



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Asignatura: Cimentaciones

Ing. Manuel Iván Maita Pérez

Email:

d.mmaita@upla.edu.pe

HUANCAYO - 2023

**UNIDAD
II**

**DISEÑO DE CIMENTACIONES
SUPERFICIALES CONTINUAS**

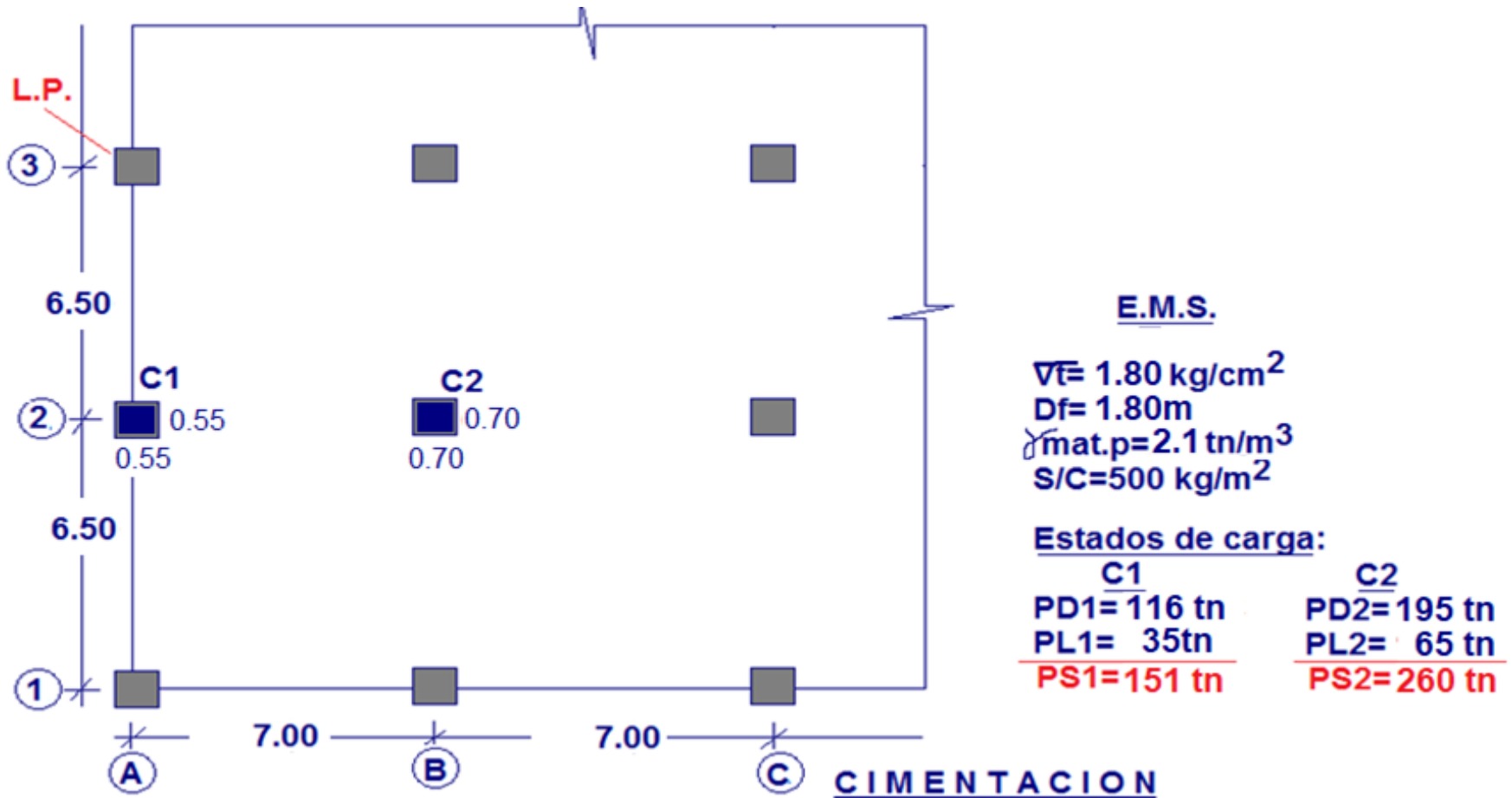
TEMA: Diseño de Zapatas Combinada

Objetivo: Comprender y aplicar las cimentaciones superficiales continuas a través de los límites de propiedad, excentricidad y propiedades mecánicas del suelo para un mejor comportamiento estructural y desarrollo satisfactorio de los proyectos de ingeniería.

