

T.P.N°7: Flexión Compuesta Recta y Oblicua

1. a) Dada una columna de esbeltez reducida, que se encuentra solicitada por un momento $M_D = 1,5 \text{ tnm}$, $M_L = 1 \text{ tnm}$, $N_D = 75 \text{ tn}$ y $N_L = 45 \text{ tn}$, dimensionar su sección y hallar la armadura necesaria según CIRSOC 201-05 y CIRSOC 201-82. Considerar un hormigón H-25 según Reglamento CIRSOC 201-05 y H-21 según CIRSOC 201-82.
b) Dibujar a escala la sección, verificando recubrimientos y separación.
2. a) Diseñar la columna de sección rectangular indicada en la Figura 1 como C que pertenece a un edificio sometida a las siguientes cargas:
 $P_D = 61 \text{ tn}$
 $P_L = 25 \text{ tn}$
 $M_{xD} = 0,7 \text{ tnm}$
 $M_{xL} = 0,4 \text{ tnm}$
 $M_{yD} = 1,2 \text{ tnm}$
 $M_{yL} = 0,5 \text{ tnm}$
Sección tentativa
 $b = h = 30 \text{ cm}$
Efectuar los cálculos según CIRSOC 201-05 y CIRSOC 201-82. El hormigón es H-25 según CIRSOC 201-05, H-21 según CIRSOC 201-82 y el acero ADN 42/50.
b) Dibujar la sección de la viga a escala.

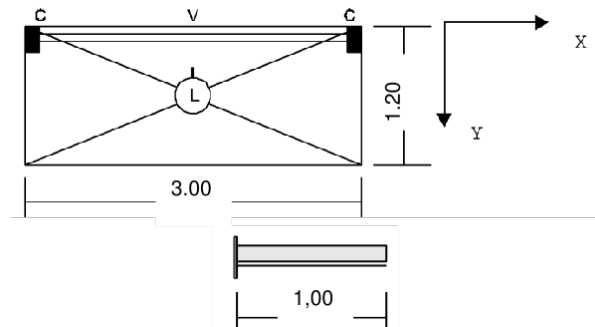


Figura 1: Planta de la columna correspondiente al ejercicio 2)

Solución

1. Diseñar una columna de esbeltez reducida según CIRSOC 201-05

Datos:

$$\text{Hormigón H-25} \Rightarrow f'_c = 250 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 25 \text{MPa}$$

$$\text{Acero ADN 42/50} \Rightarrow f_y = 4200 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 420 \text{MPa}$$

$$b = h = 35 \text{cm}$$

$$\text{Recubrimiento } C_c = 2 \text{cm}$$

$$\text{Estribos } \phi \text{ 8mm}$$

$$\text{Diámetro de barra } \phi \text{ 20mm}$$

$$M_D = 1,5t.m$$

$$M_L = 1t.m$$

$$N_D = 75t$$

$$N_L = 45t$$

■ Estado de cargas

$$M_{u1} = 1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L = 1,2 \cdot 1,5t.m + 1,6 \cdot 1t.m = \boxed{3,4t.m}$$

$$M_{u2} = 1,4 \cdot M_D = 1,4 \cdot 1,5t.m = 2,1t.m$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,4t.m}{0,65} = \boxed{5,23t.m}$$

$$N_{u1} = 1,2 \cdot N_D + 1,6 \cdot N_L = 1,2 \cdot 75t + 1,6 \cdot 45t = \boxed{162t}$$

$$N_{u2} = 1,4 \cdot N_D = 1,4 \cdot 75t = 105t$$

$$N_n = \frac{N_u}{\phi} = \frac{162t}{0,65} = \boxed{249,23t}$$

■ Esfuerzos reducidos

$$m_n = \frac{M_n}{b \cdot h^2 \cdot f'_c} = \frac{5,23t.m \cdot 1000 \frac{\text{Kg}}{t} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{m}}{35 \text{cm} \cdot (35 \text{cm})^2 \cdot 250 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = \boxed{0.0487}$$

$$n_n = \frac{N_n}{b \cdot h \cdot f'_c} = \frac{249,23t \cdot 1000 \frac{\text{Kg}}{t}}{35 \text{cm} \cdot 35 \text{cm} \cdot 250 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = \boxed{0.81}$$

