

DISEÑO DE MURO VOLADIZO H = 2.15 m.

DATOS GENERALES DE DISEÑO

σ_t	=	4.48 kg/cm ²	
u	=	0.82	friccion
Wt	=	2670.00 kg/m ³	p.e relleno
ϕ	=	39.20 °	
H.estribo	=	2.60 m	
i	=	0 °	
s/c	=	2.00 ton/m ²	
Df	=	1.00 m	
H.rell.pasivo	=	0.00 m	
f'c	=	210 kg/cm ²	
f'y	=	4200.00 kg/cm ²	
Es	=	2100000.00 kg/cm ²	

PREDIMENSIONAMIENTO

e1 =	0.20 m	e2 = H / 12
e2 =	0.25 m	e2 = 260 / 12
hz =	0.45 m	e2 = 21.67cm
H' =	2.15 m	

- Coeficiente del empuje activo (Rankine):

$$Ca = \cos \delta \left(\frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}} \right)$$

Ca = 0.225

$$Ca \text{ Wt} = 0.225 \times 2670$$

$$Ca \text{ Wt} = 600.75 \quad \text{kg / m}^3 \quad \text{Interpolando este valor en tabla}$$

- Se tiene:

$$\begin{aligned} B / (H + h_s) &= 0.548 & (\text{se interpola en la tabla}) \\ h_s &= 0.75\text{m} \\ B &= 1.83\text{m} \\ \Rightarrow B &= 1.80\text{m} \end{aligned}$$

B/(H+h _s)	C _a w (kg/m ³)
0.30	204
0.35	269
0.40	343
0.45	423
0.50	512
0.55	605
0.60	715
0.65	830

- Se puede estimar:

$$\begin{aligned} b_1 &= 0.1 \times H + e_2 / 2 \\ b_1 &= 0.1 \times 2.6 + 0.25 / 2 \\ b_1 &= 0.39\text{m} \\ \Rightarrow b_1 &= 0.40\text{m} \\ b_2 &= B - b_1 \\ b_2 &= 1.8 - 0.4 \\ b_2 &= 1.40\text{m} \end{aligned}$$

- Calculando empuje por acción de Relleno (por 1,00 ml):

$$\text{H.relleno} = 2.15\text{m}$$

$$Ea = (Ca \times Wt \times H^2) / 2$$

$$Ea = (600.75 \times 2.15^2) / 2$$

$$Ea = 1388.48 \text{ kg/m}$$

$$Ea = 1.39 \text{ Ton/m}$$

$$Ea.h = 1.39 \text{ Ton/m} \quad Ea.v = 0.00 \text{ Ton/m}$$

- Calculando empuje por acción de Sobre carga (por 1,00 ml):

$$E.s/c = (Ca \times s/c \times H)$$

$$E.s/c = (0.225 \times 2 \times 2.15)$$

$$E.s/c = 0.97 \text{ Ton/m}$$

- Coeficiente del empuje pasivo (Rankine):

$$Cp = \cos \delta \left(\frac{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$Cp = 4.435$$

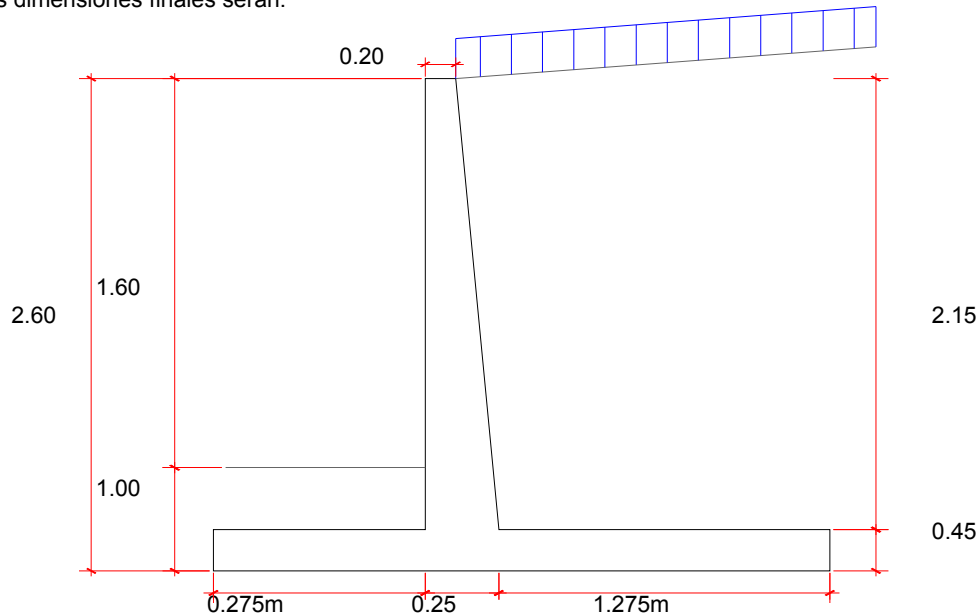
- Calculando empuje pasivo (por 1,00 ml):

