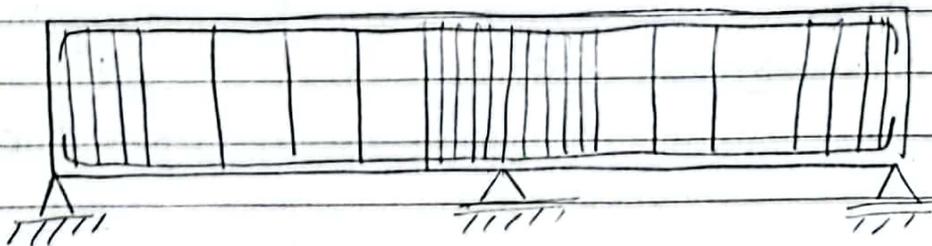


$$q_d = 1,35 \times \frac{60 \text{ kN}}{\text{m}} + 1,5 \times \frac{90 \text{ kN}}{\text{m}}$$

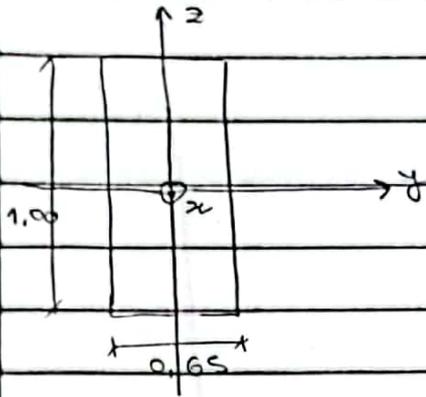
$$q_d = 216 \text{ kN/m}$$



b.



c - Biarticulado $\Rightarrow l_0 = L = 16,0m$.



* Pandeo en el plano xy

$$i_z = \frac{\sqrt{I_z'}}{\sqrt{A}} = \frac{\sqrt{1,00 \times 0,65^3 / 12}}{\sqrt{1,00 \times 0,65}} = 0,19 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{l_0}{i_z} = \frac{16,0m}{0,19m} = 85 > 35 \rightarrow \text{m\u00e9todo aproximado}$$

* Pandeo en el plano xz

$$i_y = \frac{\sqrt{I_y'}}{\sqrt{A}} = \frac{\sqrt{0,65 \times 1,00^3 / 12}}{\sqrt{1,00 \times 0,65}} = 0,29 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_y} = \frac{16,0m}{0,29m} = 55 > 35 \rightarrow \text{m\u00e9todo aproximado}$$

* Pandeo en plano xy

$$e_{\text{primer orden}} = 0$$

$$e_{\text{min}} = \max \{ h/20, 2cm \} = \max \{ 0,65/20, 2cm \} = 3,25cm$$

$$\rightarrow e_c = 3,25cm$$

$$e_a = (1 + 0,12 \beta) (e_y + 0,0035) \frac{h + 20e_c}{h + 10e_c} \frac{l_0^2}{50 i_c^2} \quad \beta = 3,0$$

$$e_a = (1 + 0,12 \times 3,0) (0,00217 + 0,0035) \frac{0,65 + 20 \times 0,0325}{0,65 + 10 \times 0,0325} \times \frac{(16m)^2}{50 \times 0,19^2}$$

$$e_a = 0,28m$$

$$e_{\text{tot}} = e_c + e_a = 31,0cm$$

$$V = Nd = \frac{3300 \text{ kN}}{0,25} = 13200 \text{ kN}$$

$$A_c f_{cd} = 0,65 \times 1,00 \times 30 \text{ MPa} / 1,5$$

$$\mu = \frac{V \times e}{h} = \frac{13200 \times 31,0cm}{65cm} = 62,4$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{5}{65} = 0,08 \rightarrow \text{adopto } 0,10$$

→ Diagramas de

interacción

pag 18

$$\omega = 0,10$$

$$A_{tot} = \frac{w n_c f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,10 \times 0,65 \times 1,00 \times 30 \text{ MPa} / 1,5}{500 \text{ MPa} / 1,15}$$

$$A_{tot} = 30 \text{ cm}^2 \rightarrow 15 \text{ cm}^2 \text{ por cara} \rightarrow 5 \phi 20 / \text{cara}$$