■ Gamma

$$\gamma = \frac{h - 2 \cdot C_c - 2 \cdot d_{be} - d_b}{h}$$

$$\gamma = \frac{35 \text{cm} - 2 \cdot 2 \text{cm} - 2 \cdot 0,8 \text{cm} - 2 \text{cm}}{35 \text{cm}} = 0,78 \approx \boxed{0.8}$$

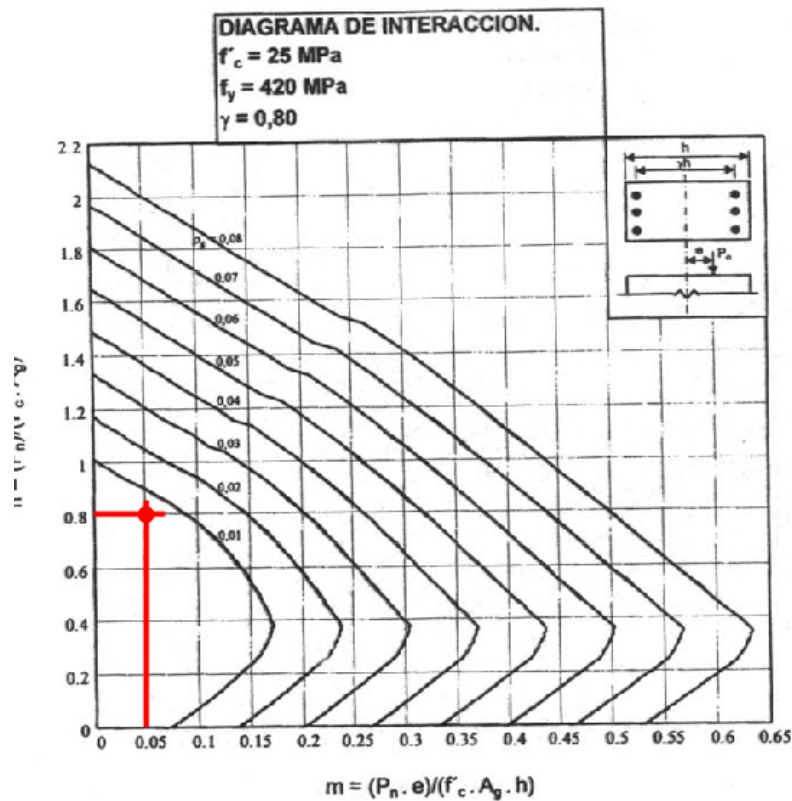


Figura 2: Diagrama de interacción $\gamma = 0,8$

Ingresando al diagrama de interacción para 6 barras con $m_n = 0,0487$, $n_n = 0,81$ y $\gamma = 0,8$ tenemos $\rho \leq 0,01 \Rightarrow$ adopto $\rho = 0,01$

■ Armadura

$$A_{s_{total}} = \rho \cdot b \cdot h = 0,01 \cdot 35cm \cdot 35cm = \boxed{12,25cm^2}$$

Adopto 4 barras ϕ 20 mm con $A_{s_{total}} = \boxed{12,56cm^2}$

Adopto estribos ϕ 8 mm cada 20cm.

