

COMPROBACIÓN VIGA DE HORMIGÓN ARMADO

Se realiza la comprobación de una viga armada con las siguientes características

- Viga de hormigón: 30x50
- Armado superior : 2 ϕ 16mm
- Armado inferior : 3 ϕ 20mm
- Armado transversal : 1e ϕ 8A25cm

1 GEOMETRÍA

La geometría del forjado y las distancias quedan determinadas en la siguiente figura

$$L := 5 \text{ m}$$

Luz de cálculo

$$L_T := \frac{(4 \text{ m} + 4.5 \text{ m})}{2} = 4.3 \text{ m}$$

Ámbito tributario

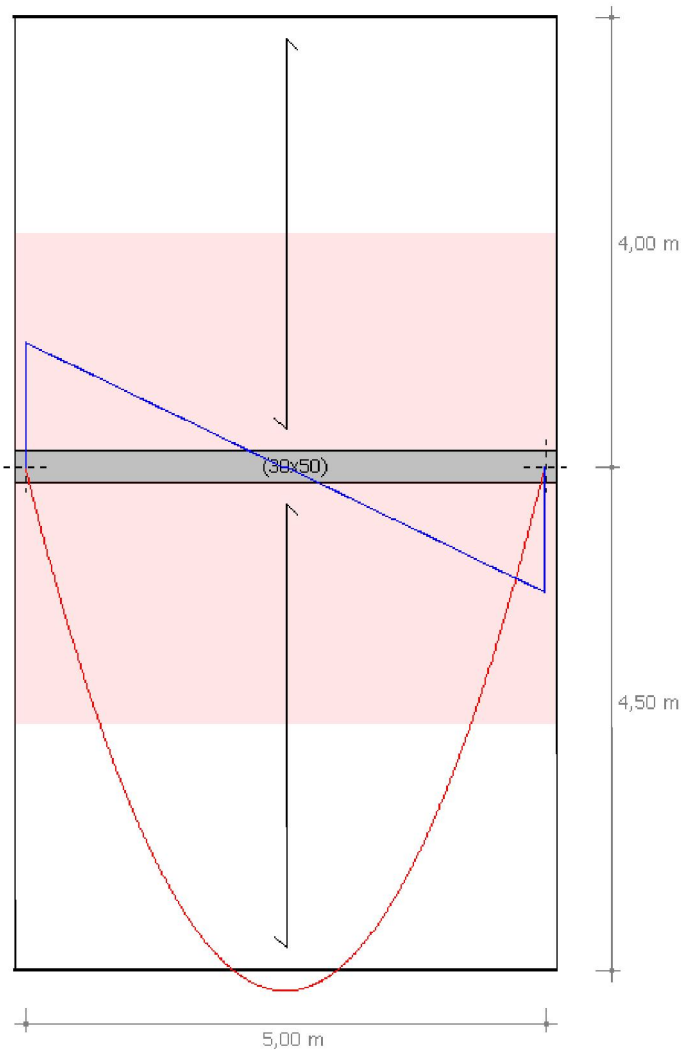


Imagen del programa
ALTRA PLUS

2 ACCIONES

El estado de cargas para un uso residencial y considerando pavimento y tabiquería.

$$Q := 2 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Sobrecarga de uso}$$

$$G_{pav} := 1 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Carga de pavimento}$$

$$G_{tab} := 1 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Carga de tabiquería}$$

$$PP_f := 3 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Peso propio de forjado}$$

$$PP_v := 25 \frac{kN}{m^3} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m} = 3.8 \frac{kN}{m} \quad \text{Peso propio de viga}$$

3 MATERIAL

Hormigón

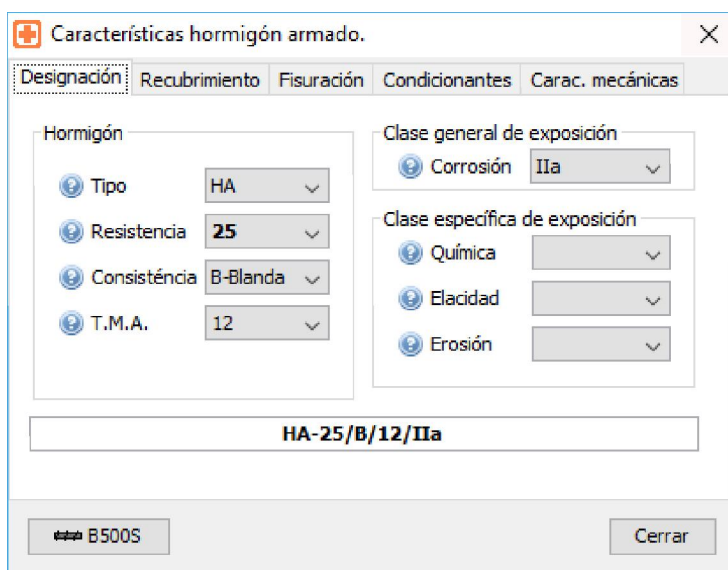
$$f_{ck} := 25 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia característica del hormigón}$$

$$f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 33 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia media del hormigón}$$

Acero

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad \text{Límite elástico característico del acero}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad \text{Módulo elástico acero}$$