* Pandeo en el plano xz

primer orden = 0

$$e_{min} = \max \{ h/20, 2 \text{ cm} \} = \max \{ 1,0 \text{ m} / 20, 2 \text{ cm} \} = 5 \text{ cm}$$

} $e_{cc} = 5 \text{ cm}$

$$e_a = (1 + 0,12 \times 1,0) (0,00217 + 0,0035) \frac{1,00 + 20 \times 0,05}{1,00 + 10 \times 0,05} \times \frac{(18 \text{ m})^2}{50 \times 0,29}$$

$$e_a = 0,15 \text{ m}$$

$$e_{tot} = 0,20 \text{ m}$$

$$\nu = 0,25$$

$$\mu = \frac{\nu e}{h} = \frac{0,25 \times 0,20}{1,00} = 0,05$$

→ Diagramas de interacción pag. 2
↓
 $w=0$

$$\frac{d'}{h} = \frac{5}{100} = 0,05$$

Dimensional a la dirección débil, como era esperable

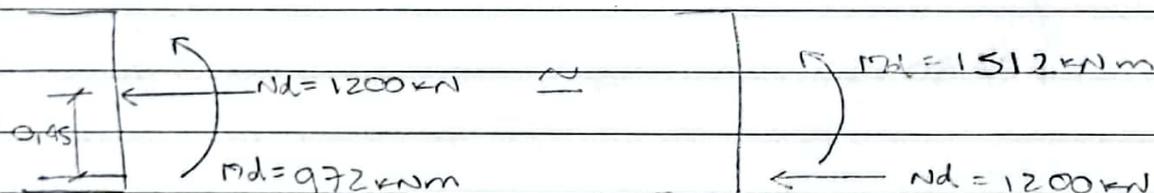
$$\text{cant. mínima } A_s \geq 0,1 N_d / f_{yd} = 7,6 \text{ cm}^2 \checkmark$$

/ cant. geom

$$\text{cant. max } A_s \leq f_{cd} h_c / f_{yd} = 299 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_s \geq 0,004 A_c, A_c = 260 \text{ cm}^2 \checkmark$$

d = Momento positivo: 10



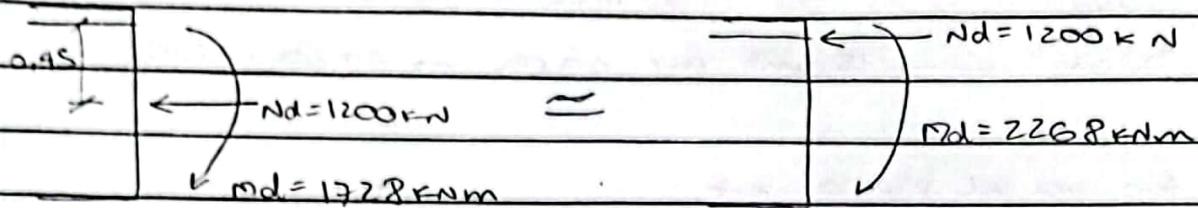
$$\mu = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{1512 \text{ kNm}}{0,65 \times 1,00^2 \times 30 \text{ MPa} / 1,5} = 0,116 \text{ SA}$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0,124$$

$$A_s = \frac{w b d f_{cd}}{f_{yd}} = 32,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Disminución por directa } A_s = 32 \text{ cm}^2 - \frac{N_d}{f_{yd}} = 4,4 \text{ cm}^2 \rightarrow 2 \phi 20$$

* momento negativo



$$\mu = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{2268 \text{ kNm}}{0,65 \times 1,0^2 \times 30 \text{ MPa} / 1,5} = 0,17$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0,193$$

