

## DISEÑO DE MURO VOLADIZO H = 4.85m.

### DATOS GENERALES DE DISEÑO

$\sigma_t$	=	4.48 kg/cm <sup>2</sup>	
u	=	0.82	friccion
Wt	=	2670.00 kg/m <sup>3</sup>	p.e relleno
$\phi$	=	39.20 °	
H.estribo	=	5.45 m	
i	=	0 °	
s/c	=	2.00 ton/m <sup>2</sup>	
Df	=	1.00 m	
H.rell.pasivo	=	0.00 m	
f'c	=	210 kg/cm <sup>2</sup>	
fy	=	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>	
Es	=	2100000.00 kg/cm <sup>2</sup>	

### PREDIMENSIONAMIENTO

e1 =	0.30 m	e2 = H / 12
e2 =	0.50 m	e2 = 545 / 12
hz =	0.60 m	e2 = 45.42cm
H' =	4.85 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

$$Ca Wt = 0.225 \times 2670$$

$$Ca Wt = 600.75 \quad \text{kg / m}^3$$

Interpolando este valor en tabla

- Se tiene:

$$B / (H + h_s) = 0.548 \quad (\text{se interpola en la tabla})$$

$$h_s = 0.75\text{m}$$

$$B = 3.40\text{m}$$

=>  $B = 3.40\text{m}$

B/(H+h <sub>s</sub> )	C <sub>a</sub> w (kg/m <sup>3</sup> )
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:

$$b1 = 0.1 \times H + e2 / 2$$

$$b1 = 0.1 \times 5.45 + 0.5 / 2$$

$$b1 = 0.80\text{m}$$

=>  $b1 = 0.80\text{m}$

$$b2 = B - b1$$

$$b2 = 3.4 - 0.8$$

$$b2 = 2.60\text{m}$$

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

$$H.\text{relleno} = 4.85\text{m}$$

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

$$Ea = (600.75 \times 4.85^2) / 2$$

$$Ea = 7065.57 \text{ kg/m}$$

$$Ea = 7.07 \text{ Ton/m}$$

$$Ea.h = 7.07 \text{ Ton/m} \quad Ea.v = 0.00 \text{ Ton/m}$$

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

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

$$E.s/c = (0.225 \times 2 \times 4.85)$$

$$E.s/c = 2.18 \text{ Ton/m}$$

- Coeficiente del empuje pasivo (Rankine):

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

$$Cp = 4.435$$

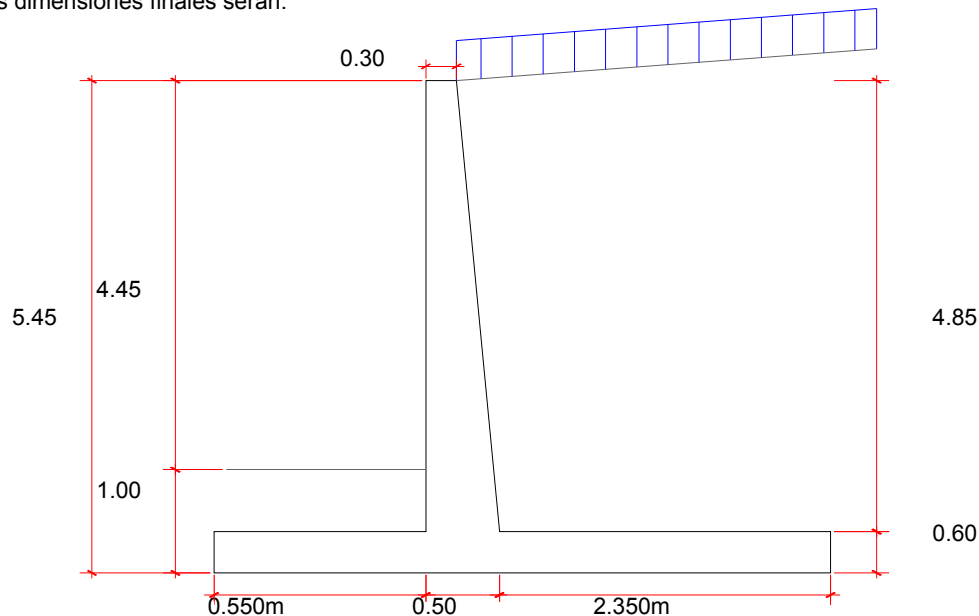
- Calculando empuje pasivo (por 1,00 ml):