$$E.p = (Cp \times Wt \times H.\text{rell.pasivo})$$

$$E.p = (4.435 \times 2670 \times 0^2) / 2$$

$$E.p = 0.00 \text{ Ton/m}$$

- Las dimensiones finales serán:



VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD

i) Verificación al volteo

- Empuje Volcador:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
Ea.h =	1.39Ton	0.72m	1.00Ton.m
E.s/c =	0.97Ton	1.08m	1.04Ton.m
$\sum F_v =$	2.36Ton	$\sum M_v$	2.04Ton.m

- Fuerza y momentos resistentes:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
1	1.94Ton	0.90m	1.75Ton.m
2	1.03Ton	0.38m	0.39Ton.m
3	0.13Ton	0.49m	0.06Ton.m
4	7.46Ton	1.16m	8.68Ton.m
5	0.00Ton	1.36m	0.00Ton.m
Ea.v =	0.00Ton	1.80m	0.00Ton.m
Carga Punt. =	0.00Ton	0.45m	0.00Ton.m
$\sum F_R =$	10.57Ton	$\sum M_R =$	10.88Ton.m

- Factor de seguridad al volteo:

$$F_{sv} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad F_{sv} = \frac{5.34}{2} > 2$$

Es correcto el predimensionamiento

- Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F_{sd} = \frac{\sum F_R}{\sum F_A} \quad F_{sd} = \frac{3.66}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

ii) Punto de paso de la resultante: cálculo de la exentricidad "e"

- Cálculo de "e" :

$$x = (M_R - M_V) / F_R = 0.84m \quad e = (B/2) - x = 0.06m$$

Donde:

$$\begin{aligned} eb &< B/6 \\ eb &< 1.8/6 \\ eb &< 0.30m \end{aligned}$$

- Se debe cumplir que $e < eb$:

$$0.06m < 0.30m \quad \text{Es correcto el predimensionamiento}$$

iii) Cálculo de las presiones del terreno

$$\sigma_{1,2} = (\sum F_R / B) \times (1 \pm (6e/B))$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 0.71 \text{ kg / cm}^2 \\ \sigma_2 &= 0.46 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

ANÁLISIS SÍSMICO

i) Coeficiente de Aceleración Horizontal

$$A = 0.51 \quad (\text{Mapa de Isoaceleraciones para un 7 \% de excedencia en 75 años})$$

$$k_h = 0.255$$

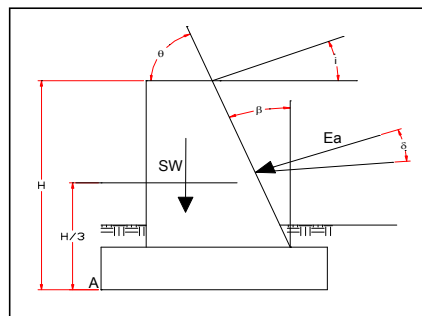
ii) Coeficiente de Aceleración Vertical

$$k_v = 70\% k_h = 0.18$$

iii) Efecto Sísmico

Teoría de Mononobe Okabe

$$E_{EA} = \frac{1}{2} \gamma (1 - K_V) K_{AE} H^2 \quad K_{AE} = \frac{\cos^2 (\phi - \theta - \beta)}{\psi \cos \theta \cos^2 \beta \cos (\delta + \beta + \theta)}$$



$$\begin{aligned} \phi &= \text{Angulo de fricción del suelo} & 39.20 \\ \delta &= \text{Angulo fricción entre suelo y muro} & 26.13333333 \\ i &= \text{Angulo del talud} & 0 \\ \beta &= \text{Angulo entre el muro y relleno} & 0 \end{aligned}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{K_H}{1 - K_V} \right) = 17.24$$

$$\psi = \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2 = 2.83$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\psi \cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta)} = 0.44$$