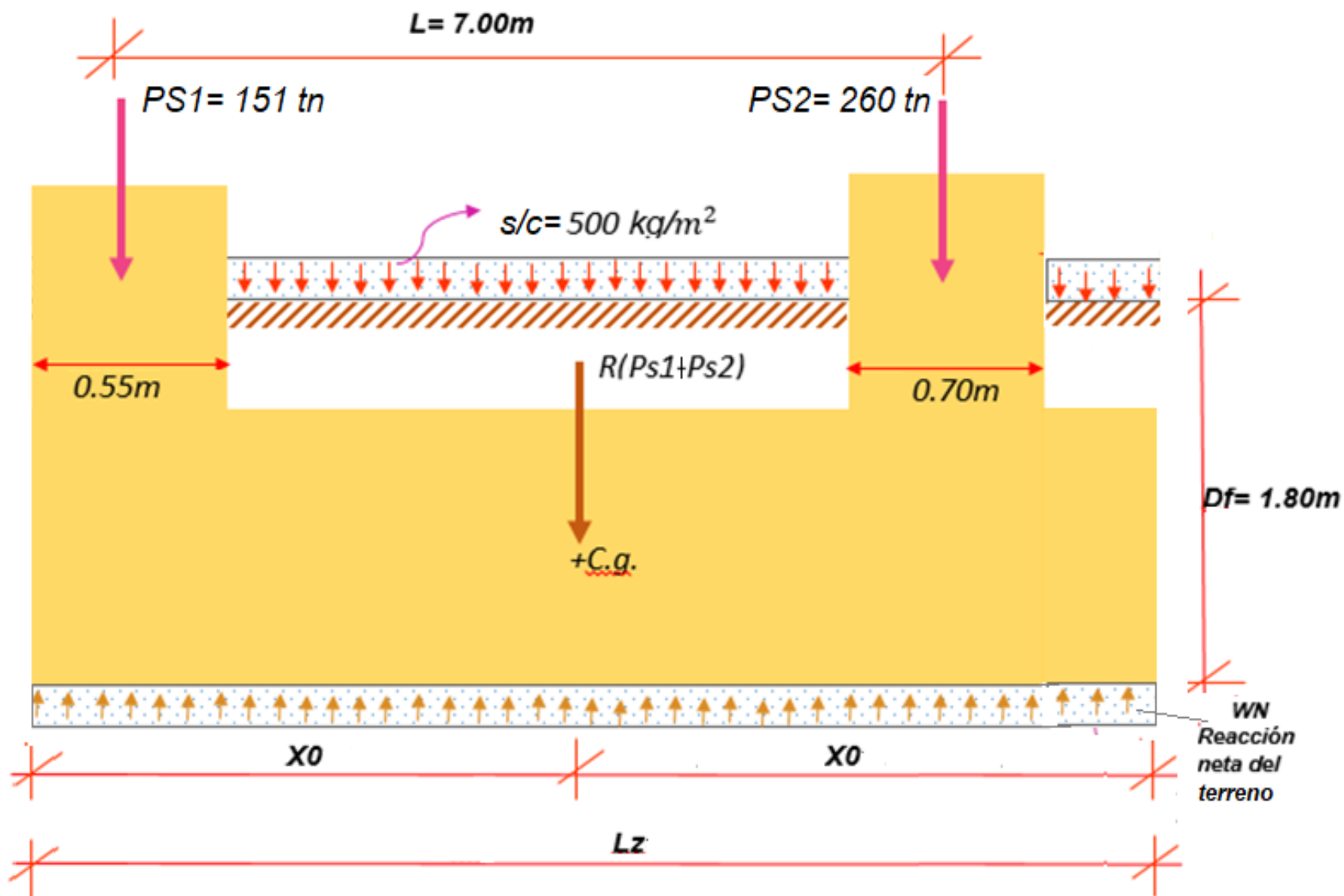
DISEÑO DE ZAPATAS COMBINADAS

Ejemplo:

Diseñar la zapata combinada para las columnas ubicadas en el eje A-2, eje B-2 y estados de carga que se muestra en la figura. Considere $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.



Planteamiento:



Solución

1. Cálculo de la capacidad portante neta del suelo

$$\sigma_n = \sigma_t - \gamma_{matp} \cdot D_f - S/C$$

$$\sigma_n = 18 \text{ Tn/m}^2 - 2.10 \text{ m} \times 1.80 \text{ m} - 0.50 \text{ Tn/m}^2$$

$$\sigma_n = 13.72 \text{ Tn/m}^2$$

2. Cálculo del área de zapata

$$A_z = \frac{P_{s1} + P_{s2}}{\sigma_n}$$

$$A_z = \frac{151 \text{ tn} + 260 \text{ tn}}{13.72 \text{ Tn/m}^2}$$

$$A_z = 30 \text{ m}^2$$

3. Cálculo de la posesión de la resultante del Ps1 y Ps2 (X0)

$$R = Ps1 + Ps2 = 151 + 260 = 411 \text{tn} \quad \sum M0 = 0$$

$$R \cdot X0 = Ps1x\frac{T1}{2} + Ps2x(l + \frac{T1}{2})$$

$$X0 = \frac{Ps1x\frac{T1}{2} + Ps2x(l + \frac{T1}{2})}{R} = \frac{151x\frac{0.55}{2} + 260x(7 + \frac{0.55}{2})}{411}$$

$$X0 = 4.70 \text{m}$$

- Determinación de la longitud de la zapata (Lz)

$$Lz = 2(X0) = 2(4.70) = 9.40 \text{m}$$

$$Lz = 9.40 \text{m}$$

- Determinación del ancho B: $B = \frac{Az}{Lz} = \frac{30 \text{m}^2}{9.40 \text{m}} = 3.20 \text{m}$

$$Az = L \times B = 9.40 \times 3.20 \text{m}$$

4. Cálculo de la altura de zapata (hz)

- Amplificación de carga según R.N.E

$$PU\ 1=1.4PD+1.7PL=1.4(116)+1.7(35)=221.9tn$$

$$PU\ 2=1.4PD+1.7PL=1.4(195)+1.7(65)=383.5tn$$

- Cálculo de la reacción neta última por longitud (L):

$$WNU=\frac{PU1+PU2}{L}=\frac{221tn+383.5tn}{9.40m}=64.40tn/ml$$

- Cálculo de la reacción por unidad de área:

