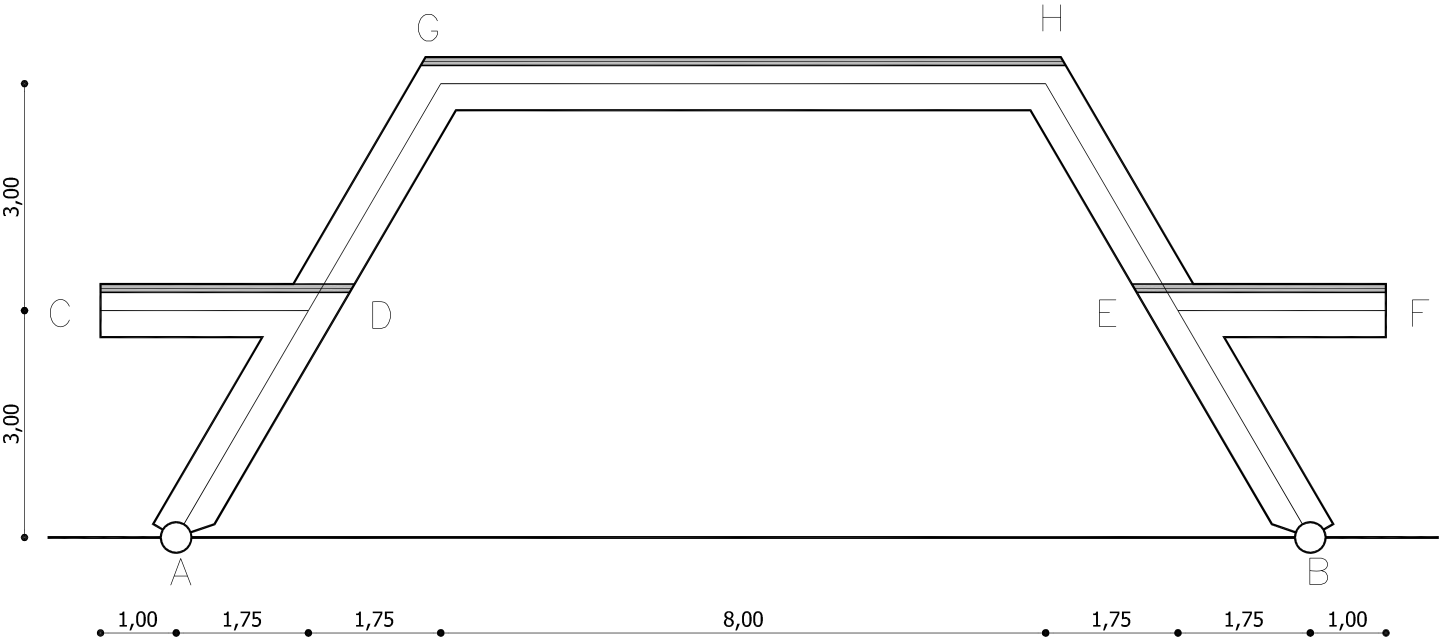
ESTABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES II

Parte escrita del examen.
27-03-03



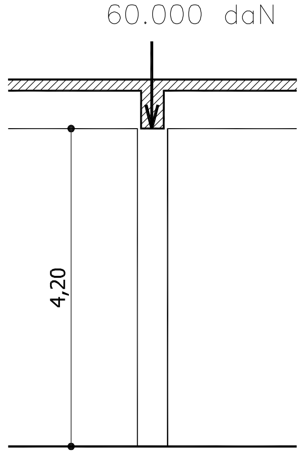
Todos los tramos tienen una sección de 20 x 70 cm.

Sobre CD, GH y EF, las losas macizas de 11 cm de espesor, descargan 2400daN/m.

Estudiar la costilla de hormigón armado que se indica en el gráfico trazando los diagramas de solicitaciones de todos los tramos. Indicar reacciones en los apoyos y verificar las secciones más comprometidas, proponiendo ajustes en caso de ser necesario.

80%

Estudiar el pilar que se indica verificando su viabilidad y proponiendo ajustes en caso de ser necesarios.



Características:

1) Luz de Pandeo: l_0 = 4,20m (En ambos planos)

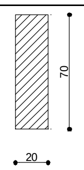
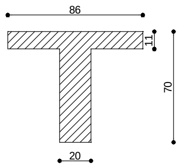
2) Sección Rectangular de 25 x 40 cm.

3) Las vigas descargan sobre la cabeza del pilar 60.000daN.

Estudiar una variante con sección circular, proponiendo el diámetro y verificando su viabilidad.