Designación: HA-25/B/12/IIa

Imagen del programa
ALTRA PLUS

4 SEGURIDAD

$\gamma_c := 1.5$ Coeficiente de minoración del hormigón

$\gamma_s := 1.15$ Coeficiente de minoración del acero

5 PRESTACIONES DE DISEÑO

Hormigón

$\alpha_{cc} := 1$ Factor de cansancio del hormigón

$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16.7 \text{ MPa}$ Resistencia de cálculo del hormigón

Acero

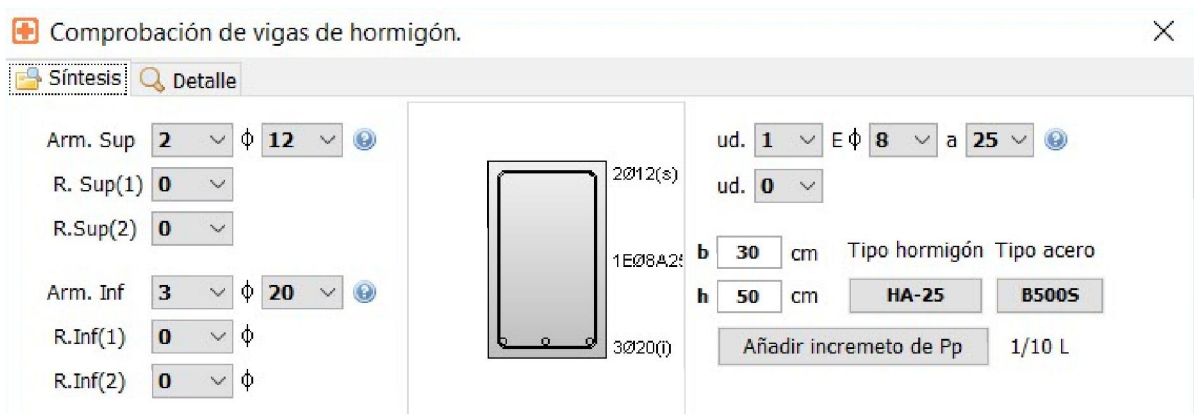
$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \text{ MPa}$ Resistencia de cálculo del acero

6 PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN

Sección de hormigón

$b := 30 \text{ cm}$ Ancho viga

$h := 50 \text{ cm}$ Canto viga



Comprobación de vigas de hormigón.

Síntesis Detalle

Arm. Sup 2 ϕ 12

R. Sup(1) 0

R. Sup(2) 0

Arm. Inf 3 ϕ 20

R. Inf(1) 0 ϕ

R. Inf(2) 0 ϕ

ud. 1 EØ 8 a 25

ud. 0

b 30 cm Tipo hormigón Tipo acero

h 50 cm HA-25 B500S

Añadir incremento de Pp 1/10 L

Imagen del programa
ALTRA PLUS

ARMADURA SUPERIOR A_{s2}

$n_{s2} := 2$ Número de barras

$\phi_{s2} := 12 \text{ mm}$ Diámetro armadura

$A_{s2} := n_{s2} \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{s2}^2}{4} = 2.3 \text{ cm}^2$ Area armadura

ARMADURA INFERIOR A_{s1}

$n_{s1} := 3$ Número de barras

$\phi_{s1} := 20 \text{ mm}$ Diámetro armadura

$A_{s1} := n_{s1} \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{s1}^2}{4} = 9.4 \text{ cm}^2$ Area armadura

Recubrimiento geométrico, según 37.2.4 EHE-08

El recubrimiento geométrico es la distancia del paramento exterior a la armadura

$r_{min} := 15 \text{ mm}$ Recubrimiento mínimo geométrico

$\Delta r := 10 \text{ mm}$ Incremento, función del tipo de control de ejecución

$r_{nom} := r_{min} + \Delta r = 25 \text{ mm}$ Recubrimiento geométrico nominal

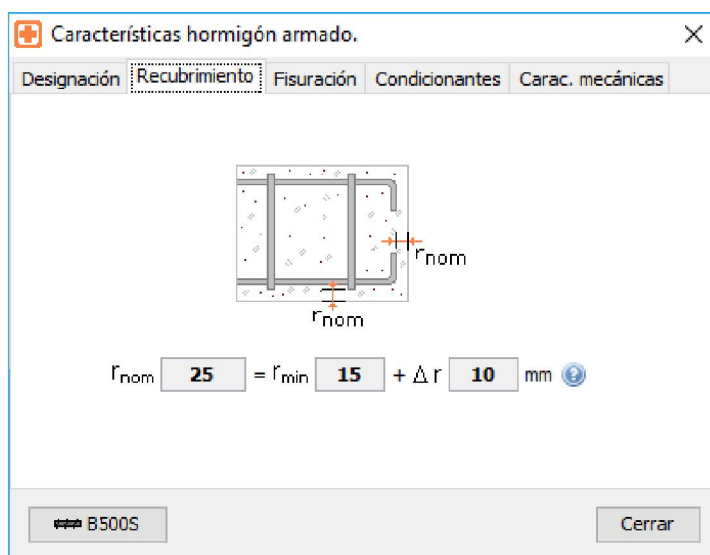


Imagen del programa
ALTRA PLUS

Recubrimiento mecánico

El recubrimiento mecánico es la distancia del paramento exterior al centro de gravedad de la armadura

$$r := 50 \text{ mm}$$

Canto útil

$$d := h - r = 450 \text{ mm}$$

$$d' := r = 50 \text{ mm}$$

Cuántía armadura superior (comprimida)

$$\rho_2 := \frac{A_{s2}}{b \cdot d} = 0.00168$$

Cuántía armadura inferior (traccionada)

$$\rho_1 := \frac{A_{s1}}{b \cdot d} = 0.007$$

7 CÁLCULO DE SOLICITACIONES

Se determina la carga lineal que aplica en la viga para cada hipótesis: Uso y Permanente G