$$Wnu=\frac{WNU}{B}=\frac{64.40tn}{3.20m}=20.12tn/m^2=2.01kg/m^2$$

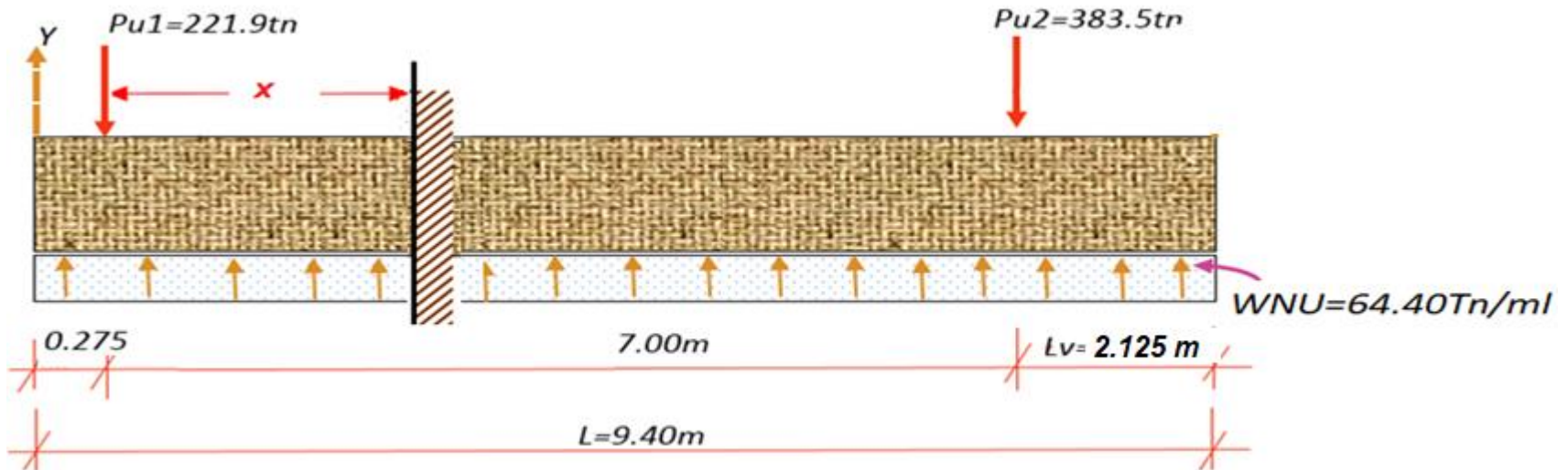
- La altura de la zapata se obtendrá:

$$hz=0.11 \times l_1 \times \sqrt{Wnu} = 0.11 \times 6.38 \times \sqrt{2.01}$$

$$hz=1.00m$$

5. Calculo de los momentos flectores y fuerzas cortantes máximos

EN SENTIDO LONGITUDINAL



Si el cortante (v) a la distancia $x=0 \rightarrow$ el momento es máximo:

$V_x = 0 \rightarrow M_{max}$.

Suponiendo: $0.275 \leq x \leq 7.275$

Se tendrá:

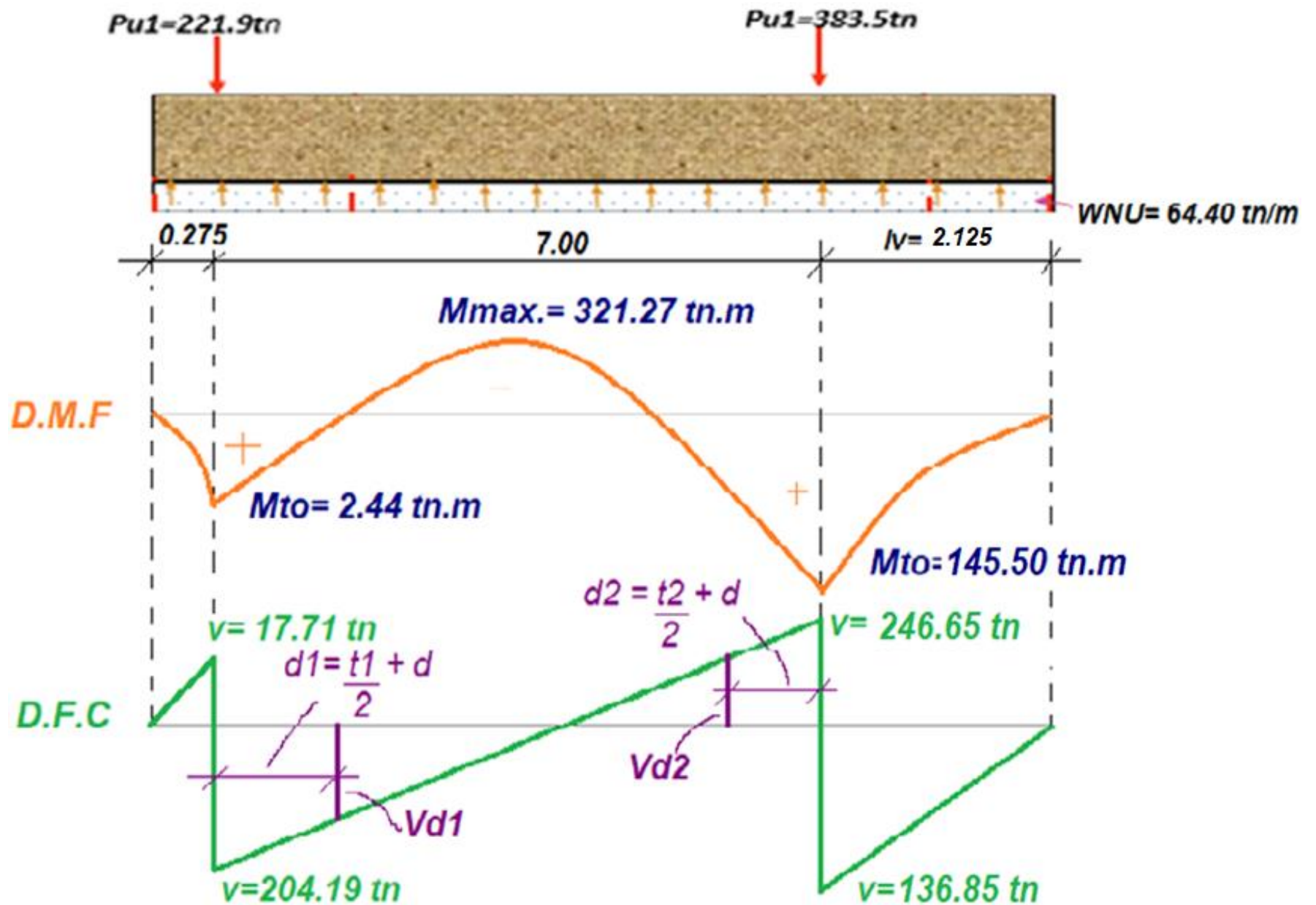
$$V_x = 64.40x - 221.9 = 0 \rightarrow x = \frac{221.9}{64.40} = 3.45\text{m}$$