20%

Determinación de los coeficientes α y β, y las rigideces de los tramos:

TRAMO	$Li(m)$	Tipo de Sección	Im_i	$I_r = \frac{\mathrm{Im}_i}{I_{MIN}}$	$\chi = \frac{I_r}{L_i}$	α_i	$\alpha_i \cdot \chi$	β
AG	6,95		$\frac{20.70^3}{12}$	1	0,144	0,75	0,108	0
GH	8		$\frac{0,404.86.70^3}{12}$	1,737	0,217	1	0,217	0,5

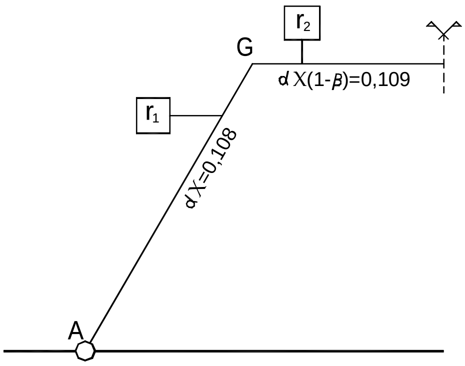
Barra GH:

$$b_e = 6.h_f + b_w = 6.11 + 20 = 86cm$$

Cálculo de la inercia por medio de la Tabla III-4:

$$\xi' = \frac{h_f}{h} = \frac{11}{70} = 0{,}157$$
$$\xi = \frac{b_w}{b_e} = \frac{20}{86} = 0{,}233$$
$$\Rightarrow \psi = 0{,}404 \Rightarrow \quad I_m = \frac{\psi.b_e.h^3}{12} = \frac{0{,}404.86.70^3}{12}$$

Determinación de los Coeficientes de Repartición:



Nudo G:

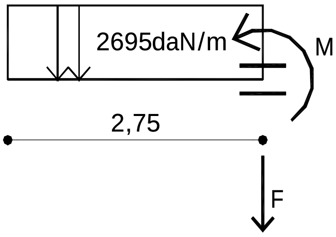
$$\sum \alpha_i.\chi_i = 0{,}108 + 0{,}217(1-0{,}5) = 0{,}217$$

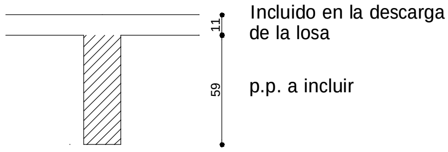
$$r_1 = \frac{0{,}108}{0{,}217} = 0{,}50$$

$$r_2 = \frac{0{,}109}{0{,}217} = 0{,}50$$

Determinación de Cargas:

Ménsula





$$p.p. = 0{,}59 \times 0{,}20 \times 2500 = 295 daN/m$$

Descarga de la losa = $2400 daN/m$

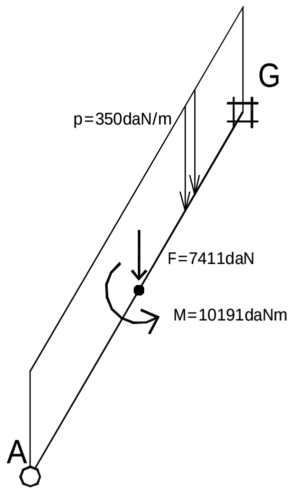
Total = $2695 daN/m$

$$F = 2695 \times 2{,}75 = 7411 daN$$

$$M = \frac{2695 \times 2{,}75^2}{2} = 10191 daN.m$$

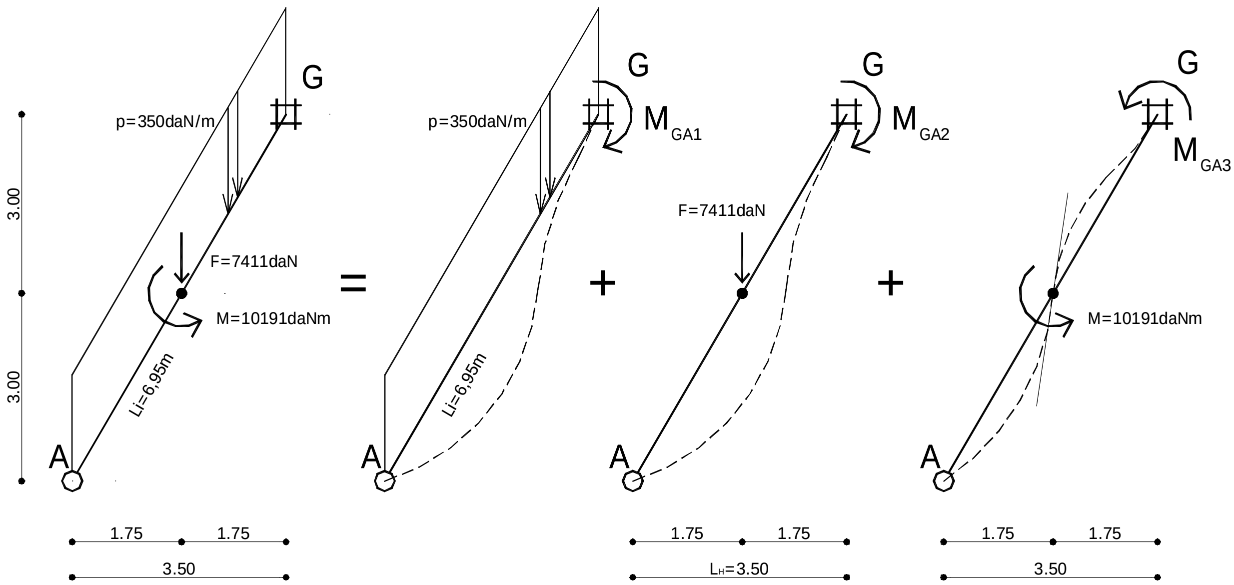
<u>Determinación de los Momentos Freno:</u>

