

EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. - E.E.R.S.S.A.

SUBESTACIÓN CATAMAYO

DISEÑO DE ZAPATAS

ESTRUCTURA METÁLICA PARA EL PATIO DE 69 kV

- MEMORIA TÉCNICA -

1. - DATOS GENERALES

- Normas:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15.
- Código ACI 318 S-08: Requisitos de reglamento para concreto estructural del American Concrete Institute
- Especificación ANSI/AISC 360-10: Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures

- Especificaciones de los materiales:

PROPIEDAD	VALOR
- HORMIGON:	
Resistencia a la compresión:	$f'_c = 21$ Mpa
Peso específico del hormigon	$P_{HOR} = 2,40$ Ton/m ³
- ACERO DE REFUERZO:	
Límite de fluencia del Acero:	$f_y = 412$ Mpa
Modulo de elasticidad del acero:	$E_s = 200.000$ Mpa
- SUELO:	
Esfuerzo admisible del suelo mejor:	$q_{ADM} = 0,83$ Kg/cm ² 8,14 N/cm ²
- CIMENTACION:	
Profundidad de desplante:	$D_f = 1,20$ m
Espesor de la zapata:	$e = 0,30$ m

- Modulo de elasticidad del conrcero:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 4700 \text{ RAIZ } (21)$$

$$E_c = 21.538 \text{ Mpa}$$

2.- COMPROBACION DEL ESFUERZO DEL SUELO

- De los resultados del programa de Análisis estructural SAP2000, se tiene:

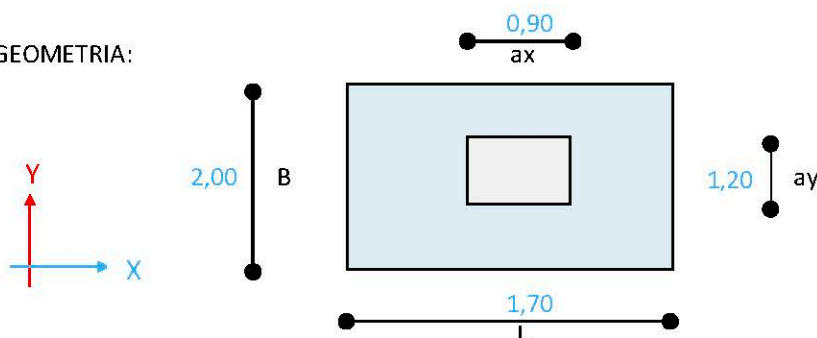
ACCION	JUNTA				TOTAL
	1	2	3	4	
P (N)	-95.861	-74 416	86 328	#####	30.418 N
Mx (N.m)	-154	-836	-338	-477	1.805 N.m
My (N.m)	-86	-547	-21	222	432 N.m

$$P = 30418 \text{ N} + W_{\text{HORMIGON}}$$

$$P = 30418 + 46884$$

$$P = 77.302 \text{ N}$$

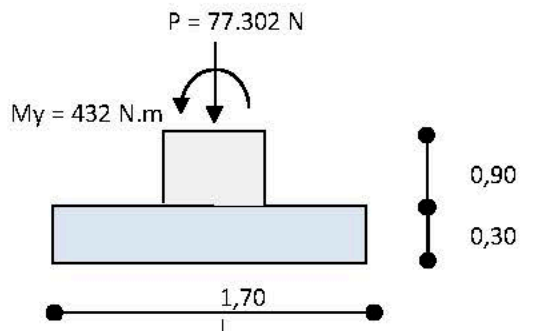
- GEOMETRIA:



- PESO DEL HORMIGON:

VOLUMEN	PESO
ZAPATA	24.007 N
CUELLO	22.877 N
$W_{\text{HORMIGON}} =$	46.884 N

- COMPROBACIÓN X-X



$$q_{mx} = \frac{P}{B \cdot L} + \frac{6 M_y}{B \cdot L^2}$$

$$q_{mx} = \frac{77\,302}{(2)(1,7)} + \frac{6 \cdot (432)}{(2)(1,7)^2}$$

$$q_{mx} = 23\,184 \text{ N/m}^2$$

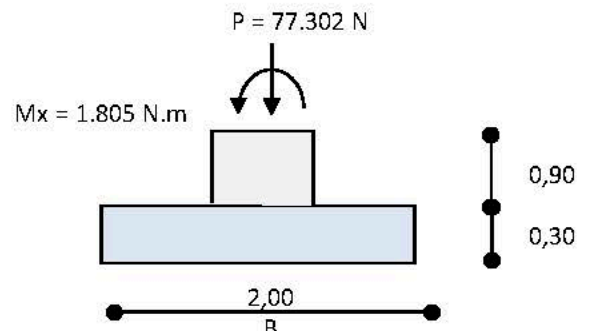
$$q_{mx} = 2,32 \text{ N/cm}^2$$

$$q_{ADM} > q_{mx}$$

$$8,14 > 2,32$$

... Si cumple

- COMPROBACIÓN Y-Y



$$q_{my} = \frac{P}{B \cdot L} + \frac{6 M_x}{L \cdot B^2}$$

$$q_{my} = \frac{77\,302}{(2)(1,7)} + \frac{6 \cdot (1805)}{(1,7)(2)^2}$$

$$q_{my} = 24\,329 \text{ N/m}^2$$

$$q_{my} = 2,43 \text{ N/cm}^2$$

$$q_{ADM} > q_{my}$$

$$8,14 > 2,43$$

... Si cumple

3 - COMPROBACIÓN DEL ESFUERZO:

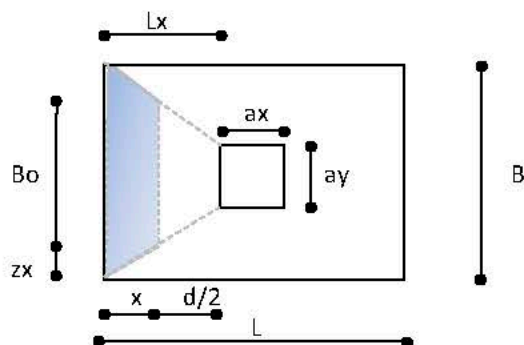
3.1.- ESFUERZO CORTANTE

a = ancho de la cabeza de la zapata
d = Peralte de la zapata

$$d = h - \text{rec.}$$

$$d = 30 - 5$$

$$d = 25 \text{ cm}$$



Sentido X-X

$$x = \frac{(L - d - a_x)}{2}$$

$$x = \frac{(170 - 25 - 90)}{2}$$

$$x = 27,50 \text{ cm}$$

$$z_x = \frac{B \cdot x}{L}$$

$$z_x = \frac{(2)(27,5)}{(1,7)}$$

$$z_x = 32,35 \text{ cm}$$

$$B_o = B - 2 z_x$$

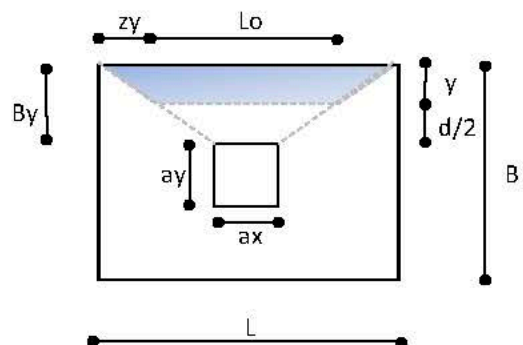
$$B_o = 200 - (2)(32,35)$$

$$B_o = 145,00 \text{ cm}$$

$$v_{ux} = \frac{q_{mx}}{B_o \cdot d} \cdot \frac{(B + B_o)}{2} \cdot x$$

$$v_{ux} = \frac{2,32}{(145)(25)} \cdot \frac{200 + 145}{2} (27,5)$$

$$v_{ux} = 3,04 \text{ N/cm}^2$$



Sentido Y-Y

$$y = \frac{(B - d - a_y)}{2}$$

$$y = \frac{(200 - 25 - 120)}{2}$$

$$y = 27,50 \text{ cm}$$

$$z_y = \frac{L \cdot y}{B}$$

$$z_y = \frac{(1,7)(27,5)}{(2)}$$

$$z_y = 23,38 \text{ cm}$$

$$L_o = L - 2 z_y$$

$$L_o = 170 - (2)(23,38)$$

$$L_o = 123,24 \text{ cm}$$

$$v_{uy} = \frac{q_{my}}{L_o \cdot d} \cdot \frac{(L + L_o)}{2} \cdot y$$

$$v_{uy} = \frac{2,43}{(123,24)(2)} \cdot \frac{170 + 123,24}{2} (27,5)$$

$$v_{uy} = 3,18 \text{ N/cm}^2$$

- Esfuerzo Cortante admisible V_n :

$$V_n \geq V_u$$

V_n = Resistencia nominal al cortante del hormigon

$$V_n = V_c + V_s$$

Por fines prácticos, adoptamos: $V_n = V_c$

V_c = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

V_s = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

donde: λ = Factor de modificador de $\sqrt{f'_c}$

$$\lambda = 0,85$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8,30 \text{ Mpa}$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{l} \sqrt{f'_c} \leq 8,30 \text{ Mpa} \\ \sqrt{21} \leq 8,30 \text{ Mpa} \\ 4,58 < 8,30 \end{array} \right. \therefore \text{Si cumple}$$