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

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

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

- Las dimensiones finales serán:



## VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD

### i) Verificación al volteo

- Empuje Volcador:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
Ea.h =	7.07Ton	1.62m	11.42Ton.m
E.s/c =	2.18Ton	2.43m	5.29Ton.m
$\sum F_v =$	9.25Ton	$\sum M_v$	16.72Ton.m

- Fuerza y momentos resistentes:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
1	4.90Ton	1.70m	8.32Ton.m
2	3.49Ton	0.70m	2.44Ton.m
3	1.16Ton	0.92m	1.07Ton.m
4	31.73Ton	2.23m	70.59Ton.m
5	0.00Ton	2.55m	0.00Ton.m
Ea.v =	0.00Ton	3.40m	0.00Ton.m
Carga Punt.=	0.00Ton	0.73m	0.00Ton.m
$\sum F_R =$	41.28Ton	$\sum M_R =$	82.43Ton.m

- Factor de seguridad al volteo:

$$F_{sv} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad F_{sv} = \frac{4.93}{2} > 2$$

Es correcto el predimensionamiento

- Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F_{sd} = \frac{\sum F_R}{\sum F_A} \quad F_{sd} = \frac{3.64}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

## ii) Punto de paso de la resultante: cálculo de la excentricidad "e"

- Cálculo de "e" :

$$x = (M_R - M_V) / F_R = 1.59m \quad e = (B/2) - x = 0.11m$$

Donde:

$$\begin{aligned} eb &< B/6 \\ eb &< 3.4/6 \\ eb &< 0.57m \end{aligned}$$

- Se debe cumplir que  $e < eb$ :

$$0.11m < 0.57m \quad \text{Es correcto el predimensionamiento}$$

## iii) Cálculo de las presiones del terreno

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

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 1.45 \text{ kg / cm}^2 \\ \sigma_2 &= 0.98 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

## ANÁLISIS SÍSMICO

### i) Coeficiente de Aceleración Horizontal

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

$$k_h = 0.255$$

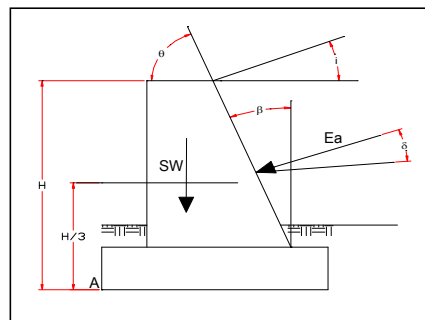
### ii) Coeficiente de Aceleración Vertical

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

### 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  $E_{AE}$ :

$$E_{EA} = \frac{1}{2} w t (1 - K_V) K_{AE} H^2 = 11.28 \text{ Ton/m}$$

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

$$\Delta E_A = E_{EA} - E_A = 4.21 \text{ Ton/m}$$

#### v) Verificación de Estabilidad

##### - Empuje Volcador:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
Ea.h =	7.07Ton	1.62m	11.42Ton.m
E.s/c =	2.18Ton	2.43m	5.29Ton.m
$\Delta E_A$ =	4.21Ton	2.43m	10.21Ton.m
Fuerza Inercial =	1.25Ton	0.30m	0.37Ton.m
	0.89Ton	3.03m	2.69Ton.m
	0.30Ton	2.22m	0.66Ton.m
$\sum F_V$ =	15.89Ton	$\sum M_V$	30.65Ton.m

##### - Fuerza y momentos resistentes:

Elemento	Fuerza	Brazo Mos	Momentos
1	4.90Ton	1.70m	8.32Ton.m
2	3.49Ton	0.70m	2.44Ton.m
3	1.16Ton	0.92m	1.07Ton.m
4	31.73Ton	2.23m	70.59Ton.m
5	0.00Ton	2.55m	0.00Ton.m
Ea.v =	0.00Ton	3.40m	0.00Ton.m
Carga Punt. =	0.00Ton	0.73m	0.00Ton.m
	41.28Ton		82.43Ton.m