Solicitaciones características (sin mayorar)

$$q_Q := Q \cdot L_T = 8.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Sobrecarga de uso

$$q_G := (G_{pav} + G_{tab} + PP_f) \cdot L_T + PP_v = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Peso propio y permanente

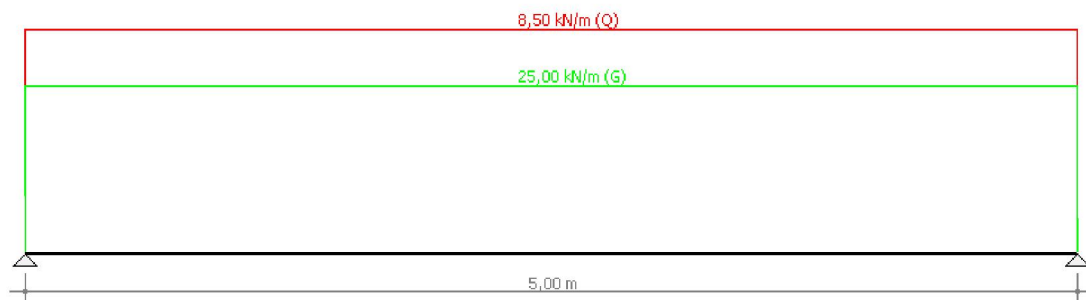


Imagen del programa
ALTRA PLUS

Solicitaciones de cálculo (mayoradas)

$$q_{Qd} := Q \cdot L_T \cdot 1.5 = 12.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Sobrecarga de uso

$$q_{Gd} := ((G_{pav} + G_{tab} + PP_f) \cdot L_T + PP_v) \cdot 1.35 = 33.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Peso propio y permanente

2.4 FLEXIÓN SIMPLE

El momento de cálculo M_d

$$M_d := \frac{(q_{Gd} + q_{Qd}) \cdot L^2}{8} = 145.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se determina la resistencia a flexión simple, según Anejo 7.3 EHE-08. Como condición del cálculo se considera fibra prefijada en x_l , tal y como se indica a continuación.

$$x_l := 0.625 \cdot d = 28.1 \text{ cm} \quad \text{Altura de la fibra neutra límite}$$

$$U_0 := f_{cd} \cdot b \cdot d = 2250 \text{ kN} \quad \text{Capacidad mecánica del hormigón}$$

El momento frontera M_f

$$M_f := 0.375 \cdot U_0 \cdot d = 379.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Capacidades mecánicas de las armaduras superiores e inferiores

$$U_{s2} := A_{s2} \cdot f_{yd} = 98.3 \text{ kN} \quad \text{Capacidad mecánica armadura superior}$$

$$U_{s1} := A_{s1} \cdot f_{yd} = 409.8 \text{ kN} \quad \text{Capacidad mecánica armadura superior}$$

El ejercicio consiste en una comprobación, según apartado 3.2 del Anejo 7 EHE-08

$$U_{s1} - U_{s2} = 311.4 \text{ kN}$$

$$U_v := 2 \cdot U_0 \cdot \frac{d'}{d} = 500 \text{ kN}$$

Si $U_{s1} - U_{s2} < U_v$ Dominio 2, y entonces el momento último M_u es

$$M_u := 0.24 \cdot U_v \cdot d' \cdot \frac{(U_v - U_{s1} + U_{s2}) \cdot (1.5 \cdot U_{s1} + U_{s2})}{(0.6 \cdot U_v + U_{s2})^2} + U_{s1} \cdot (d - d') = 169 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

En resumen,

$$M_d = 145.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Momento de sollicitación}$$

$$M_u = 169 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Mómento resistente}$$

Aprovechamiento. Se relaciona sollicitación con resistencia. Valores inferior a la unidad son aceptables.

