

DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO

01. DATOS GENERALES

Datos de los materiales

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Resistencia del concreto	Factor de Seguridad :			
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	Esfuerzo de fluencia del acero		Cond. Estat.	Cond. Dinam.	
$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$	Peso específico del concreto		Volteo	2.00	1.50
$\mu_{ct} = 0.55$	Coefficiente de fricción concreto terreno		Deslizamiento	1.50	1.25
$H_t = 5.50 \text{ m}$	Altura total del muro				
$\phi_{flexion} = 0.90$	Factor de reducción de capacidad a flexión				
$\phi_{corte} = 0.80$	Factor de reducción de capacidad a corte				

Datos del suelo de relleno

$\gamma_r = 1600 \text{ kg/m}^3$	Peso específico del suelo	$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.271$
$\phi = 35.0^\circ$	Angulo de fricción interno	
$c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$	Cohesion	
$S/C = 1000 \text{ kg/m}^2$	Sobrecarga encima del terreno	

Datos del suelo de fundación

$q_{adm} = 2.00 \text{ kg/cm}^2$	Capacidad portante del terreno
----------------------------------	--------------------------------

02. PREDIMENSIONAMIENTO

Altura de la zapata, suponiendo que la pantalla lleva acero:

Aceros $\phi = 3/4"$
Long. anclaje = 30.45 cm

Altura equivalente del terreno por sobrecarga

$$h_s = \frac{S/C}{\gamma_r} = 0.625 \text{ m}$$

Altura de zapata considerando recubrimiento

$recubrimiento = 7.5 \text{ cm}$
$H_z = 37.95 \text{ cm}$
$H_z = 0.40 \text{ m}$

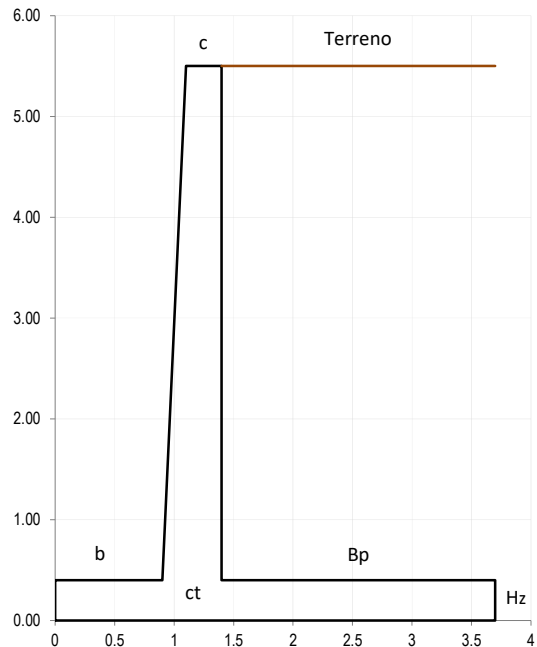
Longitud de la base del muro

$$B = 3.70 \text{ m}$$

02.01. DIMENSIONES DEL MURO PARA EL ANALISIS

Ingrese las dimensiones faltantes del muro:

$c = 0.30 \text{ m}$	Ancho de corona
$c_t = 0.50 \text{ m}$	Ancho de base de la pantalla
$b = 0.90 \text{ m}$	Longitud de la punta
$H = 5.10 \text{ m}$	Altura de la pantalla
$H_t = 5.50 \text{ m}$	Altura total del muro
$h_s = 0.63 \text{ m}$	Alt. terreno por sobrecarga
$B = 3.70 \text{ m}$	Longitud de la base del muro
$B_p = 2.30 \text{ m}$	Longitud del talon posterior
$H_z = 0.40 \text{ m}$	Altura de zapata del muro