##### - Factor de seguridad al volteo:

$$F_{SV} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad F_{sv} = \frac{2.69}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

##### - Factor de seguridad al deslizamiento:

$$F_{sd} = \frac{u \sum F_R}{\sum F_A} \quad F_{ds} = \frac{2.12}{1.5} > 1.5$$

Es correcto el predimensionamiento

#### ii) Punto de paso de la resultante: cálculo de la excentricidad "e"

##### - Cálculo de "e" :

$$x = (M_R - M_V) / F_R = 1.25m \quad e = (B/2) - x = 0.45m$$

Donde:

$$\begin{aligned} e_b &< B/6 \\ e_b &< 3.4/6 \\ e_b &< 0.57m \end{aligned}$$

##### - Se debe cumplir que $e < e_b$ :

$$0.45m < 0.57m \quad \text{Es correcto el predimensionamiento}$$

#### iii) Cálculo de las presiones del terreno

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

$\sigma_1 =$	2.17 kg/cm <sup>2</sup>	<	4.48 kg/cm <sup>2</sup>	OK
$\sigma_2 =$	0.26 kg/cm <sup>2</sup>	<	4.48 kg/cm <sup>2</sup>	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

$r = 7.00\text{cm}$   
 $d.tanteo = 2.54\text{cm}$   
 $E'a = Ca \times Wt \times H'^2 / 2 + (Ca \times s/c \times H')$   
 $E'a = 0.225 \times 2670 \times 4.85^2 / 2 + 0.225 \times 2000 \times 4.8$   
 $E'a = 7065.571\text{kg/m} + 2182.5\text{kg/m}$   
 $E'a = 9248.07\text{kg/m}$   
 $E'a = 9.25\text{Ton/m}$   
 $Ca \times Wt \times H' = 2913.64\text{kg/m}$   
 $Vu = 1.7 \times E'a$   
 $Vu = 15721.72\text{kg}$   
 $Vn = Vu / 0.85$   
 $Vn = 18496.14\text{kg}$   
 $Vcn = 0.53 (f'c)^{0.5} \times b \times d$   
 $Vcn = 32050.43\text{kg}$   
 $b = 100.00\text{cm}$   
 $d = 41.73\text{cm}$   
 $Vcn > Vn$   
 Las dimensiones son correctas OK

## VERIFICACION FLEXION

### Momento de Diseño

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

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1.7 (E'a \times H' / 3) + 1.7 (Es/c \times H' / 2) \\
 M_u &= 1.7 (7065.571 \times 4.85 / 3) + 1.7 (2182.5 \times 4.85 / 2) \\
 M_u &= 28415.90\text{kg.m} \\
 M_u &= 1.25 (CM+CV) + CS \\
 M_u &= 1.25 (E'a \times H' / 3) + 1.25 (Es/c \times H' / 2) + \Delta EA \times H' / 2 \\
 M_u &= 1.25 (7065.571 \times 4.85 / 3) + 1.25 (2182.5 \times 4.85 / 2) + 4211.119 \times 4.85 / 2 \\
 M_u &= 31106.01\text{kg.m}
 \end{aligned}$$

- 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  $\rho_{max}$ :

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

Cuantia Minimo  $\rho_{min}$  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:

$$\begin{aligned}p.min. &= 0.0018 \\p.promedio &= 0.00934 \\d &= 31.47\text{cm}\end{aligned}$$

Por lo tanto se elige el mayor espesor:

$$\begin{aligned}d &= 41.73\text{cm} \\e2 &= 50.00\text{cm}\end{aligned}$$

### 1) Diseño del refuerzo en la pantalla vertical

$$\begin{aligned}Mu &= 31106.01\text{kg.m} \\b &= 100\text{cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= e2 - r - \phi/2 \quad (\text{cm}) \\d &= 41.73\text{cm}\end{aligned}$$

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

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

$$a = 4.93\text{cm}$$

$$As = 20.96\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Verificar: } As \text{ min} &= p.min.bd \\As \text{ min} &= 10.08\text{cm}^2\end{aligned}$$

Se debe colocar el acero calculado:

As = 20.96cm <sup>2</sup>
---------------------------

$$\text{ii) Si se utiliza varillas de } \phi \quad 3/4 \quad Asb = 2.84\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Espaciamiento} &= 0.136\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 12.50\text{cm}\end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 3/4 @ 12.5 cm

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

#### i) Refuerzo vertical de montaje en cara exterior

$$\begin{aligned}As \text{ min V} &= 0.0012 \times b \times h \\As \text{ min V} &= 6.00\text{cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= 100\text{cm} \\h &= 50\text{cm} \\d &= 41.7\text{cm}\end{aligned}$$

$$\text{Si se utiliza varillas de } \phi \quad 1/2 \quad Asb = 1.29\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Espaciamiento} &= 0.215\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 20.00\text{cm}\end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 20 cm

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

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

$$\begin{aligned}As \text{ min H} &= 0.0025 \times b \times h \\As \text{ min H} &= 12.50\text{cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= 100\text{cm} \\h &= 50\text{cm} \\d &= 41.7\text{cm}\end{aligned}$$

$$\text{Si se utiliza varillas de } \phi \quad 1/2 \quad Asb = 1.29\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned}A.acero &= 2/3 \times As \\ \text{Espaciamiento} &= 0.155\text{m} \\ \text{Espaciamiento} &= 15.00\text{cm}\end{aligned}$$

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 15 cm

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

$$\begin{aligned}As \text{ min H} &= 0.0025 \times b \times h \\As \text{ min H} &= 12.50\text{cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= 100\text{cm} \\h &= 50\text{cm} \\d &= 41.7\text{cm}\end{aligned}$$

Si se utiliza varillas de Ø 1/2 Asb = 1.29cm<sup>2</sup>

A.acero = As / 3  
Espaciamiento = 0.310m  
Espaciamiento = 30.00cm

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 30 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 = 10.00cm<sup>2</sup> h' = 40cm  
d = 41.7cm

Si se utiliza varillas de Ø 1/2 Asb = 1.29cm<sup>2</sup>

A.acero = 2/3 x As  
Espaciamiento = 0.194m  
Espaciamiento = 17.50cm

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 18 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 = 10.00cm<sup>2</sup> h' = 40cm  
d = 42cm

Si se utiliza varillas de Ø 1/2 Asb = 1.29cm<sup>2</sup>

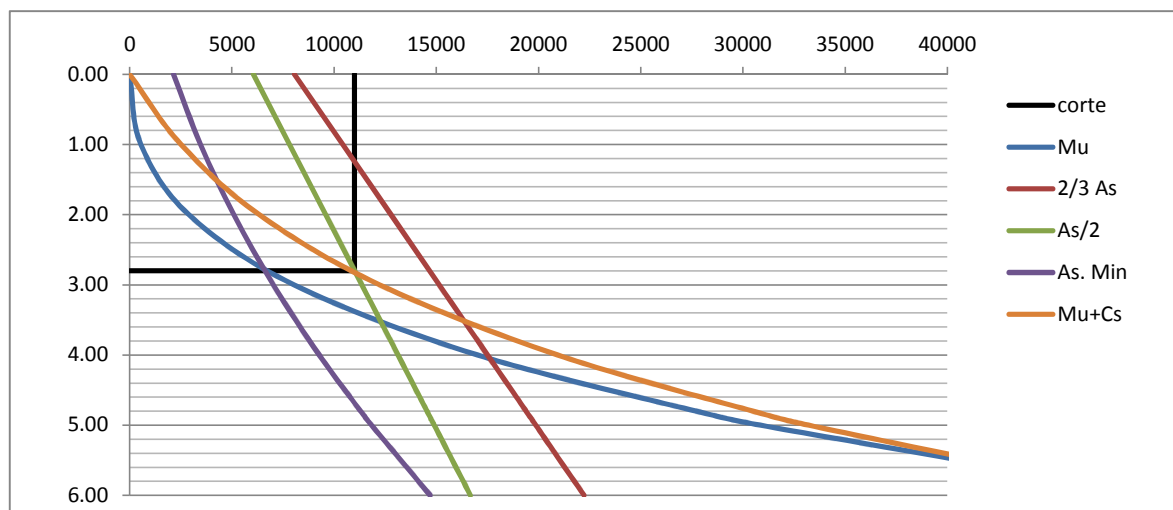
A.acero = As / 3  
Espaciamiento = 0.387m  
Espaciamiento = 37.50cm