$$\eta_1 := \frac{M_d}{M_u} = 0.86 \quad \text{Cumple}$$

Seguridad. Excedente de seguridad que se dispone, expresado en porcentaje

$$(1 - \eta_1) \cdot 100 = 14$$

Con el programa Altra Plus, se obtienen los siguientes resultados

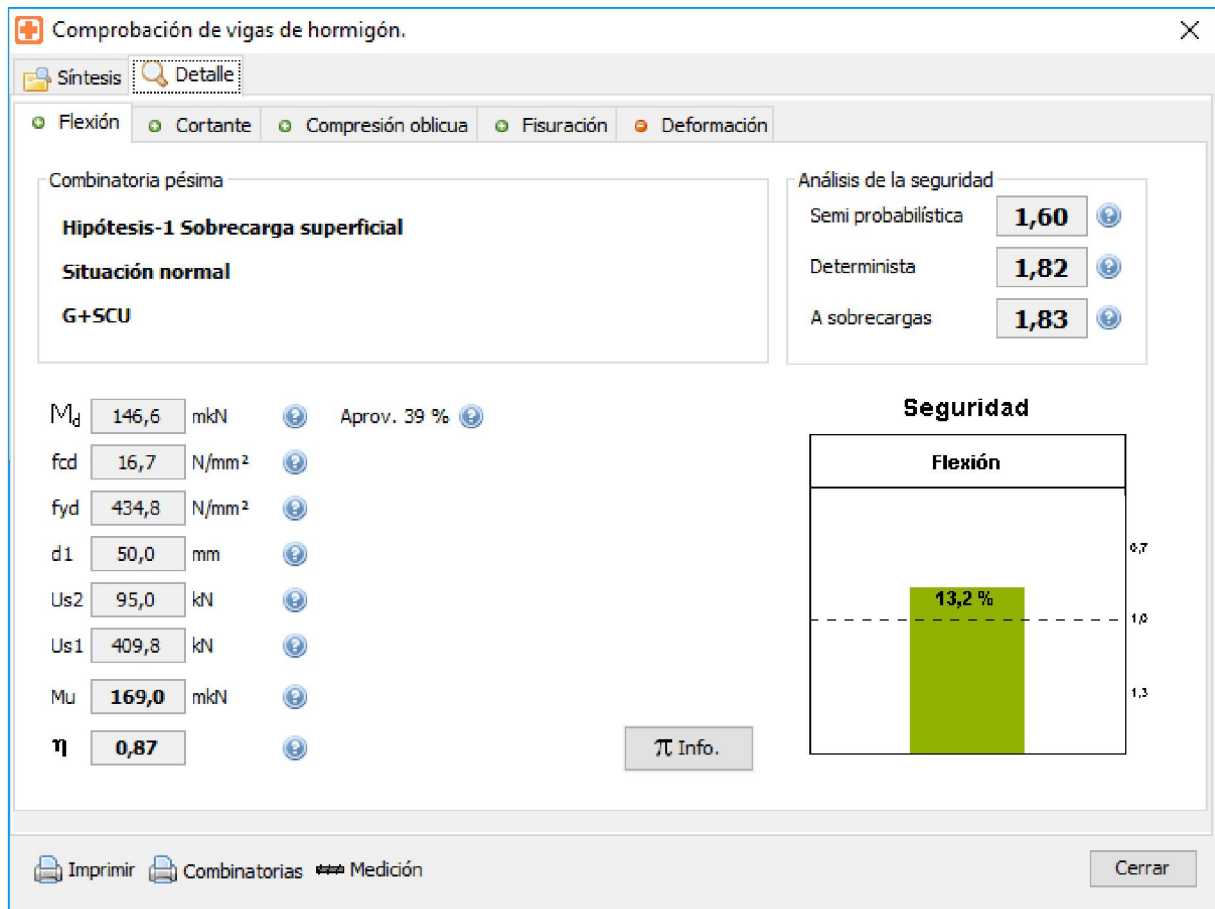


Imagen del programa
ALTRA PLUS

2.5 CORTANTE

Se comprueba el armado transversal dispuesto, según el apartado 44.2 EHE-08.

El esfuerzo de cálculo V_{rd} debe compararse con dos resistencias : V_{u1} y V_{u2} tal y como se detalla a continuación.

V_{rd} Esfuerzo de cálculo 'reducido'

Comprobaciones a realizar, según 44.2.3 EHE-08

$V_{rd} \leq V_{u1}$ Comprobación agotamiento por compresión oblicua del alma

$V_{rd} \leq V_{u2}$ Comprobación agotamiento por tracción del alma

2.5.1 COMPROBACIÓN AGOTAMIENTO POR COMPRESIÓN OBLICUA DEL ALMA $V_{rd} \leq V_{u1}$

Esta comprobación se realiza en el borde del apoyo

$$V_{rd} < V_{u1}$$

$$V_{rd} := \frac{(q_{Gd} + q_{Qd}) \cdot L}{2} = 116.3 \text{ kN} \quad \text{Esfuerzo cortante de diseño en el borde del apoyo}$$

$$V_{u1} := 0.30 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 675 \text{ kN} \quad \text{Resistencia de agotamiento por compresión oblicua del alma}$$