<u>Barra AG:</u>



$$p.p. = 0{,}20 \times 0{,}70 \times 2500 = 350 daN/m$$

Por Principio de Superposición:



$$M_{GA} = M_{GA1} + M_{GA2} - M_{GA3}$$

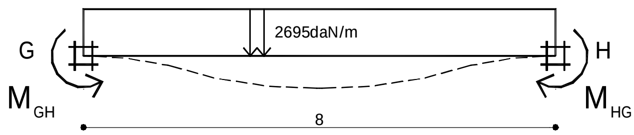
$$M_{GA1} = \frac{p.L_i.L_H}{8} = \frac{350.6{,}95.3{,}5}{8} = 1064 daN.m$$

$$M_{GA2} = \frac{3}{16}.F.L_H = \frac{3}{16}.7411.3{,}5 = 4864 daN.m$$

$$M_{GA3} = \frac{M}{2}\left(1 - 3\frac{a^2}{{L_H}^2}\right) = \frac{10191}{2}\left(1 - 3\frac{1{,}75^2}{3{,}5^2}\right) = 1274 daN.m$$

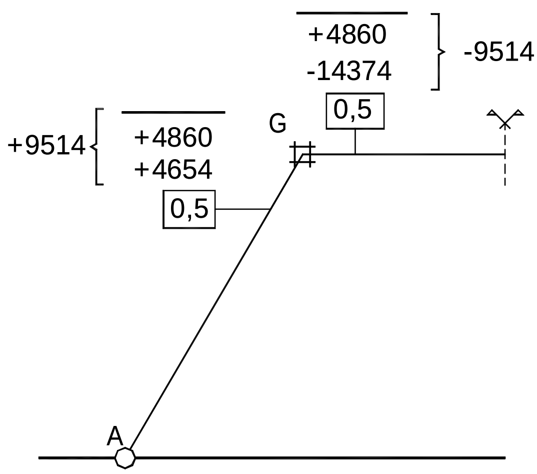
$$M_{GA} = 1064 + 4864 - 1274 = 4654 daN.m$$

<u>Barra GH:</u>



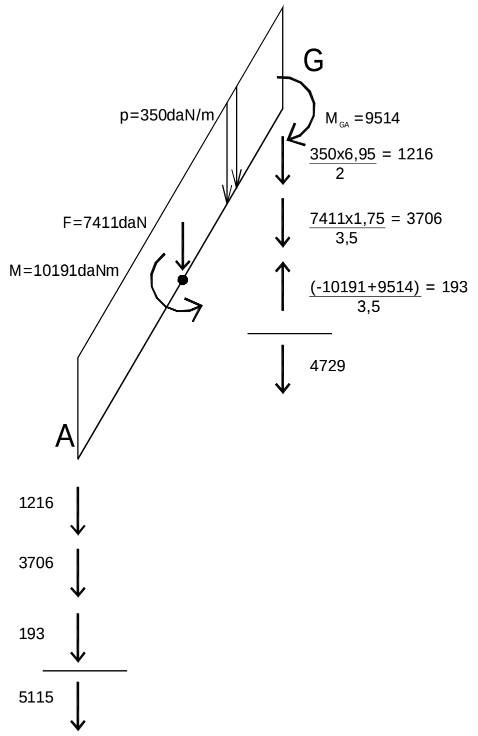
$$M_{GH} = M_{HG} = \frac{2695.8^2}{12} = 14374 daN.m$$

<u>Artificio de Cross:</u>

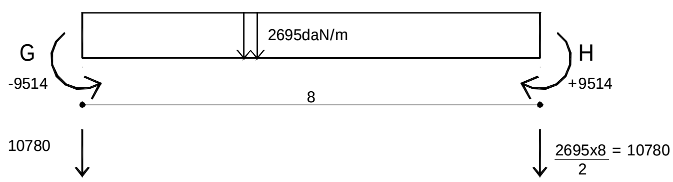


Descargas en los nodos:

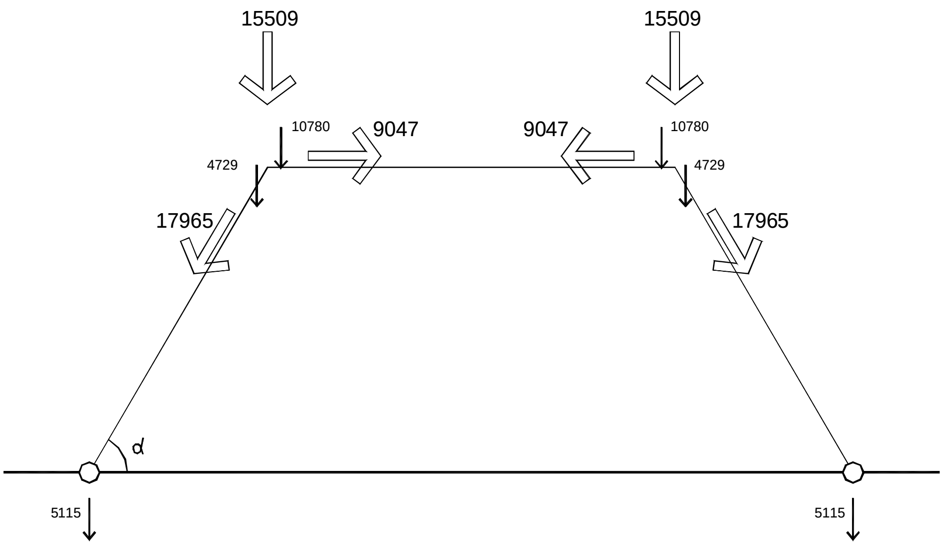
Barra AG:

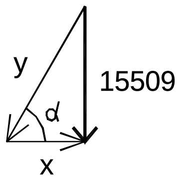


Barra GH:



Descargas totales de la estructura y descomposición según caminos materiales:





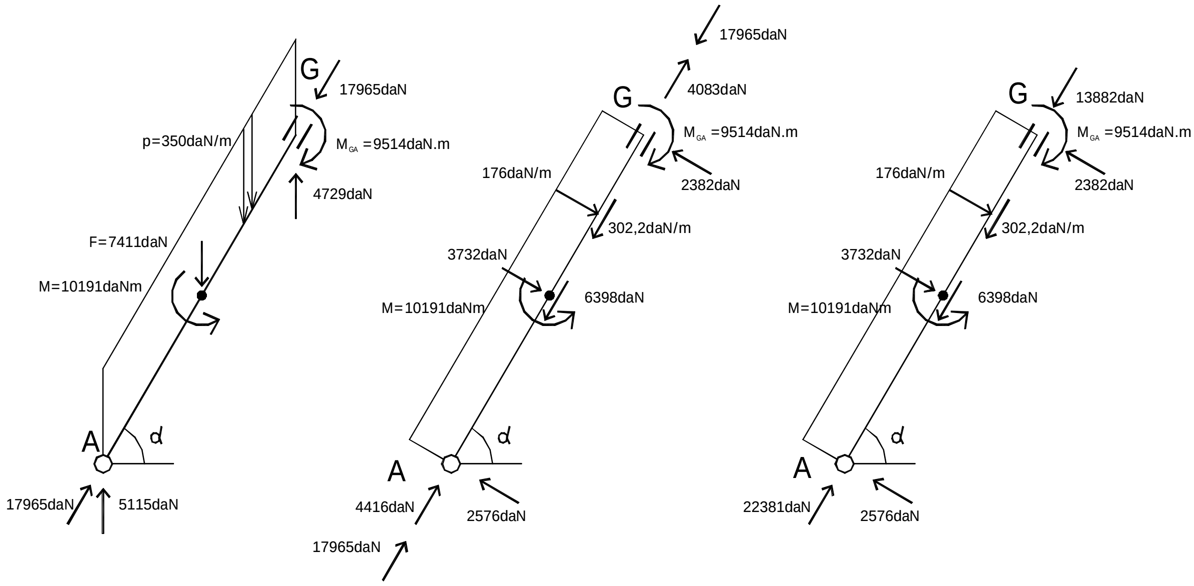
$$sen\alpha = \frac{15509}{y} = \frac{6}{6{,}95} \Rightarrow y = \frac{15509.6{,}95}{6} = 17965daN$$

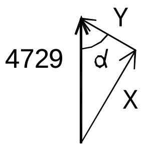
$$tg\alpha = \frac{15509}{x} = \frac{6}{3{,}5} \Rightarrow x = \frac{15509.3{,}5}{6} = 9047daN$$

Todas las descargas encuentran su equilibrio, no hay segundo Cross.
0

<u>Equilibrio de cada tramo y Diagrama de Solicitaciones:</u>

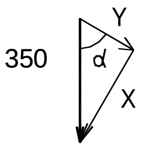
<u>Barra AG:</u>





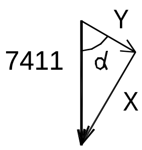
$$sen\alpha = \frac{x}{4729} = \frac{6}{6{,}95} \Rightarrow x = \frac{4729.6}{6{,}95} = 4083daN$$

$$\cos\alpha = \frac{y}{4729} = \frac{3{,}5}{6{,}95} \Rightarrow y = \frac{4729.3{,}5}{6{,}95} = 2382daN$$



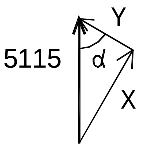
$$x = \frac{350.6}{6{,}95} = 302{,}2daN$$

