

Pregunta 1 – Análisis del proceso de rotura

- Trazar el diagrama Momento-Curvatura para el proceso de carga hasta rotura de una viga “bien diseñada”, detallando los puntos característicos.
- Indicar el estado tensional de la sección para los distintos estados.
- ¿Cuál es el valor de la pendiente del diagrama en los tramos elástico-lineales?
- La *Figura 1* contiene 5 secciones de hormigón armado. Todas las secciones son de igual material (f_{ck} y f_{yk}), el mismo ancho, el mismo recubrimiento mecánico, y en todas ocurre que el ELU por solicitaciones normales se da en el 2° dominio de deformación. Las diferencias entre las secciones se muestran en la *Figura 1*. La *Figura 2* contiene 6 posibles curvas de comportamiento de Momento-Curvatura, en donde se indica la curva que corresponde a la sección 1 (curva D). Se pide conectar cada una de las restantes secciones (2, 3, 4 y 5) con una de las curvas (A, B, C, D, E o F). Observar que una de las curvas no se corresponde con ninguna sección. Justificar brevemente (en una oración) la respuesta.

(Intente responder toda esta pregunta en aprox. una carilla, puede usar esta hoja)

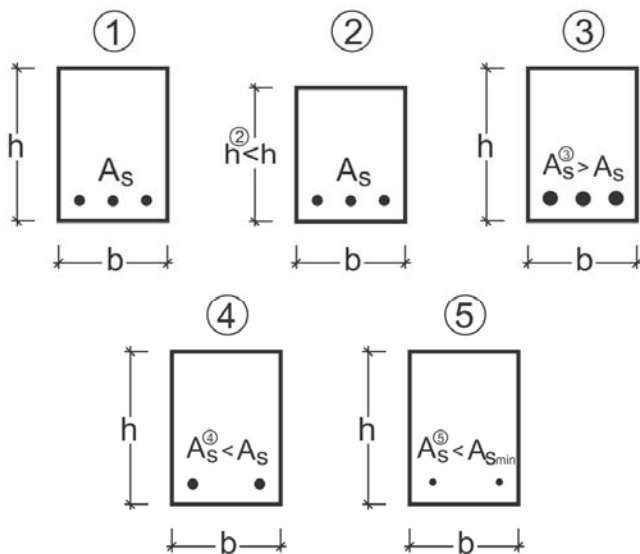


Figura 1

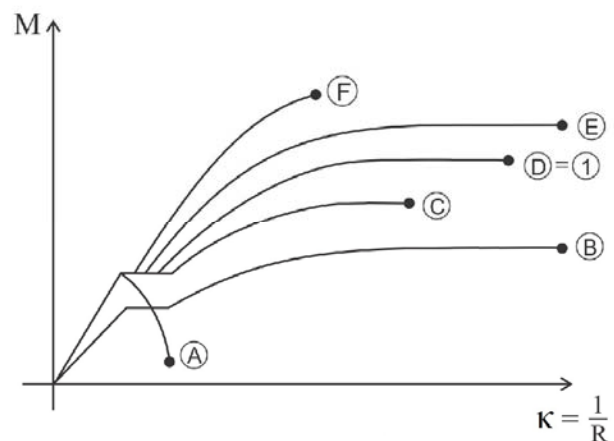


Figura 2



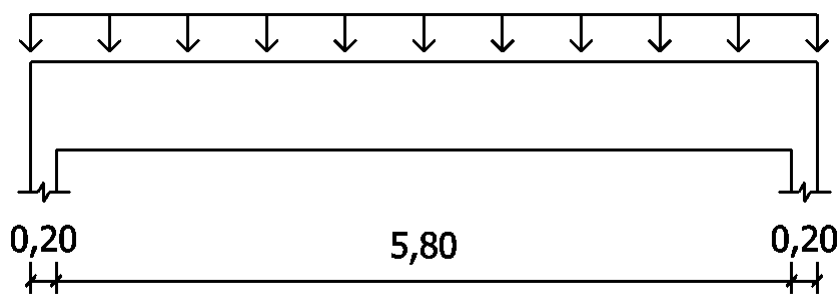
Pregunta 2 – Hipótesis básicas de cálculo bajo solicitaciones normales en ELU

- a) Nombrar cuáles son (sin explicarlas) las hipótesis de cálculo en ELU.
- b) Caracterización del estado límite último: Indicar las deformaciones límite de cada material. Trazar el diagrama de “dominios de deformación”, indicando valores de x para los límites de dominios.
- c) ¿Cuáles son, aproximadamente, los valores de x_{lim} y ϵ_y para los aceros usuales?
- d) Para una sección en ELU con $x = 0,5d$: ¿En qué dominio se encuentra, y cuánto vale la deformación en la armadura de tracción?