Sustituyendo el valor de K_{AE} en la E_{AE} :

$$E_{EA} = \frac{1}{2} \gamma t (1 - K_V) K_{AE} H^2 = 2.22 \text{ Ton/m}$$

Como el AEA es considerando los efectos de las dos condiciones tanto del empuje activo dinámico como del empuje estatico activo , es conveniente separarlo

$$\Delta E_A = E_{EA} - E_A = 0.83 \text{ Ton/m}$$

v) Verificación de Estabilidad

- Empuje Volcador:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
Ea.h =	1.39Ton	0.72m	1.00Ton.m
E.s/c =	0.97Ton	1.08m	1.04Ton.m
ΔE_A =	0.83Ton	1.08m	0.89Ton.m
Fuerza Inercial =	0.50Ton	0.23m	0.11Ton.m
	0.26Ton	1.53m	0.40Ton.m
	0.03Ton	1.17m	0.04Ton.m
$\sum F_V$ =	3.98Ton	$\sum M_V$	3.48Ton.m

- Fuerza y momentos resistentes:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
1	1.94Ton	0.90m	1.75Ton.m
2	1.03Ton	0.38m	0.39Ton.m
3	0.13Ton	0.49m	0.06Ton.m
4	7.46Ton	1.16m	8.68Ton.m
5	0.00Ton	1.36m	0.00Ton.m
Ea.v =	0.00Ton	1.80m	0.00Ton.m
Carga Punt. =	0.00Ton	0.45m	0.00Ton.m
	10.57Ton		10.88Ton.m

- Factor de seguridad al volteo:

$$F_{SV} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad F_{sv} = \frac{3.13}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

- Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F_{sd} = \frac{u \sum F_R}{\sum F_A} \quad F_{ds} = \frac{2.17}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

ii) Punto de paso de la resultante: cálculo de la exentricidad "e"

- Calculo de "e" :

$$x = (M_R - M_V) / F_R = 0.70m \quad e = (B/2) - x = 0.20m$$

Donde:

eb	<	B / 6
eb	<	1.8 / 6
eb	<	0.30m

- Se debe cumplir que e < eb:

$$0.20m < 0.30m \quad \text{Es correcto el predimensionamiento}$$

iii) Cálculo de las presiones del terreno

$$\sigma_{1,2} = (\Sigma F_R / B) \times (1 \pm (6e/B))$$

$\sigma_1 =$	0.98 kg/cm ²	<	4.48 kg/cm ²	OK
$\sigma_2 =$	0.20 kg/cm ²	<	4.48 kg/cm ²	OK

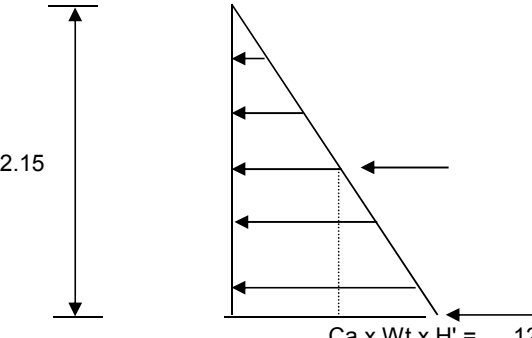
VERIFICACION DEL ESPESOR DE LA PANTALLA

VERIFICACION POR CORTE

- Las cargas deben mayorarse
- Se va a calcular el la union de la zapata con el muro

Nota:

- Las presiones laterales de la tierra o relleno se consideran carga viva se le debe mayorar con el coeficiente 1.7
- Para la losa del talon el peso propio y la tierra o relleno se mayorar con el coef. 1.4
- La S/C cuando exista se considera como carga viva y se mayorar con el coef 1.7



$r = 7.00\text{cm}$
 $d.\text{tanteo} = 2.54\text{cm}$

$E'a = Ca \times Wt \times H'^2 / 2 + (Ca \times s/c \times H')$
 $E'a = 0.225 \times 2670 \times 2.15^2 / 2 + 0.225 \times 2000 \times 2$
 $E'a = 1388.483\text{kg/m} + 967.5\text{kg/m}$
 $E'a = 2355.98\text{kg/m}$
 $E'a = 2.36\text{Ton/m}$

$Ca \times Wt \times H' = 1291.61\text{kg/m}$

$V_u = 1.7 \times E'a$	$V_n = V_u / 0.85$
$V_u = 4005.17\text{kg}$	$V_n = 4711.97\text{kg}$
$V_{cn} = 0.53 (f'c)^{0.5} \times b \times d$	$b = 100.00\text{cm}$
$V_{cn} = 12849.36\text{kg}$	$d = 16.73\text{cm}$

$V_{cn} > V_n$
 Las dimensiones son correctas OK

VERIFICACION FLEXION

Momento de Diseño

- i) El empuje activo $E'a$ produce en la base de la pantalla el Mo último mayorado:

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1.7 (E'a \times H' / 3) + 1.7 (Es/c \times H' / 2) \\
 M_u &= 1.7 (1388.483 \times 2.15 / 3) + 1.7 (967.5 \times 2.15 / 2) \\
 M_u &= 3459.74\text{kg.m} \\
 \\
 M_u &= 1.25 (CM+CV) + CS \\
 M_u &= 1.25 (E'a \times H' / 3) + 1.25 (Es/c \times H' / 2) + \Delta EA \times H'/2 \\
 M_u &= 1.25 (1388.483 \times 2.15 / 3) + 1.25 (967.5 \times 2.15 / 2) + 827.544 \times 2.15 / 2 \\
 M_u &= 3433.54\text{kg.m}
 \end{aligned}$$

- ii) Determinando el espesor requerido para la pantalla

$$Mud = \phi \times \rho \times b \times d^2 \times f_y \times (1 - 0.59 \times \rho \times f_y / f'c)$$

Cuantia Maxima ρ_{max} :

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \rho_b \\
 \rho_{max} &= 0.75 \times 0.85 \times \beta \times f'c / f_y \times 0.003 \times Es / (0.003 \times Es + f_y) \\
 \rho_{max} &= 0.01626
 \end{aligned}$$

Cuantia Minimo ρ_{min} en flexión:

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= 0.7 \times \sqrt{f'c} / f_y \\
 \rho_{min} &= 0.00242
 \end{aligned}$$

Cuantia Minimo p.min en losas:

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\text{promedio}} = 0.00934$$

$$d = 10.98\text{cm}$$

Por lo tanto se elige el mayor espesor:

$$d = 16.73\text{cm}$$

$$e_2 = 25.00\text{cm}$$

1) Diseño del refuerzo en la pantalla vertical

$$\begin{aligned} M_u &= 3459.74\text{kg.m} \\ b &= 100\text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= e_2 - r - \phi/2 \quad (\text{cm}) \\ d &= 16.73\text{cm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)}$$

$$a = 1.34\text{cm}$$

$$A_s = 5.70\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Verificar: } A_{s \min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ A_{s \min} &= 4.04\text{cm}^2 \end{aligned}$$

Se debe colocar el acero calculado:

$A_s = 5.70\text{cm}^2$

ii) Si se utiliza varillas de ϕ 1/2 $A_{sb} = 1.29\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento} &= 0.226\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 20.00\text{cm} \end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 20 cm