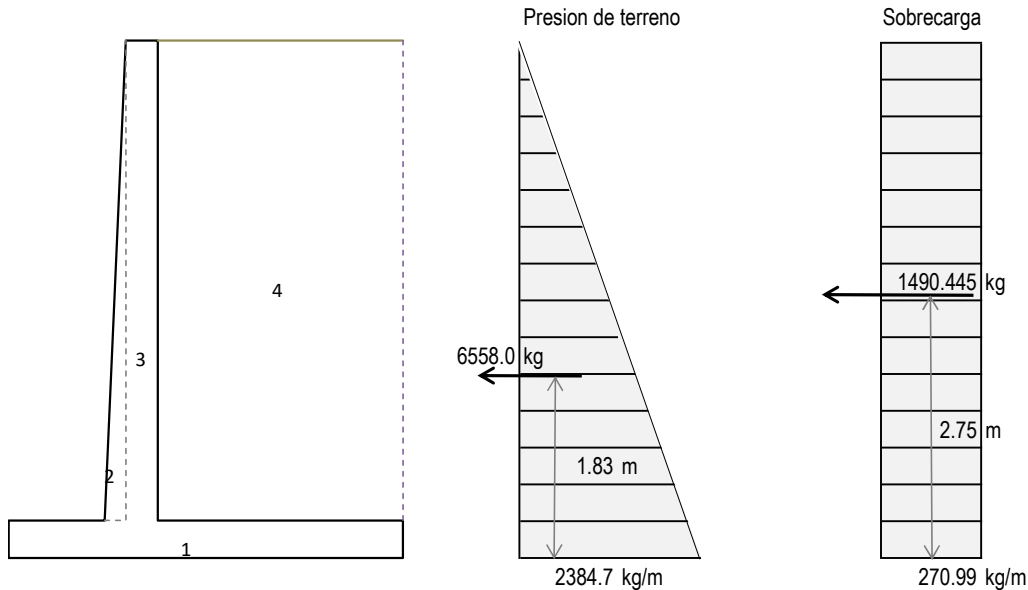


Verificaciones del muro de contension en voladizo.

Analisis con sobrecarga	
Por volteo	Cumple
Por deslizamiento	Cumple
Excentricidad	Cumple
Presion del terreno q_1	Cumple
Presion del terreno q_2	Cumple

Analisis sin sobrecarga	
Por volteo	Cumple
Por deslizamiento	Cumple
Excentricidad	Cumple
Presion del terreno q_1	Cumple
Presion del terreno q_2	Cumple

03. VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD DEL MURO



Fuerzas Horizontales

$$F_{h1} = 6558.0 \text{ kg} \quad \text{Empuje activo de tierra}$$

$$F_{h2} = 1490.4 \text{ kg} \quad \text{Empuje de sobrecarga}$$

$$\sum F_h = 8048.4 \text{ kg}$$

Fuerzas Verticales

$$W_1 = 3552.0 \text{ kg} \quad \text{Peso de la cimentacion}$$

$$W_2 = 1224.0 \text{ kg} \quad \text{Peso de la seccion triangular de la pantalla}$$

$$W_3 = 3672.0 \text{ kg} \quad \text{Peso de la seccion rectangular de la pantalla}$$

$$W_4 = 18768.0 \text{ kg} \quad \text{Peso del relleno}$$

$$S/C = 2300.0 \text{ kg} \quad \text{Peso de la sobrecarga}$$

$$\sum F_v = 29516.0 \text{ kg}$$

Momentos horizontales

$$M_{h1} = 12022.9 \text{ kg-m} \quad \text{Momento por empuje activo de tierra}$$

$$M_{h2} = 4098.7 \text{ kg-m} \quad \text{Momento por empuje de sobrecarga}$$

$$\sum M_h = 16121.6 \text{ kg}_m \quad (\text{Actuantes})$$

Momentos verticales

$$M_{W1} = 6571.2 \text{ kg-m}$$

$$M_{W2} = 1264.8 \text{ kg-m}$$

$$M_{W3} = 4590.0 \text{ kg-m}$$

$$M_{W4} = 47858.4 \text{ kg-m}$$

$$M_{S/C} = 5865.0 \text{ kg-m}$$

$$\sum M_v = 66149.4 \text{ kg-m} \quad (\text{Resistentes})$$

03.01. FACTOR DE SEGURIDAD DEL MURO POR VOLTEO

$$FS = \frac{\sum M_r}{\sum M_a} = \frac{66149.4}{16121.6} = 4.10$$

factor de seguridad

$$> 2.00$$

Cumple

03.02. FACTOR DE SEGURIDAD DEL MURO POR DESLIZAMIENTO

$$FS = \frac{\mu_{ct} \sum F_v}{\sum F_h} = \frac{16233.8}{8048.4} = 2.02$$

factor de seguridad

$$> 1.50$$

Cumple

03.03. VERIFICACION DE LA PRESION DEL SUELO

Punto de paso de la resultante y verificación de la excentricidad

$$x = \frac{\sum M}{\sum F_V} = \frac{50028}{29516} = 1.695 \text{ m}$$

$$e = 0.5B - x = 0.16 \text{ m} < B/6 = 0.617 \text{ m}$$

Cumple

Reacciones del terreno sobre el muro y verificación de la capacidad portante

$$q_{1,2} = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right)$$

$$q_1 = 0.998 \text{ kg/cm}^2 < q_{adm} = 2.00 \text{ kg/cm}^2$$

Cumple

$$q_2 = 0.597 \text{ kg/cm}^2 < q_{adm} = 2.00 \text{ kg/cm}^2$$

Cumple

04. VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD DEL MURO SIN CONSIDERAR LA SOBRECARGA

$$\begin{array}{ll} \sum F'_h = 6558.0 \text{ kg} & \sum M'_h = 12022.9 \text{ kg} \quad (\text{Actuantes}) \\ \sum F'_V = 27216.0 \text{ kg} & \sum M'_V = 60284.4 \text{ kg} \quad (\text{Resistentes}) \end{array}$$