Aprovechamiento

$$\eta := \frac{V_{rd}}{V_{u1}} = 0.17$$

Seguridad

$$(1 - \eta) \cdot 100 = 82.8$$

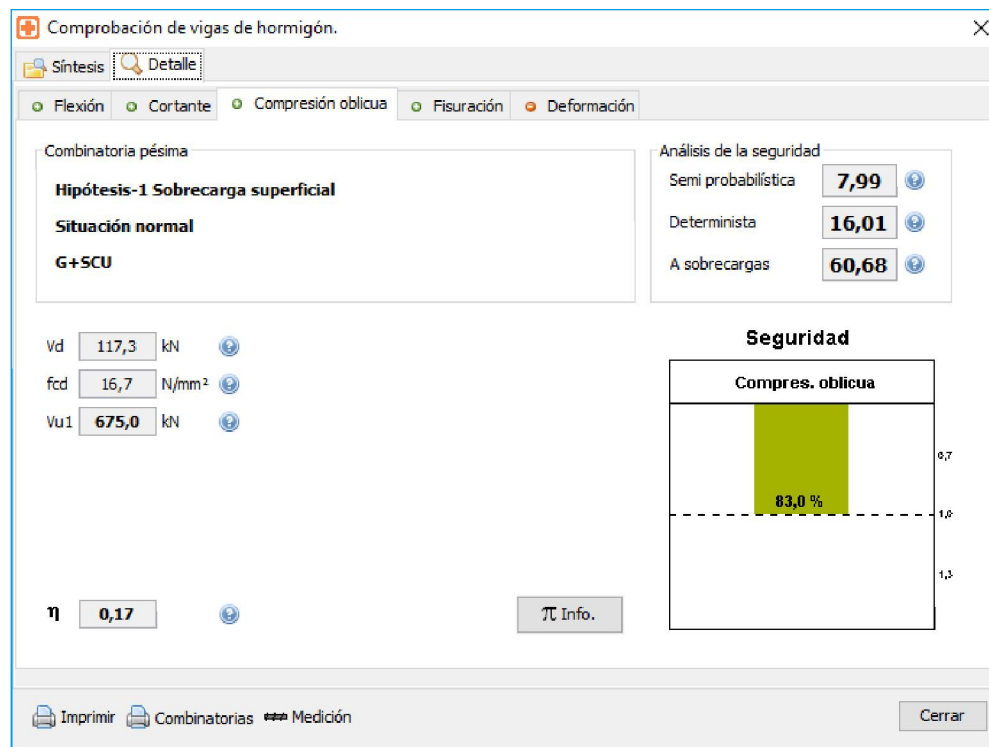


Imagen del programa
ALTRA PLUS

2.5.2 COMPROBACIÓN AGOTAMIENTO POR TRACCIÓN EN EL ALMA

La comprobación se realiza a un canto 'd' del borde del apoyo

$$V_{rd} < V_{u2}$$

V_{rd} Esfuerzo reducido de cálculo, a un canto útil 'd' del borde del apoyo

V_{u2} Resistencia por tracción en el alma

Esfuerzo cortante reducido, V_{rd}

$V_{rd} = 116.3 \text{ kN}$ Esfuerzo cortante en el borde del apoyo

$$V_{rd} := V_{rd} \cdot \left(\frac{\frac{L}{2} - d}{\frac{L}{2}} \right) = 95.3 \text{ kN} \quad \text{Esfuerzo cortante a un canto útil 'd' del borde del apoyo}$$

Resistencia a cortante por tracción en el alma, es igual a la contribución del hormigón V_{cu} y la colaboración de las armaduras transversales V_{su}

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

Contribución del hormigón V_{cu}

Según el apartado 44.2.3.2.2 EHE-08, se determina V_{cu}

El factor ξ valdrá como máximo 2. El canto útil 'd' en mm

$$\xi := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.67$$

$$\xi := \min(\xi, 2) = 1.67$$

La resistencia efectiva del hormigón a cortante f_{cv}

$$f_{cv} := f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Cuantía de armadura traccionada, $\rho_l \leq 0.02$

$$\rho_l := \frac{A_{s1}}{b \cdot h} = 0.0063 \quad \text{Cuantía de la armadura traccionada}$$

$$\rho_l := \min(\rho_l, 0.02) = 0.0063$$

Contribución del hormigón en la resistencia a esfuerzo cortante, V_{cu}

$$V_{cu} := \frac{0.15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d$$

$$V_{cu} = 56.3 \text{ kN}$$

Contribución del acero V_{su}

Según el apartado 44.2.3.2.2 EHE-08, se determina V_{su}

$$V_{su} = 0.9 \cdot \frac{d}{s_t} \cdot A_t \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd,\alpha} := 400 \text{ MPa}$$

$$A_t := 2 \cdot \frac{\pi \cdot (8 \text{ mm})^2}{4} = 100.5 \text{ mm}^2$$

Dos ramas de diámetro 8

$$s_t := 25 \text{ cm}$$

Separación entre estribos

$$V_{su} := 0.9 \cdot \frac{d}{s_t} \cdot A_t \cdot f_{yd,\alpha} = 65.1 \text{ kN}$$