Si hacemos: $\sum M_x = 0$

$$M_{max} = WNU \times \frac{x^2}{2} - Pu_1(x - 0.275)$$

$$M_{max} = 64.40 \times \frac{3.45^2}{2} - 221.9(3.45 - 0.275)$$

$$M_{max} = -321.27 \text{ tn.m}$$



hz=1.00m

- **Peralte Efectivo**: $d = hz - \left(\text{rec.} + \frac{\emptyset}{2} \right) = 100 - \left(5 + \frac{2.54}{2} \right) = 93.73 \text{ cm}$

- **Calculo de las distancias d1 y d2 y el cortante a esas distancias**

$$d1 = \frac{T1}{2} + d = \frac{55}{2} + 93.73 = 121.23 \text{ cm}$$

$$d2 = \frac{T2}{2} + d = \frac{70}{2} + 93.73 = 128.73 \text{ cm}$$

- **cortantes:**

$$Vd2 = 246.65 - WNU \times d2 = 246.65 - 64.40 \times 1.21 = 168.73 \text{ tn}$$

$$Vd1 = 204.19 - WNU \times d1 = 204.19 - 64.40 \times 1.29 = 121.11 \text{ tn}$$

$$\therefore Vd2 > Vd1$$

- Verificación por cortante

Del concreto: $\phi v_c = 0.85 \times 0.53 \sqrt{f'c} \times B \times d$

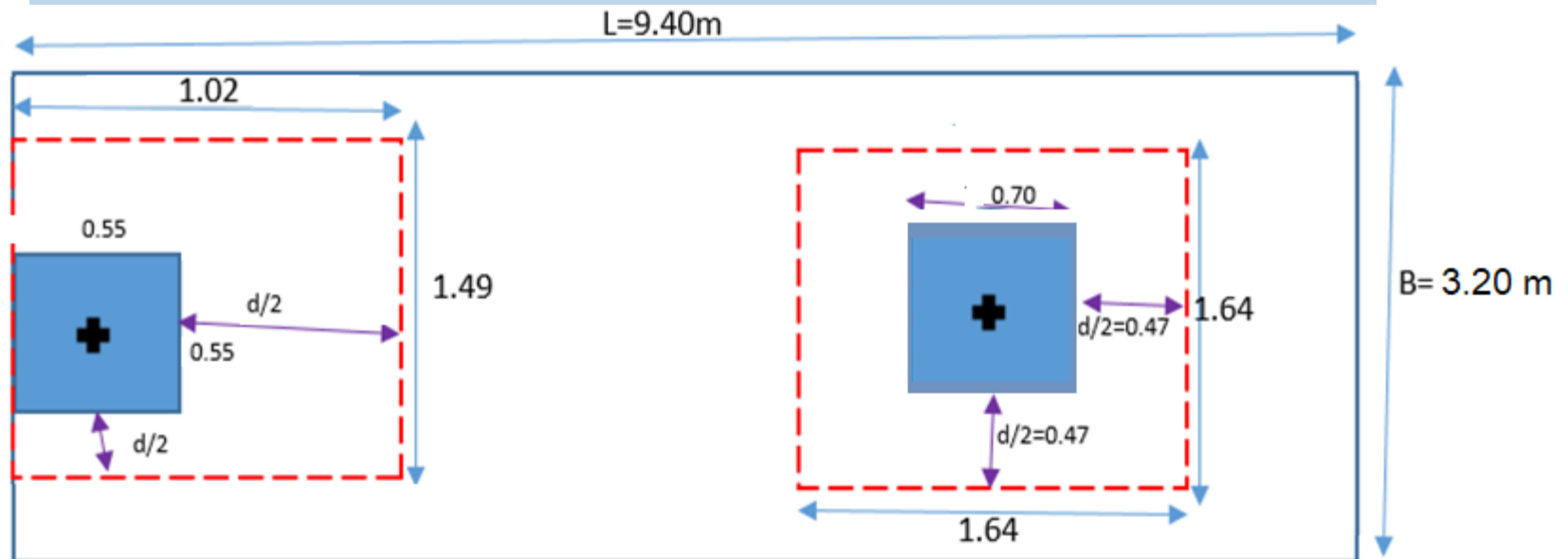
$$\phi v_c = 0.85 \times 0.53 \sqrt{210} \times 10 \times 3.20 \times 0.94$$

$$\phi v_c = 196.37 \text{ tn}$$

¡Se verifica que $V_{d2} < \phi v_c$, $168.73 \text{ tn} < 196.37 \text{ tn}$ **OK!**