■ Verificación de Separaciones

Adopto $s = 20$ cm.

$$s = 20cm \leq \begin{cases} 12 \cdot db = 12 \cdot 2cm = 24cm & \checkmark \\ b = 35cm & \checkmark \end{cases}$$

2. Diseñar una columna de esbeltez reducida según CIRSOC 201-82

$$\text{Hormigón H-21} \Rightarrow \beta_R = 175 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\text{Acero ADN 42/50} \Rightarrow \beta_S = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$b = h = 35cm$$

$$\text{Recubrimiento } r = 2cm$$

$$\text{Estribos } \phi \text{ 8mm}$$

$$\text{Diámetro de barra } \phi \text{ 20mm}$$

$$M_D = 1,5t.m$$

$$M_L = 1t.m$$

$$N_D = 75t$$

$$N_L = 45t$$

■ Estado de cargas

$$M_{servicio} = M_D + M_L = 1,5t.m + 1t.m = \boxed{2,5t.m}$$

$$N_{servicio} = N_D + N_L = 75t + 45t = \boxed{120t}$$

■ Esfuerzos reducidos

$$m_n = \frac{M_{servicio}}{b \cdot d^2 \cdot \beta_R} = \frac{2,5t.m \cdot 1000 \frac{Kg}{t} \cdot 100 \frac{cm}{m}}{35cm \cdot (35cm)^2 \cdot 175 \frac{Kg}{cm^2}} = \boxed{0.033}$$

$$n_n = \frac{N_{servicio}}{b \cdot d \cdot \beta_R} = \frac{120t \cdot 1000 \frac{Kg}{t}}{35cm \cdot 35cm \cdot 175 \frac{Kg}{cm^2}} = \boxed{0.56}$$

■ Calculamos $\frac{d_1}{d}$

$$d_1 = r + dbe + \frac{db}{2} = 2cm + 0,8cm + \frac{2cm}{2} = \boxed{3,8cm}$$

$$\frac{d_1}{d} = \frac{3,8cm}{35cm} = 0,11 \Rightarrow \boxed{0.10}$$

■ Cuantía total μ

$$\mu = \frac{A_s}{A_g} = \frac{2 \cdot 9,42cm^2}{35cm \cdot 35cm} = \boxed{0.015}$$

$\mu >$ Cuantía mínima

0,015 > 0,008 ✓ Verifica

3. Diseñar la columna de sección rectangular indicada en la Figura 1 según CIRSOC 201-05

Datos:

$$\text{Hormigón H-25} \Rightarrow f'_c = 250 \frac{Kg}{cm^2} = 25 MPa$$

$$\text{Acero ADN 42/50} \Rightarrow f_y = 4200 \frac{Kg}{cm^2} = 420 MPa$$

$$b = h = 35cm$$

$$\text{Recubrimiento } C_c = 2cm$$

$$\text{Estribos } \phi \text{ 6mm}$$

$$\text{Diámetro de barra } \phi \text{ 16mm}$$

$$P_D = 61t$$

$$P_L = 25t$$

$$M_{xD} = 0,7t.m$$

$$M_{xL} = 0,4t.m$$

$$M_{yD} = 1,2t.m$$

$$M_{yL} = 0,5t.m$$

$$\rho = 0,01$$

■ Estado de cargas

$$M_{ux1} = 1,2 \cdot M_{xD} + 1,6 \cdot M_{xL} = 1,2 \cdot 0,7t.m + 1,6 \cdot 0,4t.m = \boxed{1,48t.m}$$

$$M_{ux2} = 1,4 \cdot M_{xD} = 1,4 \cdot 0,7t.m = 0,98t.m$$

$$M_{uy1} = 1,2 \cdot M_{yD} + 1,6 \cdot M_{yL} = 1,2 \cdot 1,2t.m + 1,6 \cdot 0,5t.m = \boxed{2,24t.m}$$

$$M_{uy2} = 1,4 \cdot M_{yD} = 1,4 \cdot 1,2t.m = 1,68t.m$$

$$P_{u1} = 1,2 \cdot P_D + 1,6 \cdot P_L = 1,2 \cdot 61t + 1,6 \cdot 25t = \boxed{113,2t}$$

$$P_{u2} = 1,4 \cdot P_D = 1,4 \cdot 61t = 85,4t$$

■ Esfuerzos nominales

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{113,2t}{0,65} = \boxed{174,15t} \Rightarrow 1741,5KN$$