(Intente responder toda esta pregunta en aprox. una carilla, puede usar esta hoja)

Ejercicio 3

La *Figura 3* muestra una viga de hormigón armado de peso específico $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ sometida a una sobrecarga uniformemente distribuida de valor $q_{SCU} = 49 \text{ kN/m}$.



$(b \times h) = (0,30\text{m} \times 0,45\text{m})$
Rec. mecánico: 5cm

Materiales:

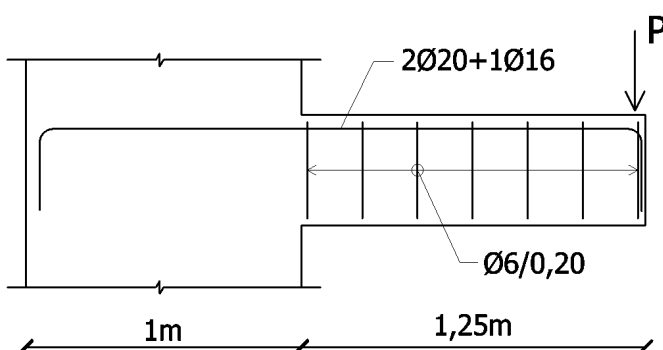
$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Figura 3

Se pide:

- Dibujar el esquema de armado de las barras de acero estructurales (longitudinales y transversales), en alzado y en corte.
- Calcular el área de acero necesario para satisfacer el ELU de solicitaciones normales. Para dicho estado último, calcular y representar la posición de la línea neutra, la pareja de deformaciones límite y el dominio de deformación. Calcular la curvatura de la sección.
- Considerando el área de acero de la parte (a), se decide adicionar 4 cm^2 de armadura de tracción y 4 cm^2 de armadura de compresión. Para este nuevo caso, calcular el momento último, la posición de la línea neutra, la pareja de deformaciones límite, el dominio de deformación y la curvatura última.

Ejercicio 4



Determinar, para la viga de la figura, el valor de carga última P para que se verifique el Estado Límite Último de Cortante, despreciando el peso propio de la pieza.

$(b \times h) = (0,17\text{m} \times 0,40\text{m})$

Rec. mecánico: 5cm

Materiales:

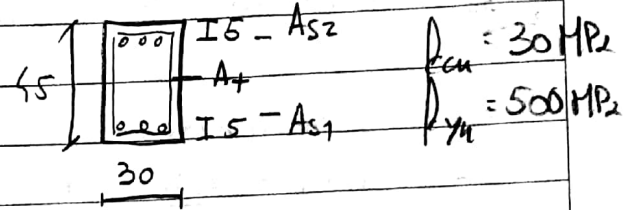
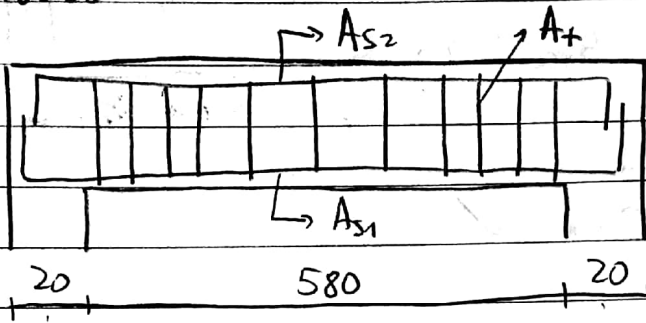
$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Formulómetro:

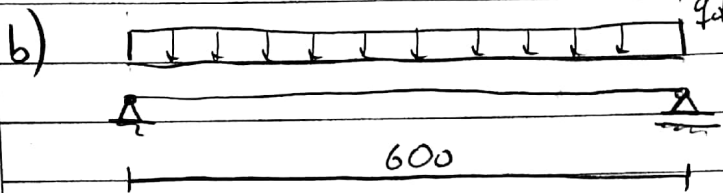
- $V_{u1} = K \cdot 0,60 f_{cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g(\theta) + \cot g(\alpha)}{1 + \cot g^2(\theta)}$
- $V_{su} = z \cdot \text{sen}(\alpha) \cdot [\cot g(\alpha) + \cot g(\theta)] \cdot \sum A_{\alpha} f_{y\alpha,d}$
- $V_{cu} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \beta \cdot b_0 \cdot d$, con $\xi = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) < 2,0$ (d en mm)
 - *Mínimo para V_{cu} :* $V_{cu} \geq \left[\frac{0,075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0,15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$
- $\sum \frac{A_{\alpha} f_{y\alpha,d}}{\text{sen}(\alpha)} \geq \frac{f_{ct,m}}{7,5} \cdot b_0$
- Separación longitudinal entre armaduras transversales:
 - $s_t \leq 0,75d [1 + \cot g(\alpha)] \leq 600\text{mm}$ si $V_{rd} \leq \frac{1}{5} V_{u1}$
 - $s_t \leq 0,60d [1 + \cot g(\alpha)] \leq 450\text{mm}$ si $\frac{1}{5} V_{u1} < V_{rd} \leq \frac{2}{3} V_{u1}$
 - $s_t \leq 0,30d [1 + \cot g(\alpha)] \leq 300\text{mm}$ si $V_{rd} > \frac{2}{3} V_{u1}$

a) Alzado

Corte



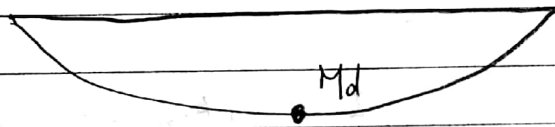
$$q_d = 1,35 q_0 + 1,5 q_{sc}$$



$$q_0 = 0,3 \cdot 0,45 \cdot 25 = 3,375 \text{ kW/m}$$

$$q_{sc} = 49 \text{ kW/m}$$

$$q_d = 78,06 \text{ kW/m}$$



$$M_d = \frac{q l^2}{8} = 351,25 \text{ kWm}$$

$$\mu = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{35125}{30 \cdot 40^2 \cdot 2} = 0,366 > 0,295 \Rightarrow \text{VDA} \left. \begin{array}{l} \mu_c = 0,295 \\ \mu_{lim} = 0,360 \end{array} \right\}$$

impongo $\frac{x}{d} = 0,45 \Rightarrow x = 18 \text{ cm}$

\Rightarrow Dominio 3

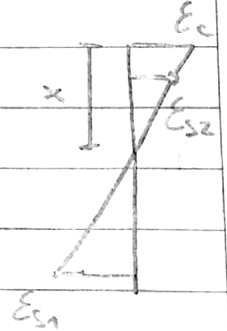
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{x} \epsilon_{cl} = 19,4 \text{ km}^{-1}$$

$$\epsilon_c = 3,5\%$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{\epsilon_c}{x} (d - x) = 4,28\%$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{\epsilon_c}{x} (x - d') = 2,53\%$$

$$\epsilon_{s1}, \epsilon_{s2} > \epsilon_{pl} \checkmark$$



$$\mu_c = 0,295 \left. \begin{array}{l} \Rightarrow A'_{s1} = \frac{\mu_c b d f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,36 \cdot 30 \cdot 40 \cdot 2}{50/1,15} = 19,87 \text{ cm}^2 \\ \mu_{lim} = 0,360 \end{array} \right\}$$

$$M_I = \mu_c b d^2 f_{cd} = 0,295 \cdot 30 \cdot 40^2 \cdot 2 = 283,20 \text{ kWm}$$

$$\Rightarrow \Delta M = 351,20 - 283,20 = 68,05 \text{ kWm}$$

$$\Rightarrow A_{s2} = A''_{s1} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{\Delta M / (d - d')}{f_{yd}} = \frac{194,43}{50/1,15} = 4,47 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = A'_{s1} + A''_{s1} = 24,34 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5 \phi 25, b_{nec} = 27,7 \text{ cm}$$

$$A_{s2} = 4,47 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4 \phi 12, b_{nec} = 16 \text{ cm}$$

