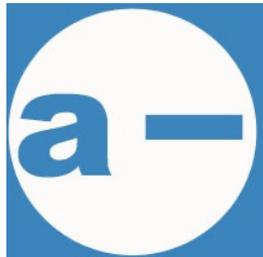


PRÁCTICA 1

CÁLCULO DE UNA PIEZA DE HORMIGÓN PRETENSADO DE TIPO PRETESO



ugr

Universidad
de Granada

Grado en Arquitectura
Curso 2021-2022

PRÁCTICA 1.

Se va a realizar el cálculo de una viga de hormigón pretensado de sección rectangular con **armaduras pretesas**, dicha viga soporta un forjado unidireccional de un edificio de oficinas. Los datos son:

Geometría y cargas:

- Sección de la viga: 50cmx135cm (ancho x canto)
- Luz de la viga: 12 m
- Ancho de carga del forjado sobre la viga: 5.00 m
- CP peso propio del forjado: 3.5 kN/m²
- CP tabiquería: 1.0 kN/m²
- CP acabados de suelo y techos: 1.0 kN/m²
- SC del forjado: 3.0 kN/m²

PRÁCTICA 1.

Materiales:

Acero activo (armaduras pretensas): Y 1860 S7 15,2

- Límite elástico: $f_{pk} = 1640 \text{ N/mm}^2$
- Límite de rotura: $f_{pmax} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de elasticidad: $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
- Diámetro del cordón: 15.2 mm (0.6")
- Área de un cordón de armadura activa: 139.35 mm^2

Hormigón: HP-50

- Resistencia característica a compresión a 28 días: $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a tracción a 28 días: $f_{ct} = 0.3 \times f_{ck}^{2/3} = 0.3 \times (50 \text{ N/mm}^2)^{2/3} = 4.07 \text{ N/mm}^2$
- Módulo elasticidad: $E_c = 8500 \times (f_{ck} + 8)^{1/3} = 8500 \times (50 + 8)^{1/3} = 32902 \text{ N/mm}^2$
- Recubrimientos: 15 cm

Coeficientes de seguridad:

- Minoración del hormigón : $\gamma_c = 1.5$
- Minoración del acero: $\gamma_s = 1.15$
- Mayoración de acciones: CP: $\gamma_{cp} = 1.35$; SC: $\gamma_{sc} = 1.50$
- Mayoración del pretensado en E.L.S. de servicio:

$$\gamma_p = 1.05, \gamma_p = 0.95$$

PRÁCTICA 1.

Fuerza de pretensado y pérdidas estimadas:

- Tensión de tesado inicial. es el mínimo del 70% del límite de rotura o el 85% del límite elástico:
 - $0.70 \times 1860 \text{ N/mm}^2 = 1302 \text{ N/mm}^2$
 - $0.85 \times 1640 \text{ N/mm}^2 = 1394 \text{ N/mm}^2$

Con lo cual la tensión mínima de tesado será: **1302 N/mm²**

- Pérdidas estimadas:
 - Pérdidas instantáneas) = 12%
 - Pérdidas diferidas (retracción + fluencia + relajación del acero) = 14 %
 - Pérdidas totales: iniciales + diferidas: 12% + 14% = 26%