- Verificación por punzonamiento

Si $d=0.94$ entonces $\frac{d}{2} = 0.47$



$bo = 2 \times 1.02 + 1.49 = 3.53\text{m}$
 $bo = \text{perímetro por punzonamiento}$

$bo = 4 \times 1.64 = 6.56\text{ m}$

A. COLUMNA EXTERIOR(PU1):

- Corte critico por punzonamiento

$$V_{du} = P_{u1} - \frac{W_{NU}}{B} \times \left(T1 + \frac{d}{2} \right) (T1 + d)$$

$$V_{du} = 221.9 - \frac{64.40}{3.20} \times (1.02)(1.49)$$

$$V_{du} = 191.31 \text{ tn}$$

- Cortante resistente del concreto

$$\phi_{vc} = 0.85 \times 0.27 \left(2 + \frac{4}{BC} \right) \sqrt{f'_c} \times b \times d \quad \left. \vphantom{\phi_{vc}} \right\} 1.62 \sqrt{f'_c}$$
$$\leq 1.10 \sqrt{f'_c}$$

$$\phi_{vc} = 0.85 \times 1.1 \times \sqrt{210} \times 10 \times 3.53 \times 0.94$$

$$\phi_{vc} = 449.60 \text{ tn}$$

Se verifica que $V_{du} < \phi_{vc}$ ok!

$$191.31 \text{ tn} < 449.60 \text{ tn}$$

B.COLUMNA INTERIOR(PU2)

- Corte critico por punzonamiento

$$V_{du} = P_{u2} - \frac{W_{NU}}{B} x (T1 + d)(T1 + d)$$

$$V_{du} = 383.5 \text{ tn} - \frac{64.40}{3.20} x (1.64)(1.64)$$

$$V_{du} = 329.37 \text{ tn}$$

- Cortante resistente del concreto

$$\phi_{vc} = 0.85 x 1.1 x \sqrt{f'c} x 10 x b x d$$

$$\phi_{vc} = 0.85 x 1.1 x \sqrt{210} x 10 x 6.56 x 0.94$$

$$\phi_{vc} = 835.51 \text{ tn}$$

Se verifica que $V_{du} < \phi_{vc}$ ok!

$$329.37 \text{ tn} < 835.51 \text{ tn}$$

6. Diseño por Flexión

A. Dirección Longitudinal

$$M_{\max} = 321.27 \text{ tn.m} = 321.27 \times 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$b = 3.20 = 320 \text{ cm}$$

$$d = 0.94 \text{ m} = 94 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

- $\omega = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7(321.27 \times 10^5)}{0.90 \times 210 \times 320 \times 94^2}} = 0.06$
- $\rho = 0.06 \times \frac{210}{4200} = 0.003$
- $A_s = 0.003 \times 320 \times 94 = 90.24 \text{ cm}^2$
- $A_{s \text{ min}} = 0.0018 \times 320 \times 100 = 57.6 \text{ cm}^2$
 $\therefore A_{s \text{ min}} < A_s$
- $A_{sd} = 90.24 \text{ cm}^2$
- $\text{Numero de barras} = \frac{A_{sd}}{A_{sb}} = \frac{90.24 \text{ cm}^2}{(\phi 1") 5.10 \text{ cm}^2} = 17.68 = 18 \phi 1"$
- $S_{req} = \frac{B - (2X_{rec.} + \text{numero barras} \times \phi)}{\text{numero de barras} - 1} = \frac{320 - (2 \times 7.5 + 18 \times 2.54)}{18 - 1} = 15 \text{ cm}$

Usaremos 18 ϕ 1" @15cm

Acero de montaje

Se recomienda lo siguiente:

Si el diámetro principal $\phi_p \geq \frac{3}{4}$ $\phi_{montaje} = \phi \frac{1}{2}$ " y $S = 36\phi P$

Si el diámetro principal $\phi_p < \frac{3}{4}$ $\phi_{montaje} = \phi \frac{3}{8}$ " y $S = 36\phi P$

\therefore Usar $\phi \frac{1}{2}$ $S=36 \times 2.54 = 90\text{cm}$

$S_{max} = 45\text{cm}$

Usaremos $\phi \frac{1}{2}$ " @ 45cm

Diseño del refuerzo inferior (col.2)

$$M_{max} = 145.40 \text{ tn.m} = 145.40 \times 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$b = 3.20 = 320 \text{ cm}$$

$$d = 0.94 \text{ m} = 94 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\omega = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7(145.40 \times 10^5)}{0.90 \times 210 \times 320 \times 94^2}} = 0.03$$

$$\rho = 0.014 \times \frac{210}{4200} = 0.0015$$

$$A_s = 0.0007 \times 320 \times 94 = 45.12 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 \times 320 \times 100 = 57.6 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{s \text{ min}} < A_s$$