$$y = \frac{350.3{,}5}{6{,}95} = 176daN$$



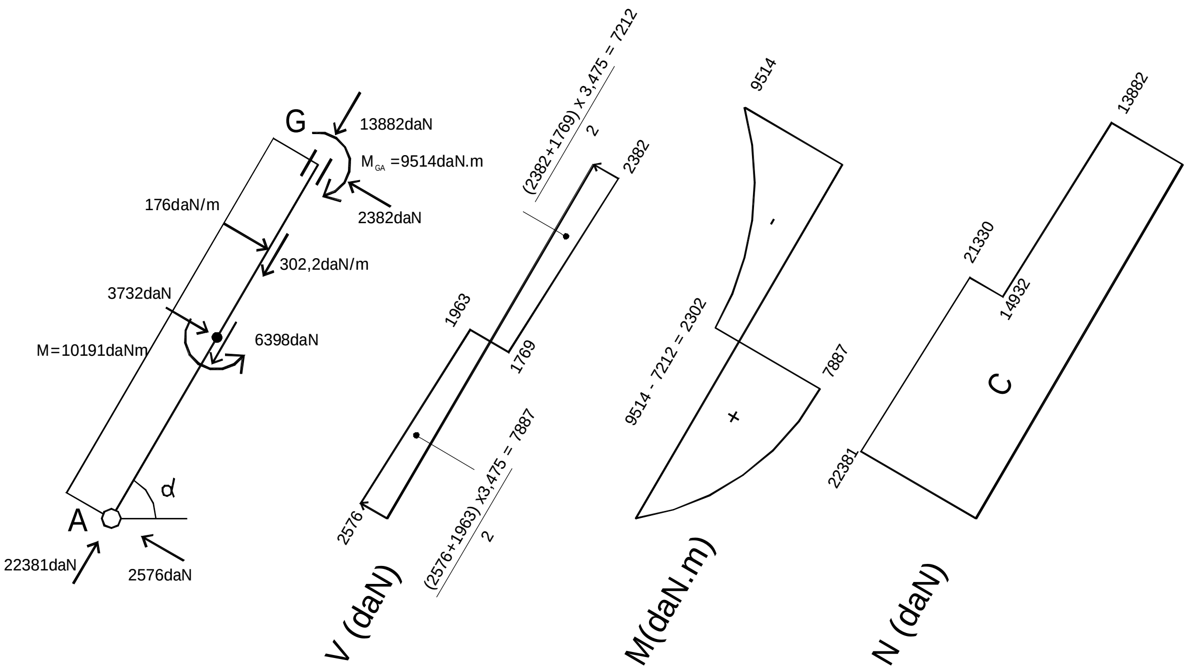
$$x = \frac{7411.6}{6{,}95} = 6398daN$$

$$y = \frac{7411.3{,}5}{6{,}95} = 3732daN$$

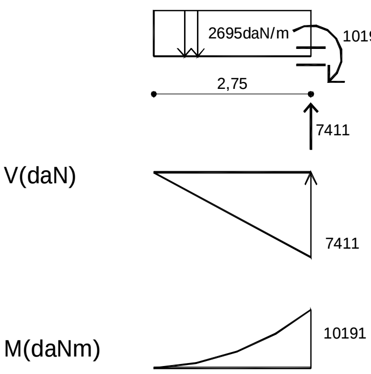


$$x = \frac{5115.6}{6{,}95} = 4416daN$$

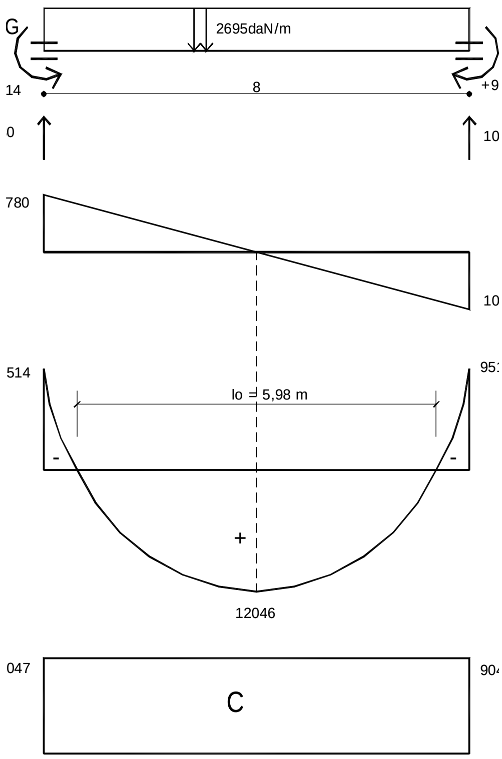
$$y = \frac{5115.3{,}5}{6{,}95} = 2576daN$$



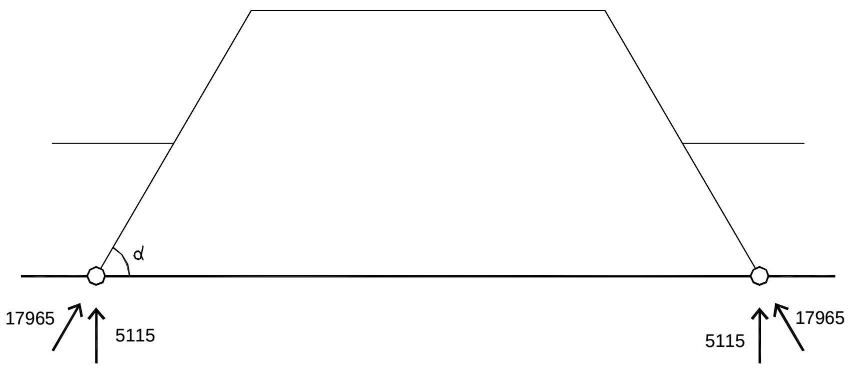
Ménsula:

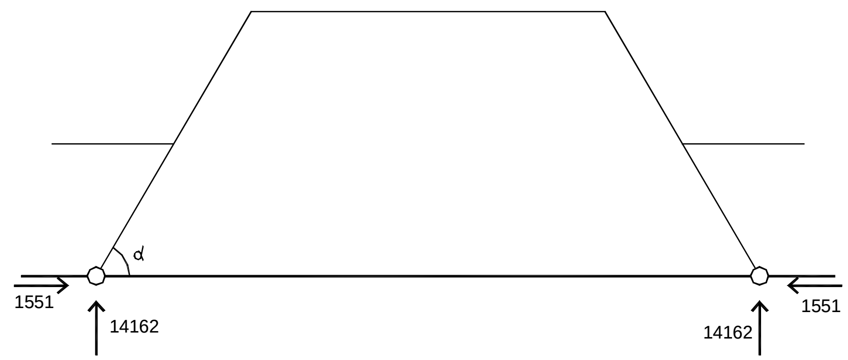


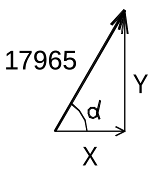
Barra GH:



Reacciones en Apoyos:







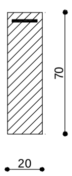
$$\cos\alpha = \frac{x}{17965} = \frac{3,5}{6,95} \Rightarrow x = \frac{17965.3,5}{6,95} = 9047daN$$

$$sen\alpha = \frac{y}{17965} = \frac{6}{6,95} \Rightarrow y = \frac{17965.6}{6,95} = 1551daN$$

<u>Verificación de las secciones más comprometidas:</u>

AL MOMENTO FLECTOR (combinado con axil de compresión)
<u>Barra AG:</u>

Apoyo



$$M = 9514 daN.m \Rightarrow M_d = 15222 daN.m$$

$$N_{Comp.} = 13882 daN \Rightarrow N_d = 22211 daN$$

$$e = \frac{M_d}{N_d} = \frac{15222}{22211} = 0{,}685m$$

$$\frac{h}{2} = \frac{0{,}70}{2} = 0{,}35m$$

$$\Rightarrow e \rangle \frac{h}{2} \Rightarrow$$ Caso de presoflexión Gran Excentricidad

$$M_{ad} = M_d + \frac{N_d . Z_s}{2} = 15222 + \frac{22211.0{,}64}{2} = 22330 daN.m = 2233000 daN.cm$$

$$M_{dLIM} = 0{,}332.b.d^2.fcd = 0{,}332.20.67^2.100 = 2980696 daN.cm$$

$\Rightarrow M_{ad} \langle M_{dLIM} \Rightarrow$ Solución Simplemente Armada

$$\mu_{ad} = \frac{M_{ad}}{b.d^2.fcd} = \frac{2233000}{20.67^2.100} = 0{,}249 \Rightarrow \omega = 0{,}306$$

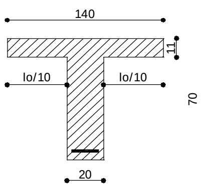
$$A_{S1} = \omega.b.d.\frac{fcd}{fyd} - \frac{N_d}{fyd} = 0{,}306.20.67.\frac{100}{3650} - \frac{22211}{3650} = 5{,}2cm^2$$

Viabilidad:

$$\frac{A_{S1}}{b.d} = \frac{5{,}2}{20.67} = 0{,}00384 \langle 0{,}018 \Rightarrow Viable$$

<u>Barra GH:</u>

Tramo



$$M = 12046 daN.m \Rightarrow M_d = 19274 daN.m$$

$$N_{Comp.} = 9047 daN \Rightarrow N_d = 14475 daN$$

Determinación de b_e :

$$\frac{l_0}{2} = \sqrt{\frac{2M_0}{P}} \qquad \frac{l_0}{2} = \sqrt{\frac{2 \times 12046 \, daNm}{2695 \, daN/m}} = 2{,}99m$$

$$l_0 = 5{,}98m \quad \Rightarrow \quad \frac{l_0}{10} \cong 0{,}60m$$

$$b_e = 0{,}60 + 0{,}20 + 0{,}60 = 140cm$$

$$e=\frac{M_d}{N_d}=\frac{19274}{14475}=1{,}332m$$
$$\frac{h}{2}=\frac{0{,}70}{2}=0{,}35m$$

$$\Rightarrow e\rangle\frac{h}{2}\Rightarrow$$ Caso de presoflexión de Gran Excentricidad

$$M_{ad}=19274+\frac{14475\times 0.64}{2}=23906daN.m$$

$$\mu_{ad}=\frac{2390600daN.cm}{140\times 67^2\times 100}=0{,}038$$

Se ingresa a la tabla de secciones nervadas bajo grandes excentricidades;
se necesita hallar:

$$\frac{hf}{d}=\frac{11}{67}=0{,}164 \quad ; \quad \frac{be}{bw}=\frac{140}{20}=7 \quad ;$$

junto con μ_{ad} se halla ω, determinándose a través de la tabla si la sección es simple o doblemente armada.

En este caso se debe interpolar para los valores de μ_{ad} solamente, y que los de ω son constantes para la variación de los otros dos parámetros de ingreso a la tabla.