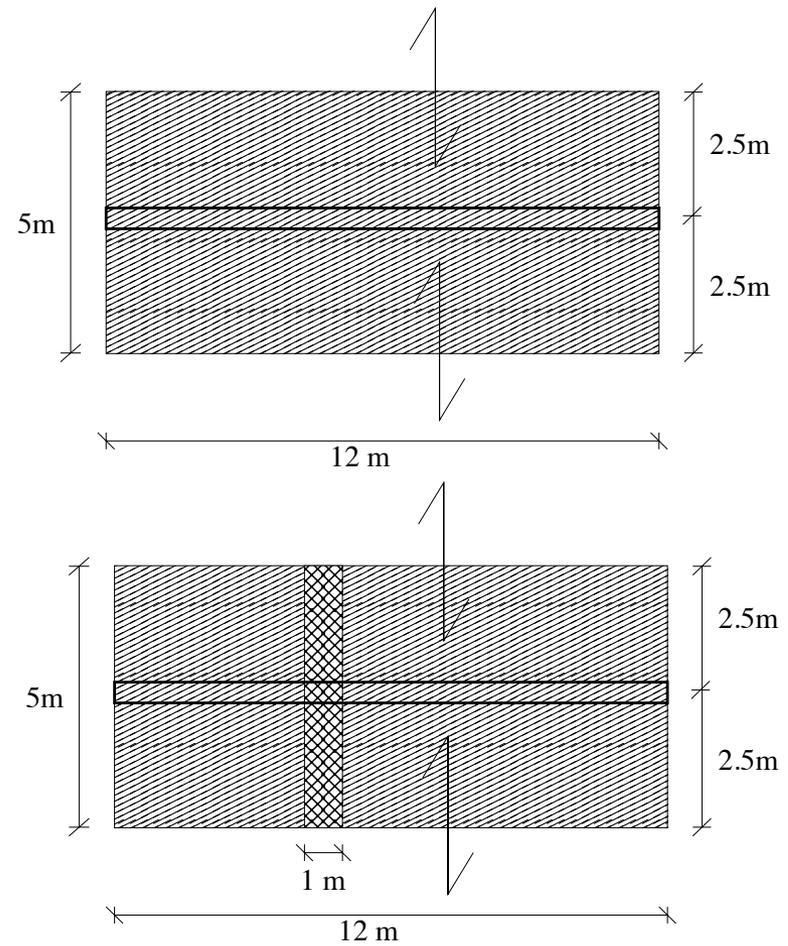
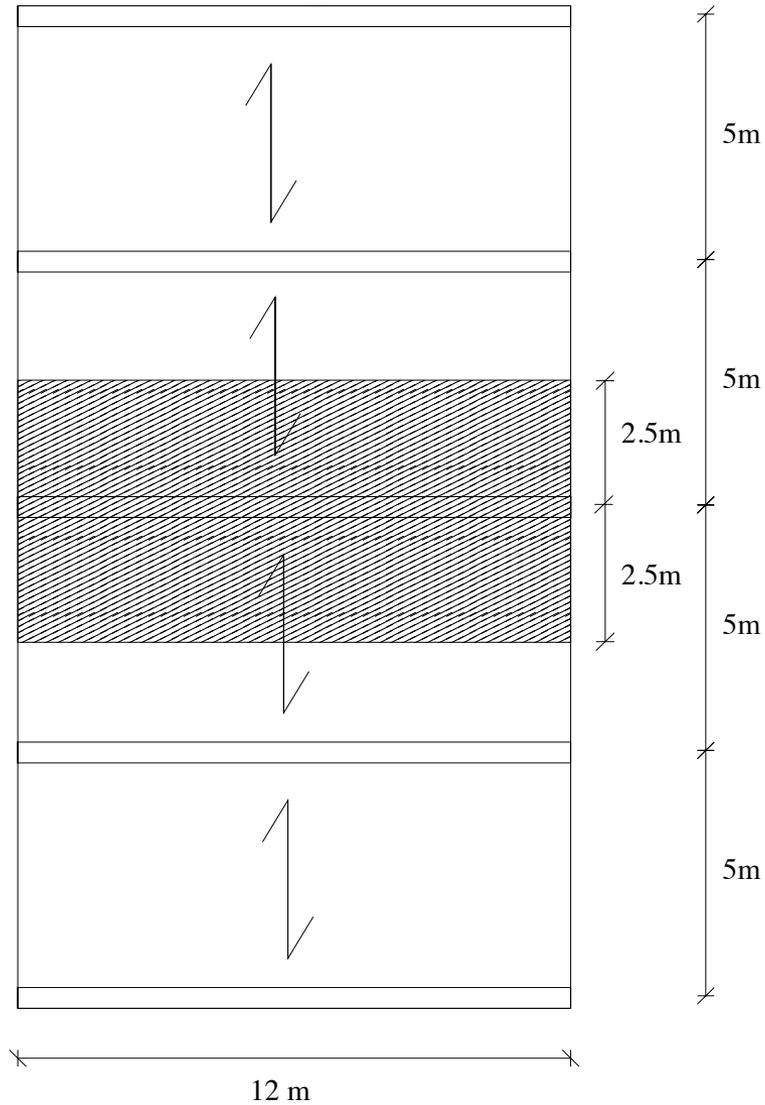
PRÁCTICA 1.