2) Diseño del refuerzo horizontal y vertical de montaje de la pantalla

i) Refuerzo vertical de montaje en cara exterior

$$\begin{aligned} A_{s \min V} &= 0.0012 \times b \times h \\ A_{s \min V} &= 3.00\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 100\text{cm} \\ h &= 25\text{cm} \\ d &= 16.7\text{cm} \end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de ϕ 1/2 $A_{sb} = 1.29\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento} &= 0.430\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 40.00\text{cm} \end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 40 cm

ii) Refuerzo horizontal por temperatura y montaje para $\phi < 5/8"$

Para la parte inferior del muro, cara exterior 2/3 A_s

$$\begin{aligned} A_{s \min H} &= 0.0025 \times b \times h \\ A_{s \min H} &= 6.25\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 100\text{cm} \\ h &= 25\text{cm} \\ d &= 16.7\text{cm} \end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de ϕ 1/2 $A_{sb} = 1.29\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} A_{\text{acero}} &= 2/3 \times A_s \\ \text{Espaciamiento} &= 0.310\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 30.00\text{cm} \end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 30 cm

Para la parte inferior del muro, cara interior $A_s/3$

$$\begin{aligned} A_{s \min H} &= 0.0025 \times b \times h \\ A_{s \min H} &= 6.25\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 100\text{cm} \\ h &= 25\text{cm} \\ d &= 16.7\text{cm} \end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de Ø 3/8 Asb = 0.71cm²

A.acero = As / 3
Espaciamento = 0.341m
Espaciamento = 32.50cm

Se puede colocar varillas de 3/8 @ 33 cm

Para la parte superior del muro h' promedio espesores, cara exterior 2/3As

As min H = 0.0025 x b x h' b = 100cm
As min H = 5.63cm² h' = 23cm
d = 16.7cm

Si se utiliza varillas de Ø 1/2 Asb = 1.29cm²

A.acero = 2/3 x As
Espaciamento = 0.344m
Espaciamento = 32.50cm

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 33 cm

Para la parte superior del muro, cara interior As/3

As min H = 0.0025 x b x h' b = 100cm
As min H = 5.63cm² h' = 23cm
d = 17cm

Si se utiliza varillas de Ø 3/8 Asb = 0.71cm²

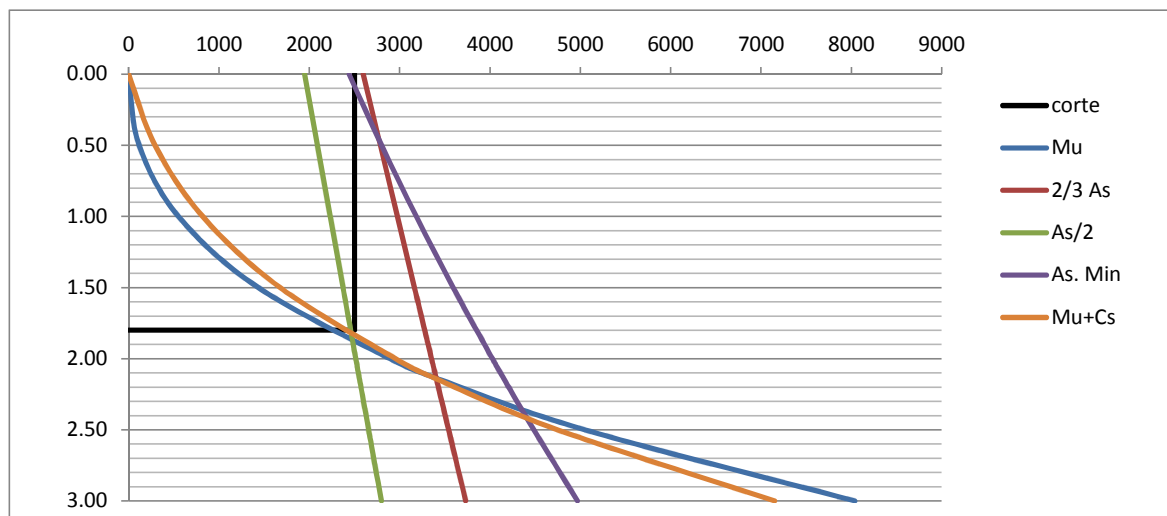
A.acero = As / 3
Espaciamento = 0.379m
Espaciamento = 35.00cm