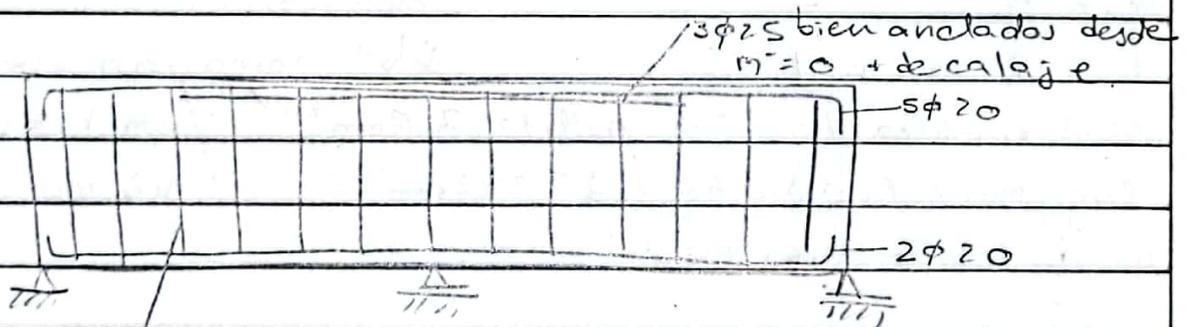
$$A_s = \frac{w b d f_{cd}}{f_{yd}} = 57,7 \text{ cm}^2$$

Reducción por directa

$$A_s = 57,7 - \frac{N_d}{f_{yd}} = 30,1 \text{ cm}^2 \rightarrow 7\phi 25$$

ó 5 ϕ 20 + 3 ϕ 25

e-



e b 2 / 130 mm

Ejercicio 2

ELU:

Máximo Momento

$$* 1,35PP + CM + 1,5(0,6W + SCW) \text{ (directo mínimo)}$$

$$* 1,35PP - 1,35CM + 1,5(0,6W + SCW) \text{ (directo máximo)}$$

Máximo directo:

$$\rightarrow 1,35CM + PP \text{ (mínimo momento)}$$

ELS:

\rightarrow Directo máximo y momento máximo

$$PP + CM + SCW + 0,6W$$

$$PP + CM + SCW$$

$$PP + CM + W$$

$$PP + CM + 0,7SCW + W$$

$$2) \quad \sigma_{adm} = 0,25 \text{ MPa}$$

Máximo diámetro y momento

$$\text{Diámetro: } N = 180 + 70 + 220 + 0,6 \cdot 140 = 554 \text{ kN}$$

$$\text{Momentos: } M = 90 + 180 + 0,6 \cdot 50 = 150 \text{ kNm}$$

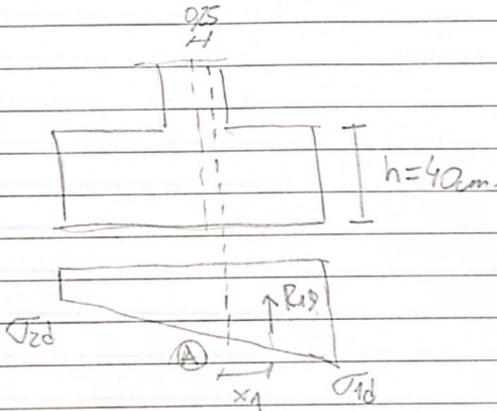
$$\rightarrow \text{Área coborricentada: } e = \frac{150}{554} = 0,27 \text{ m}$$

$$A = \frac{N}{\sigma_{adm}} = A(A - 2 \cdot 0,27)$$

$$A > 1,78 \text{ m} \rightarrow \boxed{A = 2 \text{ m}}$$

Debo

c)



$$N_d = 793,5 \text{ kN} \quad M_d = 219 \text{ kNm}$$

$$\sigma_d = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{I} = 0,198 + 0,164 = 0,362 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ed} = 0,034 \text{ MPa} \quad \sigma_o = 0,2195 \text{ MPa}$$

$$\frac{2}{0,328} = \frac{1,125}{x} \Rightarrow x = 0,2195 \text{ MPa}$$

$$R_{id} = 253,97 \text{ kN} \quad x_{i1} = 947 \text{ mm}$$

$$T_d = \frac{R_{id} \cdot x_{i1}}{9850} = A_s \cdot f_{yd} \Rightarrow A_s = 9,96 \text{ cm}^2 \quad \phi 12/20$$

Cuantía mínima: $\rho_{l,0} = 72 \text{ cm}^2$ ✓

Armadura secundaria:

$$T_d = \frac{7935(2-95)}{6,8 \cdot 0,345} = 507 \text{ kN}$$

$$A_s = 12,68 \text{ cm}^2 \Rightarrow \phi 12/16$$

$$d) L_b = 1,3 \cdot 12^2 \leq \frac{500 \cdot 12}{20}$$

$$187,2 \leq 300$$