Vamos a realizar el cálculo en las siguientes fases:

1. Predimensionamiento del pretensado necesario, empleando la expresión simplificada a E.L.U. de Flexión. Es decir, calcular en número de cables de la pieza.
2. Calcular las tensiones en la sección crítica para que la pieza no fisure en:
 - a) En el instante de entrada en carga (con la actuación del pretensado + el PP de la viga, con las pérdidas iniciales de pretensado).
 - b) En servicio (con la actuación del pretensado + todas las cargas, habiéndose ya producido las pérdidas totales de pretensado).

PRÁCTICA 1.

Ancho de carga:



P1 - PRETENSADO

Geometría } $L = 12 \text{ m}$

Carga } $G = 3.5 + 1.0 + 1.0 = 5.5 \text{ kN/m}^2 \rightarrow q_2 = 27.5 \text{ kN/m}$
 $Q = 3.0 \text{ kN/m}^2 \rightarrow q = 15 \text{ kN/m}$

Acero } $f_{pk} = 1640 \text{ N/mm}^2$
 pretens } $f_{p,max} = 1860 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
 $\phi = 15.2 \text{ mm}$
 $A_p = 139.35 \text{ mm}^2$ ($\approx 77\% \text{ fibra}$)

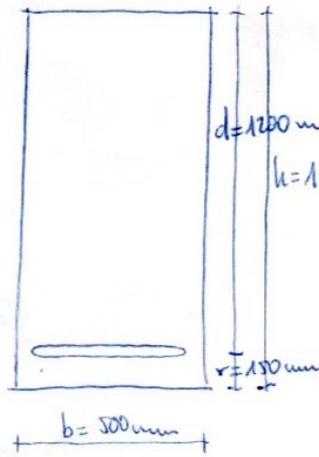
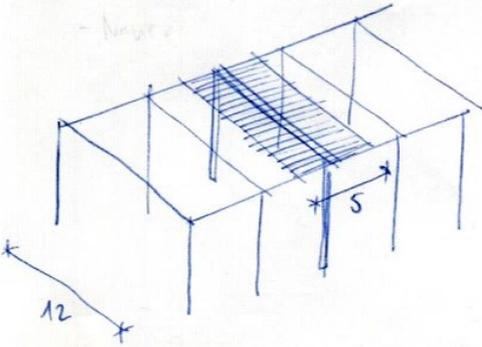
(Acero pasivo) } $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$
 Normal } $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ ($= f_{ck,28}$)
 $f_{ck,3} \approx 0.6 f_{ck,28} = 30 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ct,des} = 0.3 \cdot f_{ck,des}^{2/3}$
 $E_c = 32902 \text{ N/mm}^2$

Geometría } $r = 150 \text{ mm}$

Coef. de seguridad } $\sigma_c = 1.50$
 $\sigma_s = 1.15$
 $\sigma_g = 1.35$
 $\sigma_a = 1.50$
 $\sigma_p = 1.05$ (def.) o 0.95 (par.)

Pérdidas } Pérdidas estructurales: 12% } Total 26%
 Pérdidas diferenciales: 14%

Ambiente } Ambiente: IIIa \rightarrow Simplificadamente, no se permite la aparición de fisuras ni en vacío ni en servicio; ni a tracción ni a compresión



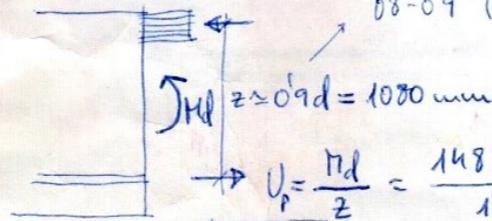
Unidades } $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$; $1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$
 $1 \text{ kNm} = 10^6 \text{ Nmm}$; $1 \text{ kN/m} = 1 \text{ N/mm}$
 $1 \text{ kN/m}^2 = 10^{-3} \text{ N/mm}^2$