μ_{ad}		ω		
0,02	-------	0,02	2	------- 2,2
0,038	-------	x	1,8	------- x – 2 = $\frac{2{,}2\times 1{,}8}{2}=1{,}98$
0,04	-------	0,042		x= 0,02 + 0,02 = 0,04 $\Rightarrow \omega=0{,}040$

La sección es simplemente armada

$$A_{S1}.\,fyd=0{,}040\times 140\times 67\times 100-14475$$
$$A_{S1}=\frac{(37520-14475)daN}{3650daN/cm^2}=6{,}31cm^2$$

Viabilidad:
En secciones nervadas se plantea:

$$\rho=\frac{As_1}{bw\times d}=\frac{6{,}31}{20\times 67}=0{,}005\ \langle\ 0{,}018\Rightarrow Viable$$

VERIFICACIÓN AL ESFUERZO CORTANTE

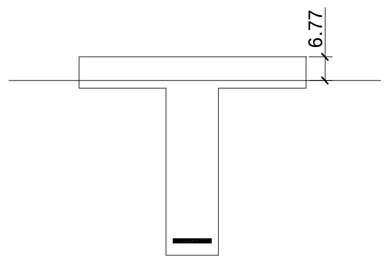
El mayor valor se ubica en las secciones G y H del tramo GH y se verificará que la sección correspondiente al alma (20 x 70) resista las compresiones.

$$Vd=10780\times 1{,}6=17248\ daN$$
$$0{,}27\times b\times d\times fcd=0{,}27\times 20\times 67\times 100=36180$$
$$Vd\ \langle\ 0{,}27\times b\times d\times fcd \quad \Rightarrow$$ sección viable

NOTA : Para la verificación de la sección nervada en el tramo existe un procedimiento alternativo que consiste en averiguar si la LN corta el alma o el ala. Para ello se la considera como sección rectangular de dimensiones $be\times h$ y se utiliza la tabla para secc. rectangulares.

Se halla $\mu_{ad} = \dfrac{Mad}{be \times d^2 \times fcd} = 0{,}038$ y se obtiene por tabla $\delta = 0{,}101$

$x = \delta . d = 0{,}101 \times 67 = 6{,}77cm \Rightarrow x \langle hf \Rightarrow$ la línea neutra corta el ala



A los efectos de determinar As_1, la sección se podrá seguir considerando como si fuese rectangular de dimensiones $be \times h$.

$\mu_{ad} = 0{,}038 \Rightarrow \omega$ (tabla de secciones rectangulares) = 0,040

$As_1 = \dfrac{0{,}040 \times 140 \times 67 \times 100 - 14475}{3650} = 6{,}31$ y

$\rho = \dfrac{As_1}{bw.d} = 0{,}005$

PILAR

A) Sección rectangular 25x40cm

$l_0 = 4{,}20m$

$Carga = 60000daN$

$p.p. = 1050daN$

$N = 61050daN$

$N_d = 97680daN$

Plano desfavorable: $\lambda = \dfrac{420}{25} = 16{,}8 \Rightarrow Zona 1$

$$e_{acc} = \frac{420}{300} = 1{,}40cm$$

$$e_a = \left(3 + \frac{3650}{3500}\right)\frac{25 + 20 \times 1{,}40}{25 + 10 \times 1{,}40} \times \frac{420^2}{25} \times 10^{-4} = 3{,}88cm$$

$$e_{TOT} = 1{,}40 + 3{,}88 = 5{,}28cm$$

$$\nu_d = \frac{97680}{25 \times 40 \times 90} = 1{,}09$$

$$\mu_d = 1{,}09 \times \frac{5{,}28}{25} = 0{,}25$$

$\dfrac{d_1}{h} = 0{,}12$

0,10 – 0,45
0,12 – **0,474**
0,15 – 0,51

$\omega \langle 0{,}5$ de acuerdo a la norma UNIT 1050 se puede proseguir el estudio.

$$\boxed{A_{S1} = A_{S2} = \frac{0{,}474 \times 25 \times 40 \times 90}{3650} = 11{,}69cm^2}$$

Plano Favorable: $\lambda = \dfrac{420}{40} = 10{,}5 \Rightarrow Zona 1$

$e_{acc} = 0$

$$e_a = \left(3 + \frac{3650}{3500}\right) \times \frac{420^2}{40} \times 10^{-4} = 1{,}78cm$$

$$e_{TOT} = 1{,}78cm$$

$\nu_d = 1{,}09$

$\mu_d = 1{,}09 \times \dfrac{1{,}78}{40} = 0{,}0485$ $\qquad \dfrac{d_1}{h} = 0{,}075$

0,05 – 0,18
0,075 – **0,185**
0,10 – 0,19

Como la norma fija que $\omega \leq 1$, y $(0{,}474 + 0{,}185) \times 2 \rangle 1$ $\Rightarrow$ se debe redimensionar