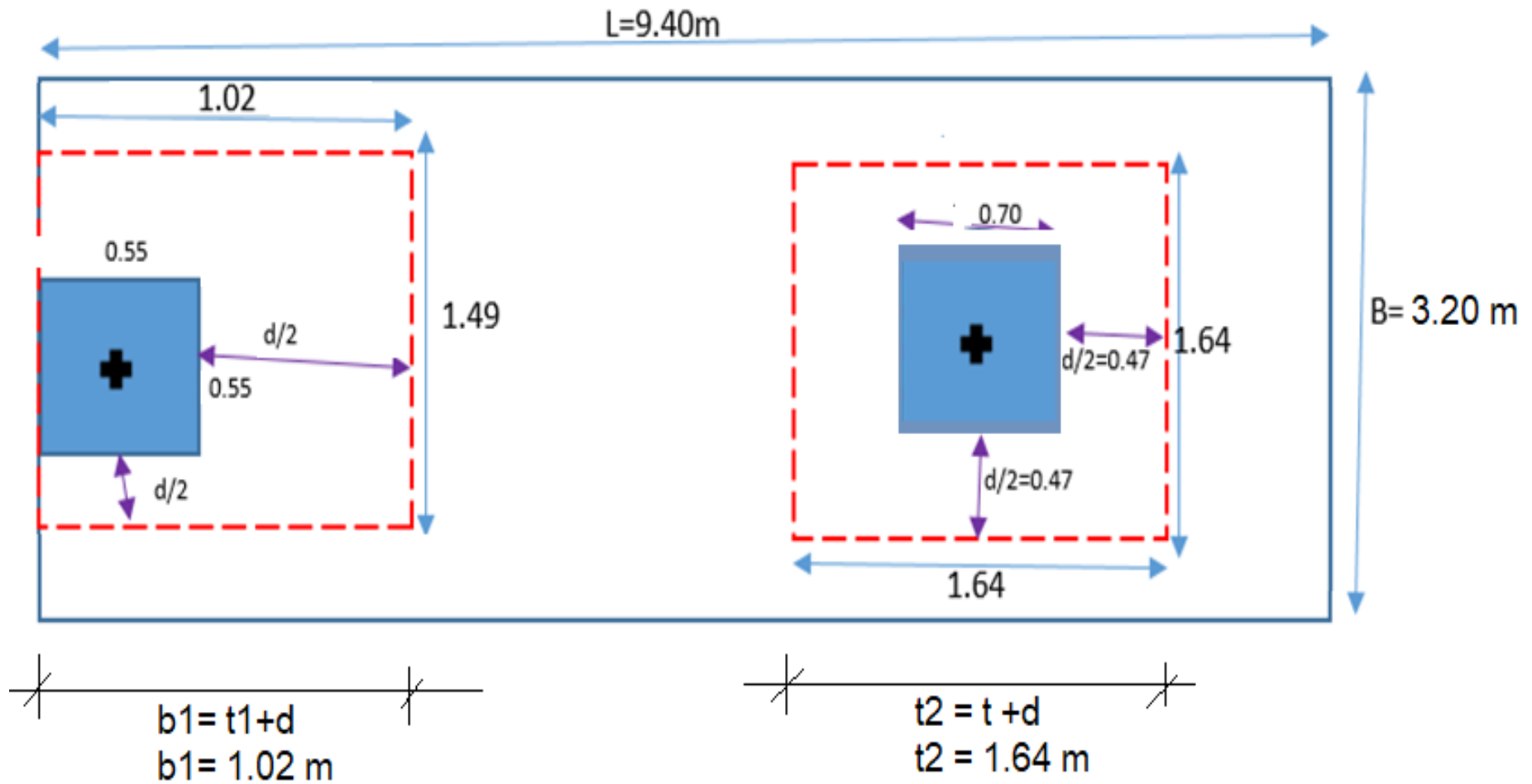
$$A_{sd} = 57.60 \text{ cm}^2$$

$$\text{Numero de barras} = \frac{A_{sd}}{A_{sb}} = \frac{57.60 \text{ cm}^2}{(\emptyset 1") 5.10 \text{ cm}^2} = 11.3 = 11 \emptyset 1"$$