0) Tensión de tracción:

$$\sigma_o = \min \{ 0.7 f_{p,max}; 0.85 f_{pk} \} = \min \{ 1302; 1394 \} = 1302 \text{ N/mm}^2$$

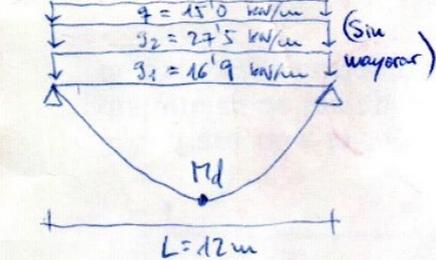
1) Predimensionado pretensado (para no necesitar armada pasiva en ELU, rotura)

0.8-0.9 (muy armada - poco armada)



$$U_p = \frac{M_d}{z} = \frac{1483.3 \text{ kNm}}{1.08 \text{ m}} = 1373.4 \text{ kN} = n \cdot A_p \cdot f_{ped} = n \cdot 139.35 \cdot \frac{1640}{1.15} \Rightarrow n_p = 6.9 \rightarrow n_p = 7$$

7 cables

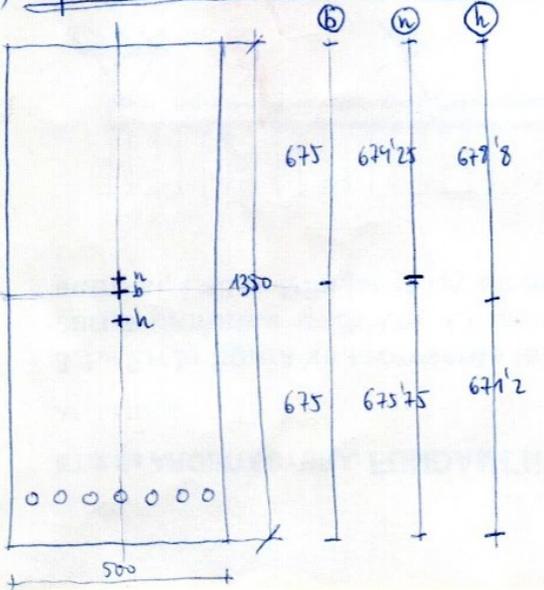


$$q_1 = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 1.35 \text{ m} = 16.9 \text{ kN/m}$$

$$M_d = \frac{q_{ELU} L^2}{8} = 1483.3 \text{ kNm}$$

$$q_{ELU} = 1.35 (16.9 + 27.5) + 1.5 (15.0) = 82.4 \text{ kN/m}$$

2) Propiedades mecánicas de la sección



(b) $A_b = b \cdot h = 675000 \text{ mm}^2$
 $y_{ib} = y_{2b} = \frac{h}{2} = 675 \text{ mm}$
 $I_b = \frac{bh^3}{12} = 1.025 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$ } ($e_b = y_{ib} - r = 525 \text{ mm}$)

(n) $A_s = n_p \cdot A_p = 7 \cdot 139.35 = 975 \text{ mm}^2$
 $A_n = A_b - A_s = 674025 \text{ mm}^2$ (99.9%) } ($e_n = y_{1n} - r = 525.75 \text{ mm}$)
 $y_{1n} = \frac{A_b \cdot y_{ib} - A_s \cdot r}{A_n} = 675.75 \text{ mm}$ (100.1%); $y_{2n} = 674.25 \text{ mm}$
 $I_n = I_b + A_b (y_{1n} - y_{ib})^2 - A_s (y_{1n} - r)^2 = 1.022 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$ (99.7%)

(h) $m = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5}{32902} = 6.08$ } ($e_h = y_{1h} - r = 521.20 \text{ mm}$)
 $A_h = A_b + (m-1) A_s = 679953$ (100.7%)
 $y_{1h} = \frac{A_b \cdot y_{ib} + (m-1) A_s \cdot r}{A_h} = 671.2 \text{ mm}$ (99.4%); $y_{2h} = 678.8 \text{ mm}$
 $I_h = I_b + A_b (y_{1h} - y_{ib})^2 + (m-1) A_s (y_{1h} - r)^2 = 1.039 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$ (101.3%)