REDIMENSIONADO
Se propone aumentar el lado correspondiente al plano desfavorable.
(30 x 40) ; peso propio: 0,30 x 0,40 x 2500 x 4,20 = 1260

$$Nd = (60000 + 1260) \times 1{,}6 = 98016$$
$$l_0 = 4{,}20$$

Plano desfavorable: $\lambda = \dfrac{420}{30} = 14 \rangle 10 \Rightarrow Zona1$

$$e_{acc} = \frac{420}{300} = 1{,}40cm$$

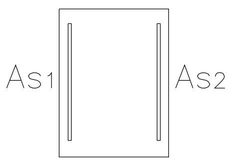
$$e_a = \left(3 + \frac{3650}{3500}\right) \frac{30 + 20 \times 1{,}40}{30 + 10 \times 1{,}40} \times \frac{420^2}{30} \times 10^{-4} = 3{,}13cm$$

$$e_{TOT} = 1{,}40 + 3{,}13 = 4{,}53cm$$

$\nu_d = \dfrac{98016}{30 \times 40 \times 90} = 0{,}91$ $\qquad \dfrac{d_1}{h} = \dfrac{3}{30} = 0{,}10 \Rightarrow \omega = 0{,}22 \langle 0{,}5$

$$\mu_d = 0{,}91 \times \frac{4{,}53}{30} = 0{,}14$$

$$\boxed{A_{S1} = A_{S2} = \frac{0{,}22 \times 30 \times 40 \times 90}{3650} = 6{,}51\, cm^2}$$



Plano favorable: $\lambda = 10{,}5 \rangle 10 \Rightarrow Zona1$

$e_{acc} = 0\; cm$

$e_a = 1{,}78\; cm$

$e_{TOT} = 1{,}78\; cm$

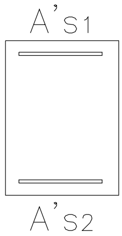
$\nu_d = 0{,}91$

$\mu_d = 0{,}91 \times \dfrac{1{,}78}{40} = 0{,}04$ $\qquad \dfrac{d_1}{h} = \dfrac{3}{40} = 0{,}075$

0,05 – 0,10
0,075 – **0,095**
0,10 – 0,09

$\omega_T = (0{,}095 + 0{,}22) \times 2 \langle 1$ $\Rightarrow$ viable por cuantía geométrica, se prosigue con el estudio

$$\boxed{A'_{S1} = A'_{S2} = \frac{0{,}095 \times 30 \times 40 \times 90}{3650} = 2{,}81cm^2}$$



VIABILIDAD POR CUANTÍA GEOMÉTRICA

$$\rho = \frac{A_{S1}}{b \times d} = \frac{6{,}51}{40 \times 27} = 0{,}006 \langle\, 0{,}018$$

$$\Rightarrow Viable$$

$$\rho = \frac{A_{STOT}}{b \times H} = \frac{(6{,}51 + 2{,}81)^2}{40 \times 30} = 0{,}016 \langle\, 0{,}045$$

B) Sección Circular Diámetro =30cm

$$Carga = 60000daN$$
$$\underline{p.p. = 742daN}$$

$$N = 60742daN$$
$$N_d = 97187daN$$

$$\lambda = 14 \rangle 9 \Rightarrow Zona1$$

$$e_{acc} = \frac{420}{300} = 1{,}40cm$$

$$e_a = \left(3{,}40 + \frac{3650}{3000}\right)\frac{30 + 20 \times 1{,}40}{30 + 10 \times 1{,}40} \times \frac{420^2}{30} \times 10^{-4} = 3{,}58cm$$

$$e_{TOT} = 1{,}40 + 3{,}58 = 4{,}98cm$$

$$\nu_d = \frac{97187}{0{,}785 \times 30^2 \times 90} = 1{,}53$$

$$\mu_d = 1{,}53 \times \frac{4{,}98}{30} = 0{,}25$$

$$\frac{d_1}{D} = 0{,}10$$

$\Rightarrow$ Fuera de la gráfica, redimensiono

Pruebo con diámetro = 35cm

$$Carga = 60000daN$$
$$\underline{p.p. = 1010daN}$$

$$N = 61010daN$$
$$N_d = 97616daN$$

$$\lambda = 12 \rangle 9 \Rightarrow Zona1$$

$$e_{acc} = \frac{420}{300} = 1{,}40cm$$

$$e_a = \left(3{,}40 + \frac{3650}{3000}\right)\frac{35 + 20 \times 1{,}40}{35 + 10 \times 1{,}40} \times \frac{420^2}{35} \times 10^{-4} = 2{,}99cm$$

$$e_{TOT} = 1{,}40 + 2{,}99 = 4{,}39cm$$

$$\nu_d = \frac{97616}{0{,}785 \times 35^2 \times 90} = 1{,}13$$

$$\frac{d_1}{D} = 0{,}0857$$

0,05	–	0,73	
0,0857	–	0,75856	$\langle 1$ cumple norma
0,10	–	0,77	

$$\mu_d = 1{,}13 \times \frac{4{,}39}{35} = 0{,}14$$

$$A_{STOT} = \frac{0{,}755856 \times 0{,}785 \times 35^2 \times 90}{3650} = 17{,}92cm^2$$

$$\rho = \frac{A_{STOT}}{A_c} = \frac{17{,}92}{962} = 0{,}0186 \langle 0{,}045 \quad \Rightarrow Viable$$