$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\phi} = \frac{1,48t.m}{0,65} = \boxed{2,27t.m}$$

$$M_{ny} = \frac{M_{uy}}{\phi} = \frac{2,24t.m}{0,65} = \boxed{3,44t.m}$$

■ Verificación para P_n

$$P_n \geq 0,1 \cdot f'_c \cdot A_g$$

$$P_n \geq 0,1 \cdot 25000 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,35m \cdot 0,35m$$

$$1741,5KN \geq 306,25KN \quad \text{Verifica} \quad \checkmark$$

■ Área de acero

Se adopta $\rho = 0,01$

$$A_{st} = \rho \cdot A_g$$

$$A_{st} = 0,01 \cdot 35cm \cdot 35cm$$

$$A_{st} = 12,25cm^2 \Rightarrow 0,001225m^2$$

Adopto 8 barras $\phi = 16mm$

■ Calculamos P_0

$$P_0 = 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}$$

$$P_0 = 0,85 \cdot 25000 \frac{KN}{m^2} \cdot ([0,35m \cdot 0,35m] - 0,001225m^2) + 420000 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,001225m^2$$

$$P_0 = \boxed{3091KN}$$

■ Calculamos P_{nx0}

$$e_y = \frac{M_{nx}}{P_n} = \frac{2,27t \cdot m}{174,15t} = \boxed{0,013m}$$

$$tg\alpha = \frac{h_y}{e_y} = \frac{0,35m}{0,013m} = 26,85 = \frac{n}{m}$$

Adopto $m = 0,05$ para graficar pendiente

$$\Rightarrow n = 26,85 \cdot m$$

$$n = 26,85 \cdot 0,05 = 1,34$$

Con $m = 0,05$ y $n = 1,34$ trazamos la recta en el diagrama de interacción

$$\gamma = \frac{h - 2 \cdot Cc - 2 \cdot dbe - db}{h}$$

$$\gamma = \frac{35cm - 2 \cdot 2cm - 2 \cdot 0,6cm - 1,6cm}{35cm} = \boxed{0.8}$$

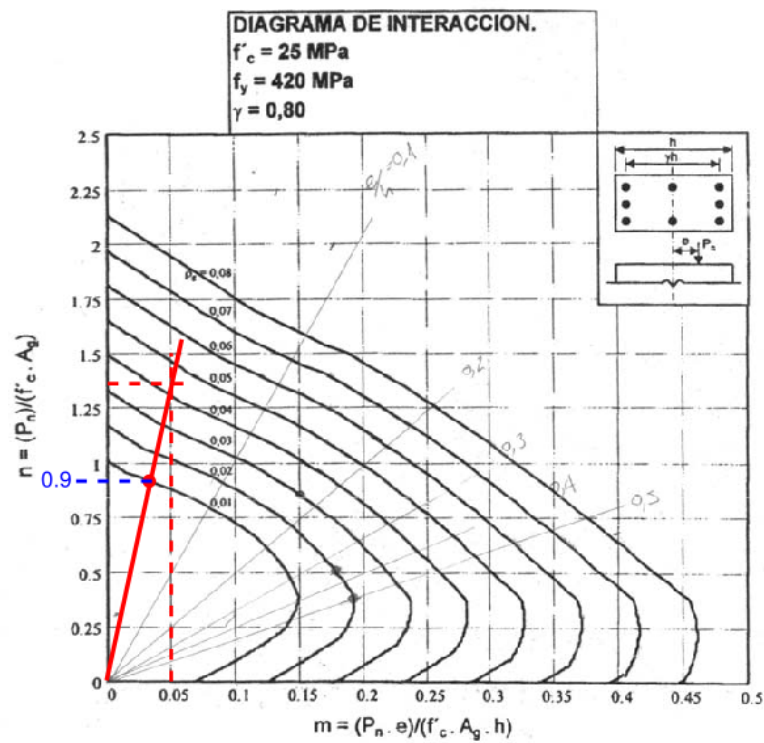


Figura 4: Diagrama de interacción $\gamma = 0,8$

Del diagrama de interacción para 8 barras obtenemos $n = 0,9$.Figura 4

$$P_{nx0} = n \cdot f'_c \cdot A_g$$

$$P_{nx0} = 0,9 \cdot 25000 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,35m \cdot 0,35m$$