3) ELS de firmación en VACÍO

3.1 - Acciones:

$$P_0 = A_s \cdot \sigma_0 = 975 \cdot 1302 = 1270 \text{ kN} = 127 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$P_E = (100\% - 12\%) P_0 = 0.88 \cdot 1270 = 1117 \text{ kN}$$

$$M_{g1} = \frac{g_1 L^2}{8} = 304.2 \text{ kNm} = 3042 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

γ_p se toma desfavorable: $\gamma_{p,des} = 1.05$

3.2 - Limitación de tensiones (3 días)

Compresión máxima: $0.6 \cdot f_{ck,3} = 0.6 \cdot 29.9 = 17.9 \text{ N/mm}^2$

No confundir estos dos valores de normativa. Para coincidencia

Tomado de EHE-08.
Simplificadamente: $f_{ck,3} \approx 0.6 \cdot f_{ck,28} \approx 29.9 \text{ N/mm}^2$

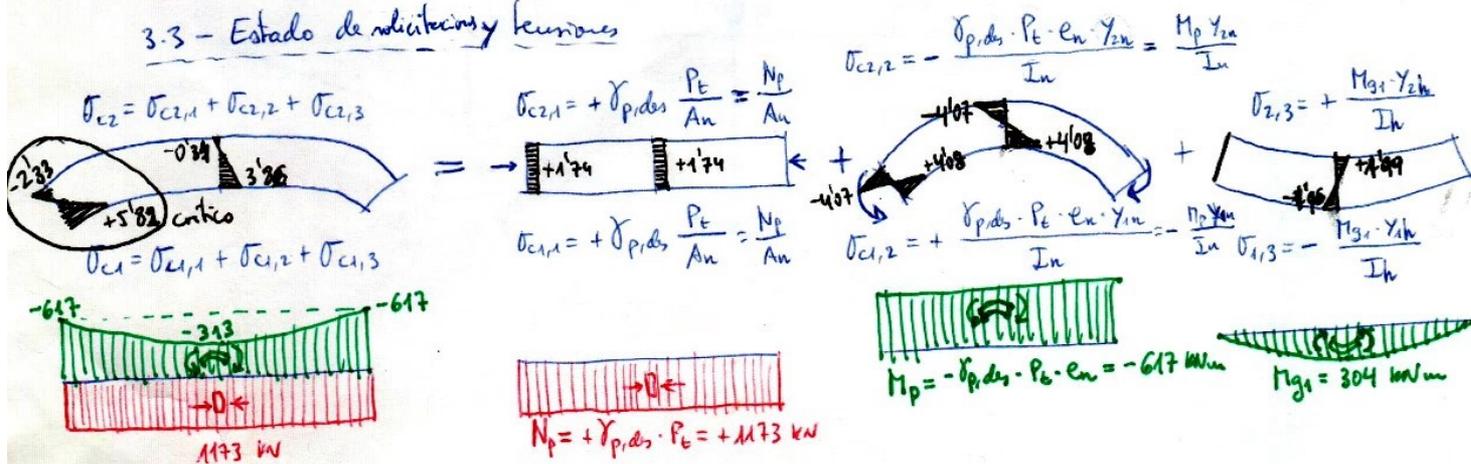
$$f_{ck,3} = \beta_{cc}(3) \cdot f_{ck} = 29.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{cc}(3) = e^{s(1-\sqrt{\frac{28}{3}})} \approx 0.60$$

$$s = 0.25 \text{ (endurecimiento normal)}$$

Tensión máxima: $f_{ct,3} = 0.3 \cdot f_{ck,3}^{2/3} = 2.89 \text{ N/mm}^2$ (valor absoluto)

3.3 - Estado de sollicitación y tensiones



3.4 - Comprobación tensiones

Compresión: $5.82 < 17.9 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$ **CUMPLE**

Tensión: $|-2.33| < 2.89 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$ **CUMPLE**