Se puede colocar varillas de 3/8 @ 35 cm

iii) Corte del refuerzo vertical:

a = 1.50

H	Mu	Mu + Cs	2/3 xAs	As/2	As.min
0.00	0.00kg/m	0.00kg/m	2597.39kg/m	1948.04kg/m	2440.75kg/m
0.50	116.90kg/m	292.84kg/m	2786.39kg/m	2089.79kg/m	2800.33kg/m
1.00	552.71kg/m	820.18kg/m	2975.39kg/m	2231.54kg/m	3184.61kg/m
1.50	1435.09kg/m	1675.87kg/m	3164.39kg/m	2373.29kg/m	3593.57kg/m
2.00	2891.70kg/m	2953.79kg/m	3353.39kg/m	2515.04kg/m	4027.22kg/m
2.15	3459.74kg/m	3433.54kg/m	3410.09kg/m	2557.57kg/m	4162.13kg/m
2.50	5050.20kg/m	4747.81kg/m	3542.39kg/m	2656.79kg/m	4485.56kg/m
3.00	8038.24kg/m	7151.78kg/m	3731.39kg/m	2798.54kg/m	4968.58kg/m



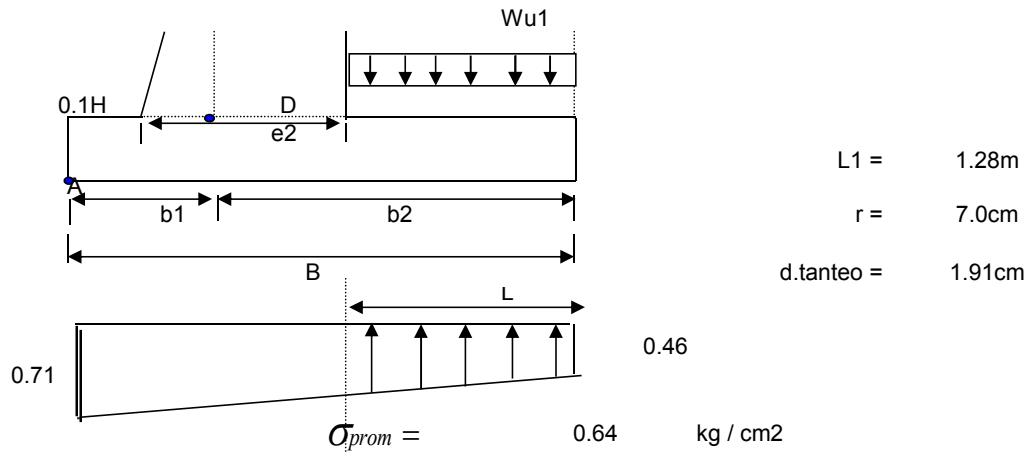
L.corte = L.corte + d = 0.52m
L.corte = 0.55m

DISEÑO DEL REFUERZO DEL TALON POSTERIOR

i) Cálculo del refuerzo principal

$$Wu1 = 1.4 (Po.Zap + Po.Relleno) + 1.7 (Sobrecarga)$$

$$Wu1 = 9552.10 \text{ kg/ml}$$



Momento en la cara del apoyo:

$$Mu = Wu1 * \frac{L^2}{2} - 1.4 * \left(\frac{(\sigma_{prom} - \sigma_1) * L}{2} * L / 3 + L^2 \frac{\sigma_1}{2} \right) = 1824.84 \text{ kg.m}$$

$Mu = 1824.84 \text{ kg.m}$
 $b = 100 \text{ cm}$
 $d = 37.0 \text{ cm}$
 $d = hz - r$
 $hz = 45 \text{ cm}$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - a / 2)}$$

$a = 0.31 \text{ cm}$
 $As = 1.31 \text{ cm}^2$

Verificar: $As_{min} = \rho_{min} * b * hz$
 $As_{min} = 8.10 \text{ cm}^2$

Se debe colocar el acero mínimo:

$As = 8.10 \text{ cm}^2$

Si se utiliza varillas de Ø

1/2

$Asb = 1.29 \text{ cm}^2$

Espaciamiento = 0.159m
 Espaciamiento = 15.0cm

Se puede colocar varillas de

1/2 @ 15 cm

ii) Calculo de acero de refuerzo en la direccion perpendicular:

$Asmin = 8.10 \text{ cm}^2$

Si se utiliza varillas de Ø

1/2

$Asb = 1.29 \text{ cm}^2$

Espaciamiento = 0.159cm
 Espaciamiento = 15.0cm

Se puede colocar varillas de

1/2 @ 15 cm

iii) Verificacion al Corte:

$Vu = 3318.82 \text{ kg}$

=====>

$Vn = Vu / 0.85$
 $Vn = 3904.50 \text{ kg}$

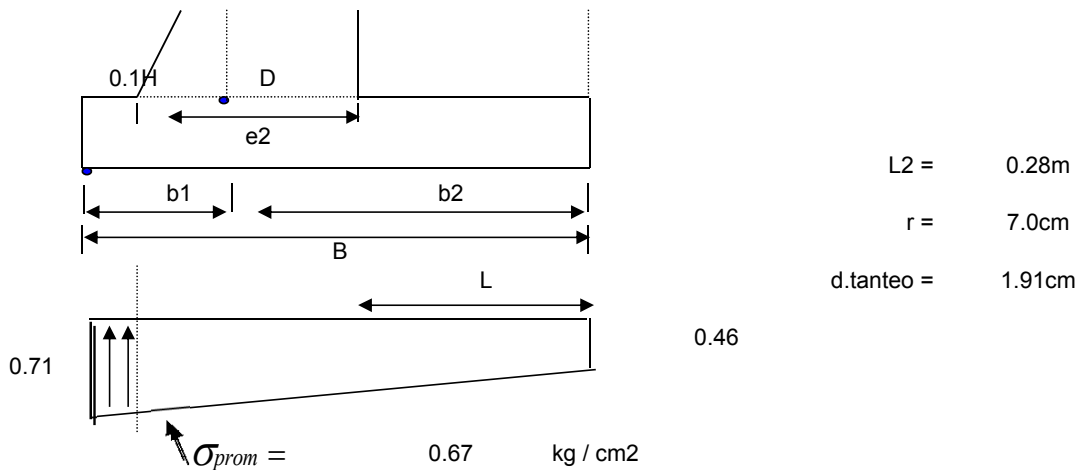
$Vcn = 0.53 (f'c)^{0.5} * b * d$
 $Vcn = 28452.15 \text{ kg}$

$d = 37.0 \text{ cm}$

$Vcn > Vn$
 Las dimensiones son correctas OK

DISEÑO DEL REFUERZO DEL TALON ANTERIOR

i) Cálculo del refuerzo principal



Momento en la cara del apoyo

$$Mu = 1.4 * ((\sigma_{prom}) * (L2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{prom}) * L2^2 / 3) = 369.84 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 369.84 \text{ kg.m} \\ b &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_z &= 45 \text{ cm} \\ d &= 37.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)}$$

$$a = 0.06 \text{ cm}$$

$$As = 0.26 \text{ cm}^2$$

Verificar:

$$\begin{aligned} As_{\min} &= \rho_{\min} \times b \times h_z \\ As_{\min} &= 8.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se debe colocar el acero mínimo:

As = 8.10 cm ²

Si se utiliza varillas de Ø 1/2

$$As_b = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.159 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 15.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de

$$1/2 @ 15 \text{ cm}$$

ii) Cálculo de acero de refuerzo en la dirección perpendicular:

$$As_{\min} = 8.10 \text{ cm}^2$$

Si se utiliza varillas de Ø 1/2

$$As_b = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.159 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 15.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de Ø

$$1/2 @ 15 \text{ cm}$$

iii) Verificación al Corte:

$$Vu = 2665.41 \text{ kg} \quad \text{=====>}$$

$$Vn = Vu / 0.85$$

$$Vn = 3135.78 \text{ kg}$$

$$V_{cn} = 0.53 (f'_c)^{0.5} \times b \times d$$

$$V_{cn} = 28452.15 \text{ kg}$$

$$d = 37.0 \text{ cm}$$

$$V_{cn} > Vn$$

Vn Las dimensiones son correctas OK