Se puede colocar varillas de 1/2 @ 38 cm

iii) Corte del refuerzo vertical:

a = 5.30

H	Mu	Mu + Cs	2/3 xAs	As/2	As.min
0.00	0.00kg/m	0.00kg/m	8061.42kg/m	6046.06kg/m	2150.55kg/m
1.00	552.71kg/m	2511.97kg/m	10422.43kg/m	7816.82kg/m	3465.72kg/m
2.00	2891.70kg/m	6337.37kg/m	12783.43kg/m	9587.57kg/m	5091.39kg/m
3.00	8038.24kg/m	12227.15kg/m	15144.44kg/m	11358.33kg/m	7027.56kg/m
4.00	17013.60kg/m	20932.24kg/m	17505.44kg/m	13129.08kg/m	9274.22kg/m
4.85	28415.90kg/m	31106.01kg/m	19512.30kg/m	14634.22kg/m	11428.01kg/m
5.00	30839.06kg/m	33203.58kg/m	19866.45kg/m	14899.84kg/m	11831.38kg/m
6.00	50535.90kg/m	49792.11kg/m	22227.46kg/m	16670.59kg/m	14699.04kg/m



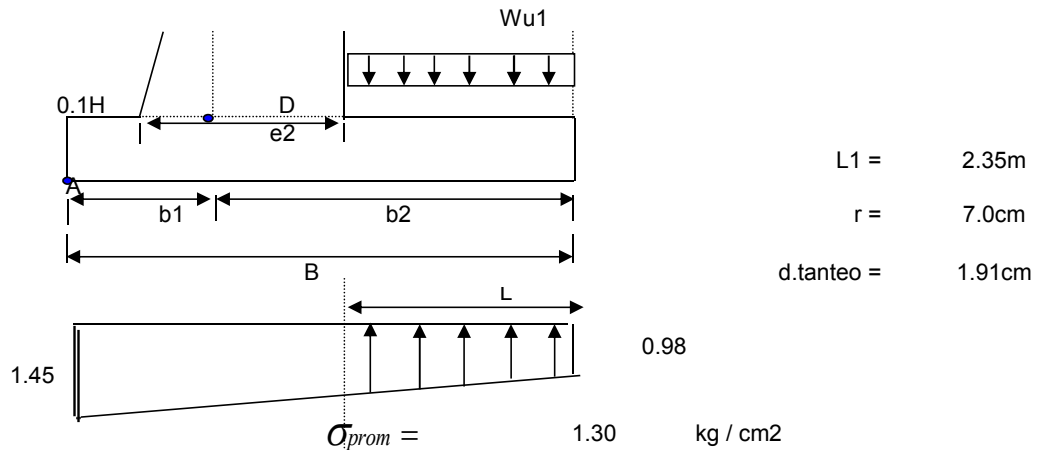
L.corte = L.corte + d = 2.47m  
L.corte = 2.50m

## DISEÑO DEL REFUERZO DEL TALON POSTERIOR

### i) Cálculo del refuerzo principal

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

$$Wu1 = 20148.70 \text{ kg/ml}$$



Momento en la cara del apoyo:

$$Mu = Wu1 * \frac{L^2}{2} - 1.4 * \left( \frac{(\sigma_{prom} - \sigma_1) * L}{2} * \frac{L}{3} + L^2 * \frac{\sigma_1}{2} \right) = 13564.98 \text{ kg.m}$$

$$Mu = 13564.98 \text{ kg.m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 52.0 \text{ cm}$$

$$d = hz - r$$

$$hz = 60 \text{ cm}$$

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

$$a = 1.65 \text{ cm}$$

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

$$As = 7.01 \text{ cm}^2$$

Verificar:  $As_{min} = \rho_{min} * b * hz$   
 $As_{min} = 10.80 \text{ cm}^2$

Se debe colocar el acero mínimo:

$As = 10.80 \text{ cm}^2$
---------------------------

Si se utiliza varillas de  $\emptyset$

3/4

$Asb =$

2.84  $\text{cm}^2$

Espaciamiento = 0.263m  
 Espaciamiento = 25.0cm

Se puede colocar varillas de

3/4 @ 25 cm

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

$As_{min} = 10.80 \text{ cm}^2$

Si se utiliza varillas de  $\emptyset$

3/4

$Asb =$

2.84  $\text{cm}^2$

Espaciamiento = 0.263cm  
 Espaciamiento = 25.0cm

Se puede colocar varillas de

3/4 @ 25 cm

### iii) Verificacion al Corte:

$Vu = 14816.47 \text{ kg}$

=====>

$Vn =$

$Vu / 0.85$

$Vn =$

17431.14kg

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

$d =$

52.0cm

$Vcn = 39972.80 \text{ kg}$

$Vcn$

>

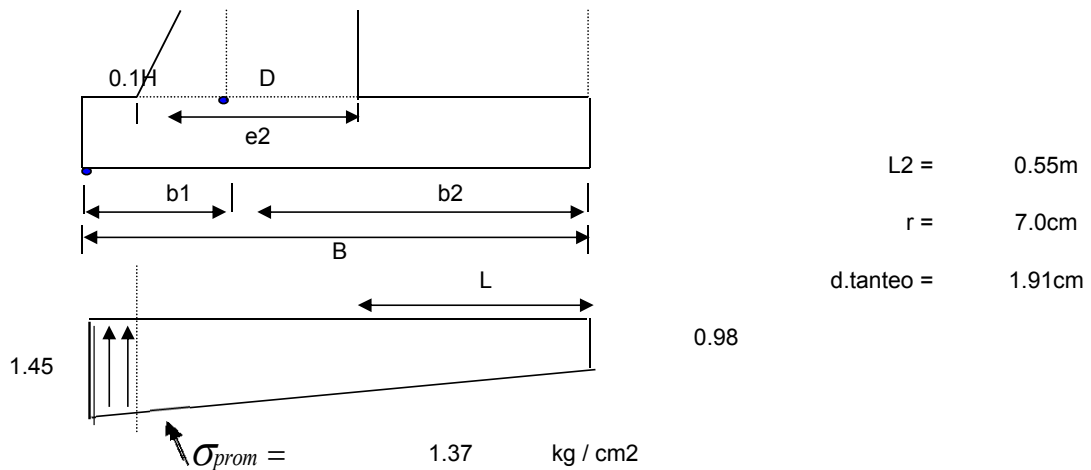
$Vn$

$Vn$  Las dimensiones son correctas OK



## DISEÑO DEL REFUERZO DEL TALON ANTERIOR

### i) Cálculo del refuerzo principal



Momento en la cara del apoyo

$$Mu = 1.4 * ((\sigma_{prom}) * (L2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{prom}) * L2^2 / 3) = 3008.37 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 3008.37 \text{ kg.m} \\ b &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_z &= 60 \text{ cm} \\ d &= 52.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

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

$$a = 0.36 \text{ cm}$$

$$As = 1.53 \text{ cm}^2$$

Verificar:

$$\begin{aligned} As_{min} &= \rho_{min} \cdot b \cdot h_z \\ As_{min} &= 10.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se debe colocar el acero mínimo:

As =	10.80 cm <sup>2</sup>
------	-----------------------

Si se utiliza varillas de Ø

3/4

$$Asb = 2.84 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.263 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 25.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de

3/4 @ 25 cm

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

$$As_{min} = 10.80 \text{ cm}^2$$

Si se utiliza varillas de Ø

3/4

$$Asb = 2.84 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = 0.263 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = 25.0 \text{ cm}$$

Se puede colocar varillas de Ø

3/4 @ 25 cm

### iii) Verificacion al Corte:

$$Vu = 10843.35 \text{ kg} \quad \text{=====}>$$

$$Vn = Vu / 0.85$$

$$Vn = 12756.88 \text{ kg}$$

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

$$V_{cn} = 39972.80 \text{ kg}$$

$$d = 52.0 \text{ cm}$$

$$V_{cn} > V_n$$

Las dimensiones son correctas OK