$$V_c = (0,17) (0,85) \cdot \text{RAIZ}(21)$$

$$V_c = 0,66 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$$

$$V_c = 66,00 \text{ N/cm}^2$$

$$V_n = V_c = 66,00 \text{ N/cm}^2$$

$$V_n > v_{ux}$$

$$66,00 > 3,04$$

$$\therefore \text{Si cumple}$$

$$V_n > v_{uy}$$

$$66,00 > 3,18$$

$$\therefore \text{Si cumple}$$

3.2.- MOMENTO FLECTOR

- Momento actuante:

$$L_x = (L - a_x) / 2$$

$$L_x = (1,7 - 0,9) / 2$$

$$L_x = 0,40 \text{ m}$$

$$MTX = M_y + q_{mx} \cdot L_x^2 \cdot B / 2$$

$$MTX = 432 + (23200) (0,4^2) (2) / 2$$

$$MTX = 4144 \text{ N.m}$$

$$B_y = (B - a_y) / 2$$

$$B_y = (2 - 1,2) / 2$$

$$B_y = 0,40 \text{ m}$$

$$MTY = M_x + q_{my} \cdot B_y^2 \cdot L / 2$$

$$MTY = 1805 + (24300) (0,4^2) (1,7) / 2$$

$$MTY = 4960 \text{ N.m}$$

Momento resistente:

$$n = E_s / E_c$$

$$n = (200000) / (21538)$$

$$n = 9,29$$

$$J = 1 - K / 3$$

$$J = 1 - (0,24) / (3)$$

$$J = 0,92$$

$$K = n / (n + f_s / f_{ce})$$

$$K = (9,29) / [9,29 + (274,67) / (9,45)]$$

$$K = 0,24$$

$$R = f_{ce} \cdot J \cdot K$$

$$R = (9,45) (0,92) (0,24)$$

$$R = 2,09 \text{ Mpa}$$

$$R = 2,09E+06 \text{ N/m}^2$$

- Resistencia efectiva a la compresión del concreto, f_{ce}

$$f_{ce} = 0,85 \beta_s \cdot f'_c \rightarrow \text{donde: } \beta_s = 1,0$$

$$f_{ce} = (0,85) (1,0) (21)$$

$$f_{ce} = 9,45 \text{ Mpa}$$

- Esfuerzo calculado , fs

$$\begin{aligned} f_s &= (2/3) f_y \\ f_s &= (2/3) (412) \\ f_s &= 274,67 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Momento resistente, MR

$$\begin{aligned} MR_x &= R \cdot B \cdot d^2 \\ MR_x &= (2090000) (2) (0,25^2) \\ MR_x &= 261.250 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MR_x &> MT_x \\ 261.250 &> 4.144 \\ \therefore &\text{ Si cumple} \end{aligned}$$

$$MR_y = R \cdot L \cdot d^2$$

$$\begin{aligned} MR_y &= (2090000) (1,7) (0,25^2) \\ MR_y &= 222.063 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MR_y &> MT_y \\ 222.063 &> 4.960 \\ \therefore &\text{ Si cumple} \end{aligned}$$

3.3.- COMPROBACIÓN DEL PERALTE

$$\begin{aligned} dx &= \text{RAIZ} (MT_x / (L \cdot R)) \\ dx &= \text{RAIZ} [4144 / ((1,7) (2090000))] \\ dx &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &< d \\ 0,03 &< 0,25 \\ \therefore &\text{ Si cumple} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{RAIZ} (MT_y / (B \cdot R)) \\ dy &= \text{RAIZ} [4960 / ((2) (2090000))] \\ dy &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &< d \\ 0,03 &< 0,25 \\ \therefore &\text{ Si cumple} \end{aligned}$$

Acero Requerido:

$$\begin{aligned} As_x &= MT_x / (f_s \cdot J \cdot d) \\ As_x &= (414400) / [(27467) (0,92) (25)] \\ As_x &= 0,66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_y &= MT_y / (f_s \cdot J \cdot d) \\ As_y &= (496000) / [(27467) (0,92) (25)] \\ As_y &= 0,79 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Refuerzo mínimo a flexión:

Por norma, la cuantía de refuerzo para barras corrugadas Grado 420 es **0,0018**

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} As_{x_{MIN}} &= 0.0018 L \cdot d \\ As_{x_{MIN}} &= (0.0018) (170) (25) \\ As_{x_{MIN}} &= 7,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Como: } As_x &< As_{x_{MIN}} \\ 0,66 &< 7,65 \\ As_x &= 7,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{y_{MIN}} &= 0.0018 B \cdot d \\ As_{y_{MIN}} &= (0.0018) (200) (25) \\ As_{y_{MIN}} &= 9,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Como: } As_y &< As_{y_{MIN}} \\ 0,79 &< 9,00 \\ As_y &= 9,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Selección de armadura:

X - X:

Ø mm	Av cm ²	No. Varillas	Espaciamiento
10	0,79	10	1 Ø 10 mm @ 20 cm
12	1,13	7	1 Ø 12 mm @ 28 cm
14	1,54	5	1 Ø 14 mm @ 40 cm
16	2,01	4	1 Ø 16 mm @ 50 cm
18	2,55	3	1 Ø 18 mm @ 66 cm

\therefore adoptamos: **1 Ø 12 mm @ 28 cm**

Y - Y:

Ø mm	Av cm ²	No. Varillas	Espaciamiento
10	0,79	11	1 Ø 10 mm @ 15 cm
12	1,13	8	1 Ø 12 mm @ 21 cm
14	1,54	6	1 Ø 14 mm @ 28 cm
16	2,01	5	1 Ø 16 mm @ 34 cm
18	2,55	4	1 Ø 18 mm @ 42 cm

\therefore adoptamos: **1 Ø 12 mm @ 21 cm**

Chequeo del esfuerzo de adherencia:

$$\begin{aligned}\phi x &= 12 \\ N_{vx} &= 7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_{ox} &= \text{Perimetro total de las varillas} \\ E_{ox} &= 26,39 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_x &= (q_{mx} \cdot B \cdot L) / (E_{ox} \cdot J \cdot d) \\ u_x &= (2,32) (200) (170) / \\ &\quad [(26,39) (0,92) (25)] \\ u_x &= 129,96 \text{ N/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_{x_{adm}} &= 31 \text{ RAIZ } (f'c) / \phi \\ u_{x_{adm}} &= 31 \text{ RAIZ } (2100) / (1,2) \\ u_{x_{adm}} &= 1.184 \text{ N/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_x &< u_{x_{adm}} \\ 129,96 &< 1.184 \\ \therefore \text{ Si cumple}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi y &= 12 \\ N_{vy} &= 7\end{aligned}$$

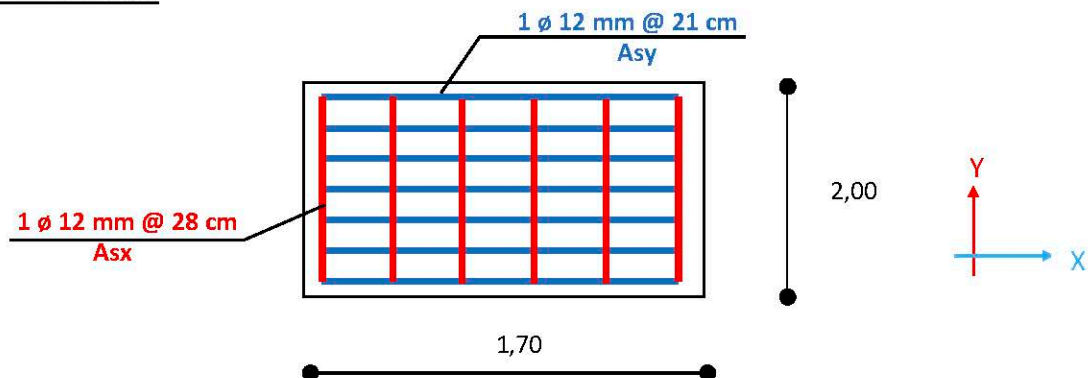
$$\begin{aligned}E_{oy} &= \text{Perimetro total de las varillas} \\ E_{oy} &= 26,39 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_y &= (q_{my} \cdot L \cdot B) / (E_{oy} \cdot J \cdot d) \\ u_y &= (2,43) (170) (200) / \\ &\quad [(26,39) (0,92) (25)] \\ u_y &= 136,12 \text{ N/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_{y_{adm}} &= 31 \text{ RAIZ } (f'c) / \phi \\ u_{y_{adm}} &= 31 \text{ RAIZ } (2100) / (1,2) \\ u_{y_{adm}} &= 1.184 \text{ N/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u_y &< u_{y_{adm}} \\ 136,12 &< 1.184 \\ \therefore \text{ Si cumple}\end{aligned}$$

Resumen de Armado:



Ing. Fernando Erazo Bustamante

Reg. Senescyt: 1031-02-269661

Mat. Prof.: 802 C.I.C.L.

Reg. Mun.: 975