$$P_{nx0} = \boxed{2756KN}$$

- Calculamos P_{ny0}

$$e_x = \frac{M_{ny}}{P_n} = \frac{3,44t \cdot m}{174,15t} = \boxed{0,0195m}$$

$$tg\alpha = \frac{h_x}{e_x} = \frac{0,35m}{0,0195m} = 17,72 = \frac{n}{m}$$

Adopto $m = 0,1$ para graficar pendiente

$$\Rightarrow n = 17,72 \cdot m$$

$$n = 17,72 \cdot 0,1 = 1,77$$

Con $m = 0,1$ y $n = 1,77$ trazamos la recta en el diagrama de interacción

$$\gamma = \frac{h - 2 \cdot Cc - 2 \cdot db_e - db}{h}$$

$$\gamma = \frac{35cm - 2 \cdot 2cm - 2 \cdot 0,6cm - 1,6cm}{35cm} = \boxed{0,8}$$

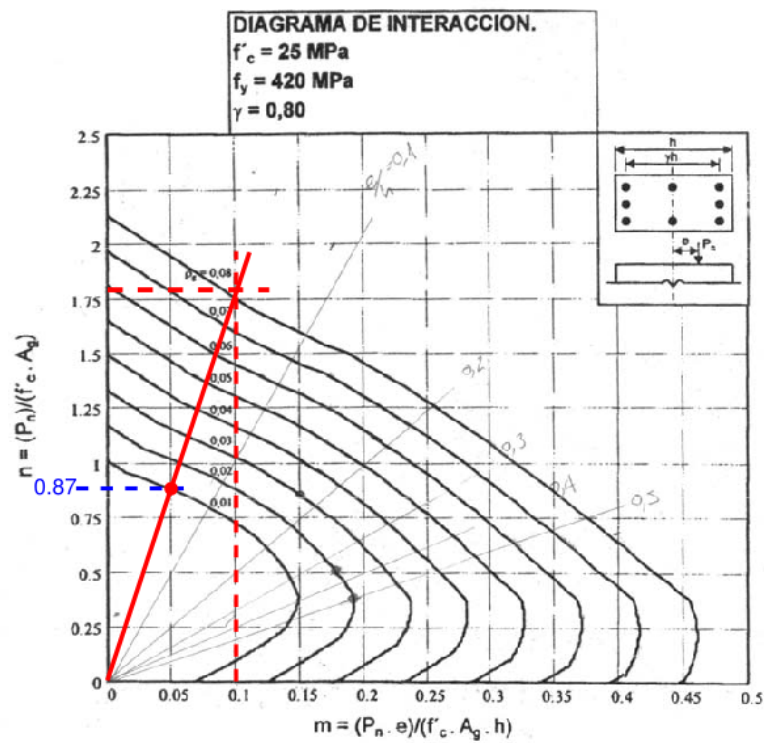


Figura 5: Diagrama de interacción $\gamma = 0,8$

Del diagrama de interacción para 8 barras obtenemos $n = 0,87$.Figura 5

$$P_{ny0} = n \cdot f'c \cdot A_g$$

$$P_{ny0} = 0,87 \cdot 25000 \frac{KN}{m^2} \cdot 0,35m \cdot 0,35m$$

$$P_{ny0} = \boxed{2664,4KN}$$

- Calculamos P_n

$$P_n \leq \frac{1}{\frac{1}{P_{nx0}} + \frac{1}{P_{ny0}} - \frac{1}{P_0}}$$

$$1741,5KN \leq \frac{1}{\frac{1}{2756KN} + \frac{1}{2664,4KN} - \frac{1}{3091KN}}$$

$$1741,5KN \leq 2411KN \quad \text{Verifica} \quad \checkmark$$

Se adopta 8 barras $\phi 16mm$ con estribos $\phi 6mm$ cada 12cm

- Verificación de separaciones

$$S_{adoptada} = 12cm \leq \begin{cases} 12 \cdot db = 12 \cdot 1,6cm = 19,2cm \\ b = 35cm \end{cases}$$