Cuantías mínimas,

$$- A_{s, geom} = \frac{2,8}{1000} \times A_c = 3,8 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$- A_{s, nec} = 0,04 A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 2,48 \text{ cm}^2 \checkmark$$

opción 2, $s' = \frac{5}{40} = 0,125$

$$w_2 = \frac{u - u_c}{1 - s'} = \frac{0,366 - 0,295}{1 - 0,125} = 0,08$$

$$A_{s2} = w_2 \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} = 0,08 \cdot \frac{30 \cdot 40 \cdot 2}{43,48} = 4,47 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4 \phi 12$$

$$w_1 = 0,36 + w_2 = 0,441$$

$$A_{s1} = w_1 \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} = 0,441 \cdot \frac{30 \cdot 40 \cdot 2}{43,48} = 24,34 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5 \phi 25$$

c) VDA \Rightarrow a) M_u de parte b) se le suma el por por el hierro agregado

$$\Rightarrow M_u = 351,25 + A_s f_{yd} (d - d')$$

$$= 351,25 + 4 \times 43,48 \times 0,35 = 412,12 \text{ kNm}$$

VDA \Rightarrow $x/d, \epsilon_c, \epsilon_s, 1/r$, dominio 3 igual que en parte b

opción 2: $A_{s1} = 28,36 \text{ cm}^2 \Rightarrow w_1 = 0,513$ $\left. \begin{array}{l} w_c^I = w_1 - w_2 \\ = 0,36 \end{array} \right\}$

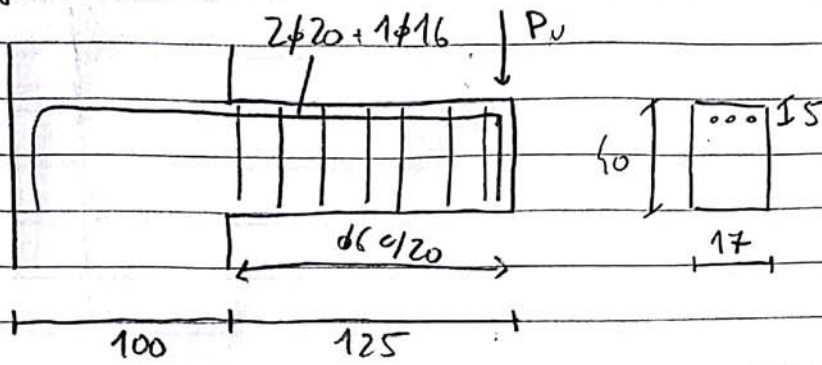
$$u_c^I = w_c^I \left(1 - \frac{w_c^I}{2} \right) = 0,295$$

$$u_2 = w_2 (1 - s') = 0,139$$

$$\Rightarrow u = u_c^I + u_2 = 0,429$$

$$M_u = u b d^2 f_{cd} = 0,429 \cdot 30 \cdot 40^2 \cdot 2 = 412,12 \text{ kNm}$$

Ejercicio Parcial:



$$f_{cu} = 25 \text{ MPa}$$

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

$$d = 40 - 5 = 35 \text{ cm}$$

$$A_s (2\phi 20 + 1\phi 16) = 8,29 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} = 0,3 f_{cu}^{2/3} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$V_{max} = V_{d1} = V_{d2} = P_u$$

$$V_{d1} = 0,3 f_{ctd} b d = 297,5 \text{ kN}$$

$$V_{d2} = V_{cu} + V_{su}$$

$$V_{cu} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cu})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cd} \right] \beta b_0 d = 34,1 \text{ kN}$$

$$\left[\frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cu}^{1/2} + 0,15 \sigma_{cd} \right] b_0 d = 35,6 \text{ kN}$$

$$\beta = 1$$

$$f_{cu} = f_{cu} = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b d} = 0,0139 < 0,02 \checkmark$$

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,76 < 2 \checkmark$$

$$\Rightarrow V_{cu} = 34,6 \text{ kN}$$

$$\phi 6 \text{ c/20} \Rightarrow A_s = \frac{2 \times 0,283}{0,2} = 2,83 \text{ cm}^2 \Rightarrow V_{su} = A_s f_{yt} 0,9 d$$

$$= 2,83 \times 50 \times 0,9 \times 35 = 35,6 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_{d2} = V_{cu} + V_{su} = 70,2 \text{ kN} = P_u$$

$$\sum \frac{A_s f_{yt}}{n s d} \geq \frac{f_{ctm} b_0}{7,5}$$

$$\frac{V_d}{V_{d1}} = \frac{70,2}{297,5} = 0,24 \Rightarrow \frac{1}{5} \leq 0,24 \leq \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow A_s \geq 1,55 \text{ cm}^2/\text{m} \checkmark$$

$$\Rightarrow s_t = \begin{cases} 0,6 d (1 + \cot \theta d) = 21 \text{ cm} \checkmark \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$