Resistencia a cortante por tracción en el alma

$$V_{u2} := V_{cu} + V_{su} = 121.5 \text{ kN}$$

Aprovechamiento

$$\eta := \frac{V_{rd}}{V_{u2}} = 0.78$$

Seguridad

$$(1 - \eta) \cdot 100 = 21.5$$

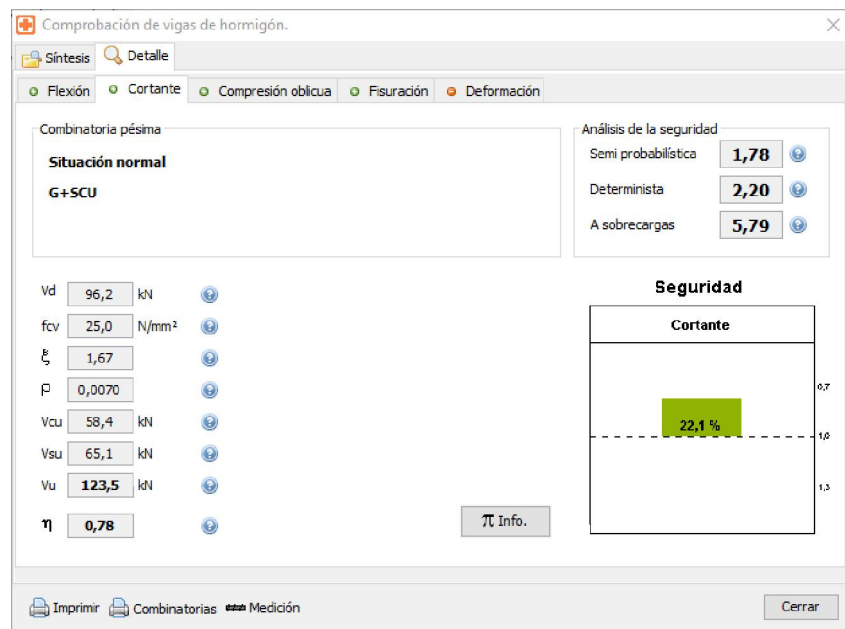


Imagen del programa
ALTRA PLUS

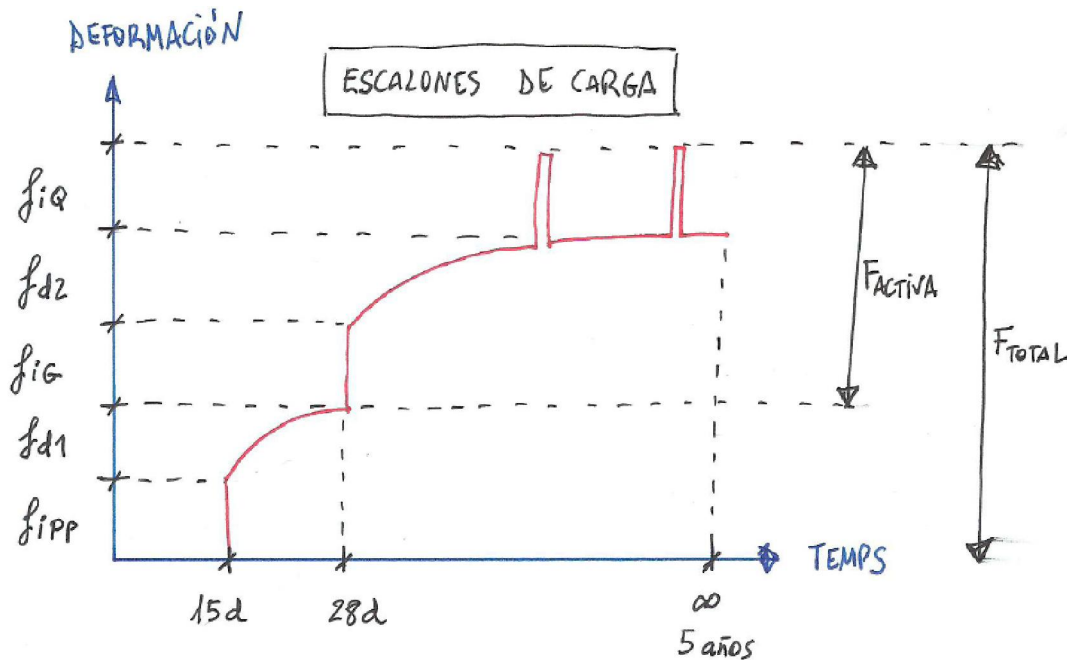
2.6 DEFORMACIÓN

En este apartado, se determinan las flechas instantáneas y flechas diferidas para cada uno de los escalones de carga aplicados. Se consideran las limitaciones de flecha definidas en la EHE-08

Los escalones de carga:

- $t=0$ días Ejecución de viga y forjado
- $t=15$ días Desencofrado.
- $t=1$ mes Colocación de pavimento, tabiquería.
- $t=3$ meses Aplicación de sobrecargas
- $t=5$ años Tiempo infinito

A continuación, se determinan las diferentes flechas: instantáneas y diferidas



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Inercia bruta

$$I_b := \frac{b \cdot h^3}{12} = 312500 \text{ cm}^4$$

Coefficiente corrector de la resistencia del hormigón debido al tiempo β_{cc}

$t := 15$	$\beta_{cc.15} := e^{\left(0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)\right)} = 0.91$	A los 15 días
$t := 28$	$\beta_{cc.28} := e^{\left(0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)\right)} = 1$	A los 28 días
$t := 90$	$\beta_{cc.90} := e^{\left(0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)\right)} = 1.12$	A los 3 meses
$t := 1800$	$\beta_{cc.\infty} := e^{\left(0.25 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)\right)} = 1.24$	A los 5 años (infinito)