4. Diseñar la columna de sección rectangular indicada en la Figura 1 según CIRSOC 201-82

Datos:

$$\text{Hormigón H-21} \Rightarrow \beta_R = 175 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\text{Acero ADN 42/50} \Rightarrow \beta_S = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$b = h = 35cm$$

$$\text{Recubrimiento } r = 2cm$$

$$\text{Estribos } \phi \text{ 8mm}$$

$$\text{Diámetro de barra } \phi \text{ 16mm}$$

$$P_D = 61t$$

$$P_L = 25t$$

$$M_{xD} = 0,7t.m$$

$$M_{xL} = 0,4t.m$$

$$M_{yD} = 1,2t.m$$

$$M_{yL} = 0,5t.m$$

■ Estado de cargas

$$M_{servicioX} = M_{xD} + M_{xL} = 0,7t.m + 0,4t.m = \boxed{1,1t.m}$$

$$M_{servicioY} = M_{yD} + M_{yL} = 1,2t.m + 0,5t.m = \boxed{1,7t.m}$$

$$P_{servicio} = P_D + P_L = 61t + 25t = \boxed{86t}$$

■ Esfuerzos reducidos

$$m_{nx} = \frac{M_{servicioX}}{b \cdot d^2 \cdot \beta_R} = \frac{1,1t.m \cdot 1000 \frac{Kg}{t} \cdot 100 \frac{cm}{m}}{35cm \cdot (35cm)^2 \cdot 175 \frac{Kg}{cm^2}} = m_2 = \boxed{0.0146}$$

$$m_{ny} = \frac{M_{servicioY}}{b \cdot d^2 \cdot \beta_R} = \frac{1,7t.m \cdot 1000 \frac{Kg}{t} \cdot 100 \frac{cm}{m}}{35cm \cdot (35cm)^2 \cdot 175 \frac{Kg}{cm^2}} = m_1 = \boxed{0.0226}$$

$$m_1 > m_2$$

$$0,0226 > 0,0146$$

$$n_n = \frac{N_{servicio}}{b \cdot d \cdot \beta_R} = \frac{86t \cdot 1000 \frac{Kg}{t}}{35cm \cdot 35cm \cdot 175 \frac{Kg}{cm^2}} = \boxed{0.40}$$