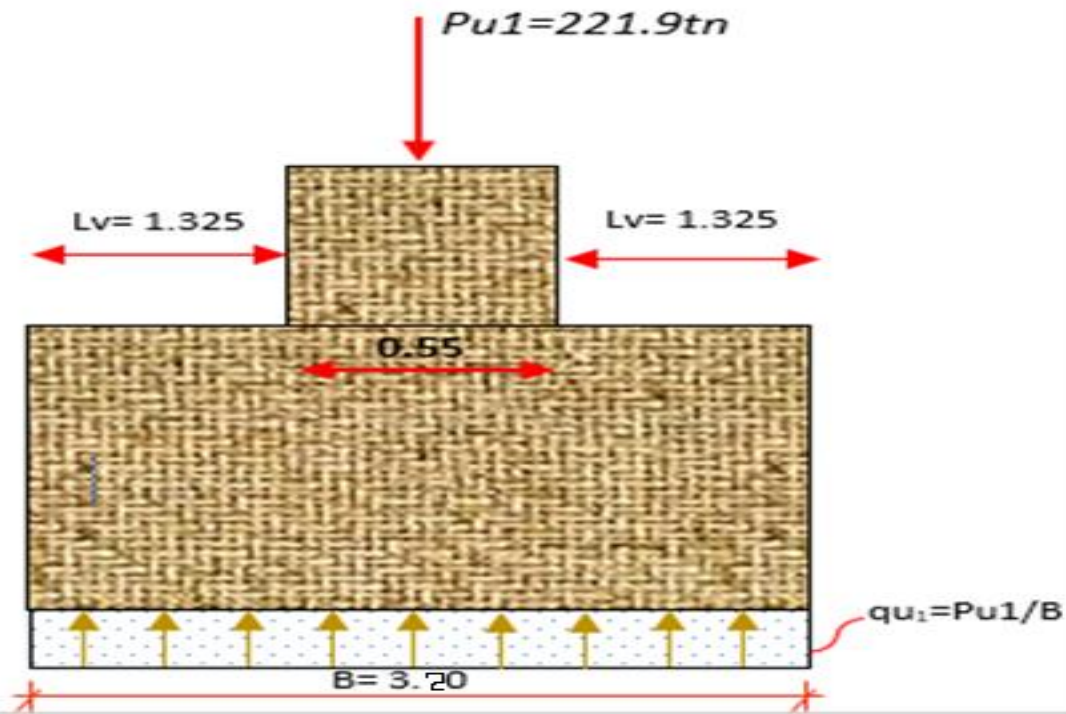
$$S_{req} = \frac{B - (2 \times \text{rec.} + \text{numero barras} \times \emptyset)}{\text{numero de barras} - 1} = \frac{320 - (2 \times 7.5 + 11 \times 2.54)}{11 - 1} = 25 \text{ cm}$$

Usaremos 11∅ 1" @.25cm

B. En la direccion transversal



ZAPATA EXTERIOR:



➤ Cálculo de la reacción neta de la zapata:

$$q_{u1} = \frac{221.9}{3.20} = 69.34 \text{ tn/m}$$

- $M_{max} = q_{u1} \times \frac{l_v^2}{2}$
- $M_{max} = 69.34 \times \frac{1.325^2}{2}$
- $M_{max} = 61 \text{ tn.m}$

$$b = 1.02m = 102cm$$

$$d = 94cm$$

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\omega = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7(61 \times 10^5)}{0.90 \times 210 \times 102 \times 94^2}} = 0.036$$

$$\rho = 0.023 \times \frac{210}{4200} = 0.0018$$

$$A_s = 0.0012 \times 320 \times 94 = 17.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 \times 320 \times 100 = 18.36 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_s < A_{s \text{ min}}$$

$$A_{s \text{ min}} = A_{s \text{ d}} = 18.36 \text{ cm}^2$$

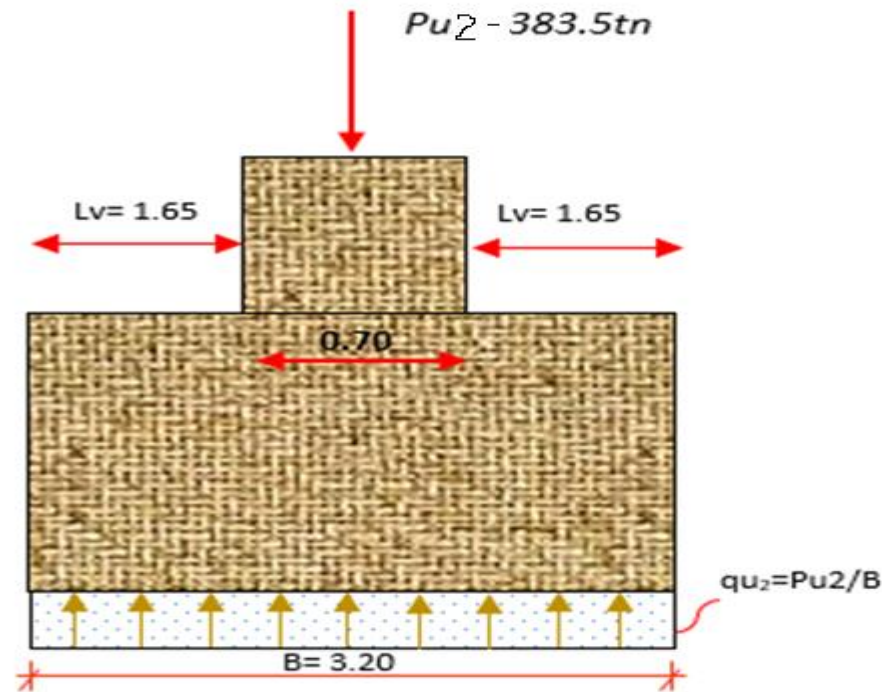
$$\text{Numero de barras} = \frac{A_{s \text{ d}}}{A_{s \text{ b}}} = \frac{18.36 \text{ cm}^2}{(\emptyset 3/4") 2.84 \text{ cm}^2} = 6.46 = 6 \emptyset 3/4"$$

$$S_{\text{req}} = \frac{B - (2 \times \text{rec.} + \text{numero barras} \times \emptyset)}{\text{numero de barras} - 1} = \frac{102 - (2 \times 7.5 + 6 \times 1.90)}{6 - 1} = 15.12 \text{ cm}$$