Resistencia característica a compresión

$$f_{ck.15} := \beta_{cc.15} \cdot f_{ck} = 22.8 \text{ MPa}$$

$$f_{ck.28} := f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{ck.90} := \beta_{cc.90} \cdot f_{ck} = 27.9 \text{ MPa}$$

$$f_{ck.\infty} := \beta_{cc.\infty} \cdot f_{ck} = 31.1 \text{ MPa}$$

Resistencia media a compresión

$$f_{cm.15} := \beta_{cc.15} \cdot f_{cm} = 30.1 \text{ MPa}$$

$$f_{cm.28} := f_{cm} = 33 \text{ MPa}$$

$$f_{cm.90} := \beta_{cc.90} \cdot f_{cm} = 36.9 \text{ MPa}$$

$$f_{cm.\infty} := \beta_{cc.\infty} \cdot f_{cm} = 41.1 \text{ MPa}$$

Resistencia media a tracción

$$f_{ctm.15} := 0.30 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt[3]{f_{ck.15}^2} = 2.4 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm.28} := 0.30 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt[3]{f_{ck.28}^2} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm.90} := 0.30 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt[3]{f_{ck.90}^2} = 2.8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm.\infty} := 0.30 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt[3]{f_{ck.\infty}^2} = 3 \text{ MPa}$$

Resistencia media a flexo-tracción

$$f_{ctmfl.15} := \max\left(\left(1.6 - \frac{h}{1000 \text{ mm}}\right) \cdot f_{ctm.15}, f_{ctm.15}\right) = 2.7 \text{ MPa}$$

$$f_{ctmfl.28} := \max\left(\left(1.6 - \frac{h}{1000 \text{ mm}}\right) \cdot f_{ctm.28}, f_{ctm.28}\right) = 2.8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctmfl.90} := \max\left(\left(1.6 - \frac{h}{1000 \text{ mm}}\right) \cdot f_{ctm.90}, f_{ctm.90}\right) = 3 \text{ MPa}$$

$$f_{ctmfl.\infty} := \max\left(\left(1.6 - \frac{h}{1000 \text{ mm}}\right) \cdot f_{ctm.\infty}, f_{ctm.\infty}\right) = 3.3 \text{ MPa}$$

Módulo resistente de la sección bruta respecto a la fibra extrema en tracción, W_b

$$W_b := \frac{b \cdot h^2}{6} = 12500 \text{ cm}^3$$

Momento de fisuración

$$M_{f.15} := f_{ctmfl.15} \cdot W_b = 33.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{f.28} := f_{ctmfl.28} \cdot W_b = 35.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{f.90} := f_{ctmfl.90} \cdot W_b = 38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{f.\infty} := f_{ctmfl.\infty} \cdot W_b = 40.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Módulo de deformación longitudinal

$$E_{cm} := 8500 \text{ MPa}^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt[3]{f_{cm}} = 27264 \text{ MPa}$$

$$E_{cm.15} := \left(\frac{f_{cm.15}}{f_{cm.28}}\right)^{0.3} \cdot E_{cm} = 26525.3 \text{ MPa}$$

$$E_{cm.28} := E_{cm} = 27264 \text{ MPa}$$

$$E_{cm.90} := \left(\frac{f_{cm.90}}{f_{cm.28}}\right)^{0.3} \cdot E_{cm} = 28183.5 \text{ MPa}$$

$$E_{cm.\infty} := \left(\frac{f_{cm.\infty}}{f_{cm.28}}\right)^{0.3} \cdot E_{cm} = 29113.9 \text{ MPa}$$

FLECHA INSTANTANEA - FORJADO (15 días) $f_{i,PP}$

La flecha producida por el peso propio del forjado, descimbrado en instante $t=15d$

$$q_{PP} := PP_f \cdot L_T + PP_v = 16.5 \frac{kN}{m}$$

$$M_{a,PP} := \frac{q_{PP} \cdot L^2}{8} = 51.6 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{f,15} = 33.2 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{a,PP} > M_{f,15}$$

Por tanto, la sección se encuentra fisurada. Utilizaremos la inercia de Branson para determinar la flecha instantánea

$$n_{15} := \frac{E_s}{E_{cm,15}} = 7.5$$

Posición de la fibra neutra

$$X_{15} := n_{15} \cdot \rho_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \frac{d'}{d}\right)}{n_{15} \cdot \rho_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^2}}\right) \cdot d = 121.5 \text{ mm}$$

Inercia fisurada

$$I_{f,15} := n_{15} \cdot A_{s1} \cdot (d - X_{15}) \cdot \left(d - \frac{X_{15}}{3}\right) + n_{15} \cdot A_{s2} \cdot (X_{15} - d') \cdot \left(\frac{X_{15}}{3} - d'\right) = 95493.2 \text{ cm}^4$$

Inercia equivalente

$$I_{e,PP} := \left(\frac{M_{f,15}}{M_{a,PP}}\right)^3 \cdot I_b + \left(1 - \left(\frac{M_{f,15}}{M_{a,PP}}\right)^3\right) \cdot I_{f,15} = 153314.9 \text{ cm}^4$$

Flecha instantánea - Peso propio forjado

$$f_{i,PP} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{PP} \cdot L^4}{E_{cm,15} \cdot I_{e,PP}} = 3.3 \text{ mm}$$