4) ELS de firmación en SERVICIO

4.1 - Acciones

$$P_p = (100\% - 26\%) P_0 = 0.74 \cdot P_0 = 940 \text{ kN} = 94 \cdot 10^5 \text{ N}$$

γ_p se toma favorable para C.V.: $\gamma_{p,ser} = 0.95$

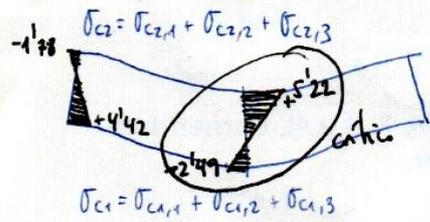
$$M_{g1} + M_{g2} + M_{g3} = \frac{(g_1 + g_2 + g_3) L^2}{8} = 1069.2 \text{ kNm} = 10692 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

4.2 - Limitación de tensiones (28 días)

Compresión máxima: $0.6 f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Tensión máxima: $f_{ct} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 4.07 \text{ N/mm}^2$

4.3 - Estado de solicitaciones y tensiones

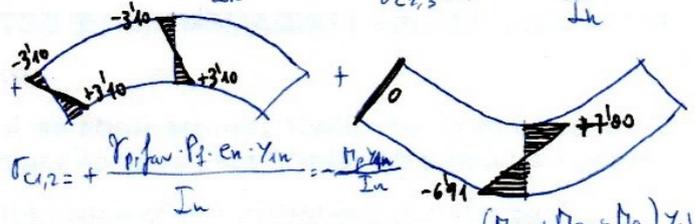


$$\sigma_{c2,1} = + \gamma_p \cdot f_{av} \cdot \frac{P_f}{A_n} = \frac{N_p}{A_n}$$

$$\sigma_{c1,1} = + \gamma_p \cdot f_{av} \cdot \frac{P_f}{A_n} = \frac{N_p}{A_n}$$

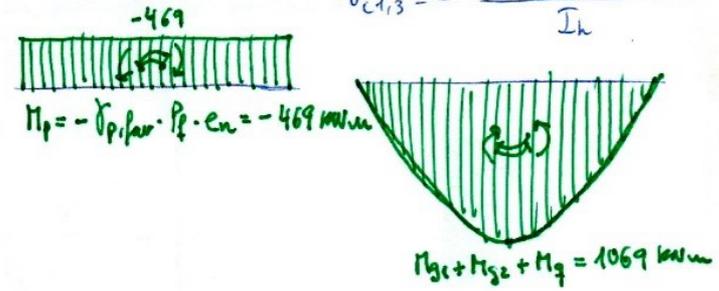
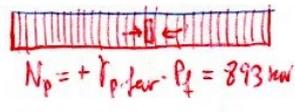
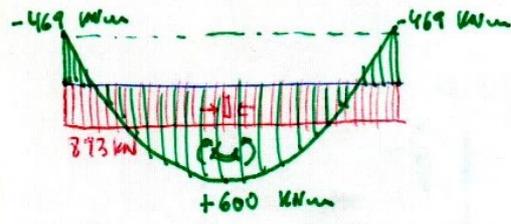
$$\sigma_{c2,2} = - \frac{\gamma_p \cdot f_{av} \cdot P_f \cdot e_n \cdot \gamma_{2n}}{I_n} = \frac{M_p \cdot \gamma_{2n}}{I_n}$$

$$\sigma_{c2,3} = + \frac{(M_{g1} + M_{g2} + M_g) \cdot \gamma_{2h}}{I_h}$$



$$\sigma_{c1,2} = + \frac{\gamma_p \cdot f_{av} \cdot P_f \cdot e_n \cdot \gamma_{1n}}{I_n} = \frac{M_p \cdot \gamma_{1n}}{I_n}$$

$$\sigma_{c1,3} = - \frac{(M_{g1} + M_{g2} + M_g) \cdot \gamma_{1h}}{I_h}$$



4.4 - Comprobación de tensiones

Compresión: $5'22 < 30 \rightarrow$ CUMPLE

Tensión: $|-2'49| < 4'07 \rightarrow$ CUMPLE