■ Armadura Mínima

$$As_{minima} = 0,008 \cdot b \cdot d$$

$$As_{minima} = 0,008 \cdot 35cm \cdot 35cm = \boxed{9,8cm^2}$$

■ Calculamos $\frac{d_1}{d}$

$$d_1 = r + db + \frac{db}{2}$$

$$d_1 = 2cm + 0,6cm + \frac{1,6cm}{2} = \boxed{3,4cm}$$

$$\frac{d_1}{d} = \frac{3,4cm}{35cm} \approx \boxed{0.1}$$

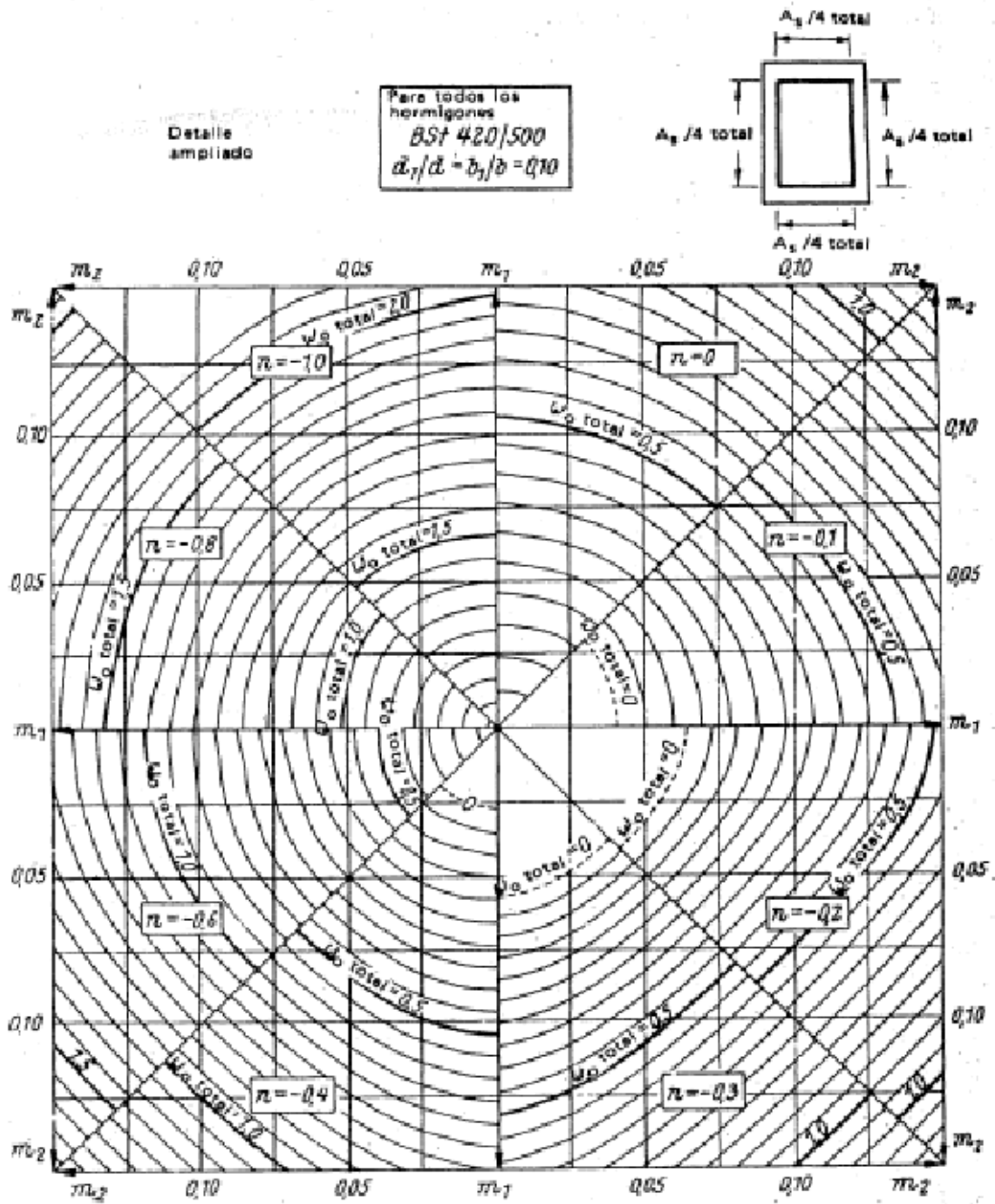


Figura 6: Diagrama de interacción $\frac{d_1}{d} = 0,10$

Ingresando al diagrama de interacción CIRSOC 201-82 con $m_1 = 0,0226$, $m_2 = 0,0146$ y $\frac{d_1}{d} = 0,10$ tenemos $\omega = 0,02$

■ Armadura

$$A_{s_{total}} = \omega \cdot \frac{\beta_R}{\beta_S} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{total}} = 0,02 \cdot \frac{175 \frac{Kg}{cm^2}}{4200 \frac{Kg}{cm^2}} \cdot 35cm \cdot 35cm = \boxed{1,02cm^2}$$

$$A_{s_{total}} < A_{s_{minima}}$$

$$1,02cm^2 < 9,8cm^2$$

Se adoptan $4\phi 16mm + 4\phi 12mm$ con $A_{s_{total}} = \boxed{12,56cm^2}$

Se adoptan estribos $\phi 6mm$ c/12cm

■ Verificación de separaciones

$$S_{adoptada} = 12cm \leq \begin{cases} 12 \cdot db = 12 \cdot 1,2cm = 14,4cm \\ b = 35cm \end{cases}$$