FLECHA INSTANTANEA - PAVIMENTO Y TABIQUERÍA (28 días) $f_{i.G}$

La flecha producida por el peso del pavimento y tabiquería, carga aplicada en el instante $t=28$ días

$$q_G := (PP_f + G_{pav} + G_{tab}) \cdot L_T + PP_v = 25 \frac{kN}{m}$$

$$M_{a.G} := \frac{q_G \cdot L^2}{8} = 78.1 \text{ kN} \cdot m$$

Coefficiente de equivalencia, n

$$n_{28} := \frac{E_s}{E_{cm.28}} = 7.3$$

Posición de la fibra neutra

$$X_{28} := n_{28} \cdot \rho_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \frac{d'}{d}\right)}{n_{28} \cdot \rho_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^2}}\right) \cdot d = 120.1 \text{ mm}$$

Inercia fisurada

$$I_{f.28} := n_{28} \cdot A_{s1} \cdot (d - X_{28}) \cdot \left(d - \frac{X_{28}}{3}\right) + n_{28} \cdot A_{s2} \cdot (X_{28} - d') \cdot \left(\frac{X_{28}}{3} - d'\right) = 93383.2 \text{ cm}^4$$

Inercia equivalente

$$I_{e.G} := \left(\frac{M_{f.28}}{M_{a.G}}\right)^3 \cdot I_b + \left(1 - \left(\frac{M_{f.28}}{M_{a.G}}\right)^3\right) \cdot I_{f.28} = 113541.7 \text{ cm}^4$$

Flecha instantanea - Pavimento y tabiquería

$$f_{i.G} := \frac{5}{384} \cdot \frac{(G_{pav} + G_{tab}) \cdot L_T \cdot L^4}{E_{cm.28} \cdot I_{e.G}} = 2.2 \text{ mm}$$

FLECHA INSTANTANEA - SOBRECARGA DE USO (90 días) $f_{i,Q}$

La flecha producida por la sobrecarga de uso, carga aplicada de manera instantanea a partir de $t=90d$ (3meses)

$$q_Q := (PP_f + G_{pav} + G_{tab} + Q) \cdot L_T + PP_v = 33.5 \frac{kN}{m}$$

$$M_{a,Q} := \frac{q_Q \cdot L^2}{8} = 104.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Coefficiente de equivalencia, n

$$n_{90} := \frac{E_s}{E_{cm,90}} = 7.1$$

Posición de la fibra neutra

$$X_{90} := n_{90} \cdot \rho_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \frac{d'}{d}\right)}{n_{90} \cdot \rho_1 \cdot \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^2}}\right) \cdot d = 118.5 \text{ mm}$$

Inercia fisurada

$$I_{f,90} := n_{90} \cdot A_{s1} \cdot (d - X_{90}) \cdot \left(d - \frac{X_{90}}{3}\right) + n_{90} \cdot A_{s2} \cdot (X_{90} - d') \cdot \left(\frac{X_{90}}{3} - d'\right) = 90890.9 \text{ cm}^4$$

Inercia equivalente

$$I_{e,Q} := \left(\frac{M_{f,90}}{M_{a,Q}}\right)^3 \cdot I_b + \left(1 - \left(\frac{M_{f,90}}{M_{a,Q}}\right)^3\right) \cdot I_{f,90} = 101461.1 \text{ cm}^4$$

Flecha instantánea - Sobrecarga de uso

$$f_{i,Q} := \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot L_T \cdot L^4}{E_{cm,90} \cdot I_{e,Q}} = 2.4 \text{ mm}$$

Flecha diferida - Peso propio forjado. 15d - 28d f_{d1}

$$\xi_{15} := 0.5 \quad \xi_{28} := 0.7$$

$$\rho_2 = 0.0017 \quad \text{Cuantía armadura comprimida}$$

$$\lambda_1 := \frac{\xi_{28} - \xi_{15}}{1 + 50 \cdot \rho_2} = 0.2$$

$$f_{d1} := \lambda_1 \cdot f_{i,PP} = 0.6 \text{ mm}$$

Flecha diferida - Peso propio forjado, pavimento y tabiquería. 28d - 5años f_{d2}

$$\xi_{28} := 0.7 \quad \xi_{\infty} := 2$$

$$\rho_2 = 0.0017 \quad \text{Cuantía armadura comprimida}$$

$$\lambda_2 := \frac{\xi_{\infty} - \xi_{28}}{1 + 50 \cdot \rho_2} = 1.2$$

$$\lambda_3 := \frac{\xi_{\infty}}{1 + 50 \cdot \rho_2} = 1.8$$

$$f_{d2} := f_{i,PP} \cdot \lambda_2 + f_{i,G} \cdot \lambda_3 = 8.1 \text{ mm}$$

FLECHA TOTAL f_{tot}

$$f_{tot} := f_{i,PP} + f_{d1} + f_{i,G} + f_{d2} + f_{i,Q} = 16.6 \text{ mm}$$

$$f_{tot.lim} := \min\left(\frac{L}{250}, \frac{L}{500} + 1 \text{ cm}\right) = 20 \text{ mm} \quad \text{Cumple}$$

FLECHA ACTIVA f_{act}

$$f_{act} := f_{tot} - f_{i,PP} - f_{d1} = 12.7 \text{ mm}$$

$$f_{act.lim} := \frac{L}{400} = 12.5 \text{ mm} \quad \text{No Cumple}$$