Usaremos 6 \emptyset 3/4" @15cm

En la direcci3n transversal usamos acero por montaje \emptyset 1/2" @45cm

ZAPATA INTERIOR



➤ Cálculo de la reacción neta de la zapata:

$$qu_1 = \frac{383.5}{3.20} = 119.84 \text{ tn/m}$$

- $M_{max} = qu_1 \times \frac{lv^2}{2}$
- $M_{max} = 119.84 \times \frac{1.65^2}{2}$
- $M_{max} = 163.13 \text{ tn.m}$

$$b = 1.64m = 164cm$$

$$d = 94cm$$

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\omega = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7(163.13 \times 10^5)}{0.90 \times 210 \times 164 \times 94^2}} = 0.062$$

$$\rho = 0.062 \times \frac{210}{4200} = 0.0031$$

$$As = 0.0031 \times 164 \times 94 = 47.79 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{min}} = 0.0018 \times 164 \times 100 = 29.52 \text{ cm}^2$$

$$\therefore As < As_{\text{min}}$$

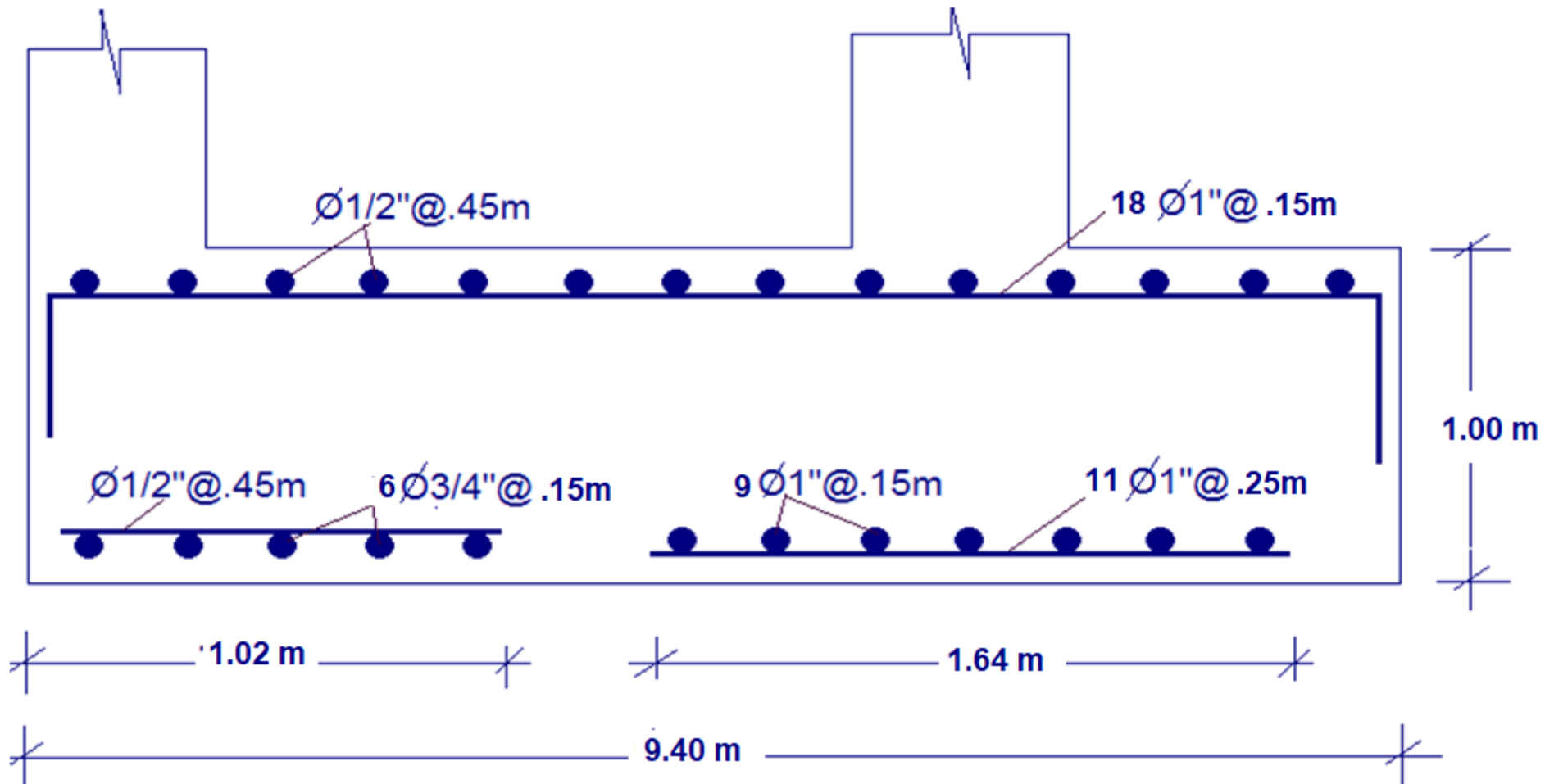
$$As > As_{\text{min}} = As_d = 47.79 \text{ cm}^2$$

$$\text{Numero de barras} = \frac{As_d}{As_b} = \frac{47.79 \text{ cm}^2}{(\emptyset 1") 5.10 \text{ cm}^2} = 9.37 = 9 \emptyset 1"$$

$$S_{\text{req}} = \frac{B - (2 \times \text{rec.} + \text{numero barras} \times \emptyset)}{\text{numero de barras} - 1} = \frac{164 - (2 \times 7.5 + 9 \times 2.54)}{9 - 1} = 15.77 \text{ cm}$$

Usaremos 9 \emptyset 1" @ 15cm

DISPOSICION DE LA ARMADURA



DETALLE DE ZAPATA COMBINADA