04.01. FACTOR DE SEGURIDAD DEL MURO POR VOLTEO

$$FS = \frac{\sum M'_r}{\sum M'_a} = \frac{60284.4}{12022.9} = 5.01 > 2.00$$

factor de seguridad

Cumple

04.02. FACTOR DE SEGURIDAD DEL MURO POR DESLIZAMIENTO

$$FS = \frac{\mu_{ct} \sum F'_V}{\sum F'_h} = \frac{14968.8}{6558.0} = 2.28 > 1.50$$

factor de seguridad

Cumple

04.03. VERIFICACION DE LA PRESION DEL SUELO

Punto de paso de la resultante y verificación de la excentricidad

$$x = \frac{\sum M'}{\sum F'_V} = \frac{48261.5}{27216.0} = 1.773 \text{ m}$$

$$e = 0.5B - x = 0.077 \text{ m} < B/6 = 0.617 \text{ m}$$

Cumple

Reacciones del terreno sobre el muro y verificación de la capacidad portante

$$q_{1,2} = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right)$$

$$q_1 = 0.827 \text{ kg/cm}^2 < q_{adm} = 2.00 \text{ kg/cm}^2$$

Cumple

$$q_2 = 0.644 \text{ kg/cm}^2 < q_{adm} = 2.00 \text{ kg/cm}^2$$

Cumple

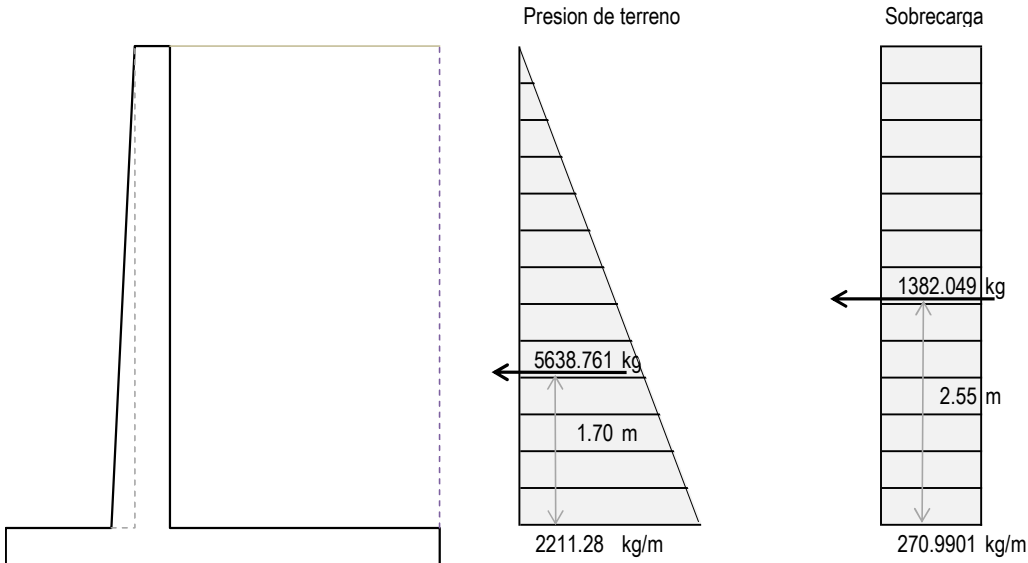
05. RESUMEN DEL ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL MURO

Análisis con sobrecarga	
Por volteo	Cumple
Por deslizamiento	Cumple
Excentricidad	Cumple
Presión del terreno q_1	Cumple
Presión del terreno q_2	Cumple

Análisis sin sobrecarga	
Por volteo	Cumple
Por deslizamiento	Cumple
Excentricidad	Cumple
Presión del terreno q_1	Cumple
Presión del terreno q_2	Cumple

06. DISEÑO DE LA ARMADURA DE LA PANTALLA VERTICAL
06.01. DISEÑO POR FLEXION

Presiones producidas en el muro



Fuerzas Horizontales

$F_{h1} = 5638.76 \text{ kg}$ Empuje activo de tierra
 $F_{h2} = 1382.05 \text{ kg}$ Empuje por sobrecarga

Momentos horizontales

$M_{h1} = 9585.9 \text{ kg-m}$ Momento por empuje activo de tierra
 $M_{h2} = 3524.23 \text{ kg-m}$ Momento por empuje de sobrecarga

Momento ultimo en la base de la pantalla

$M_u = 1.7(M_{h1} + M_{h2}) = 22287.20 \text{ kg-m}$ (Momento Ultimo)

Peralte efectivo de la base del muro

$r = 0.05 \text{ m}$ (recubrimiento) $d = 0.43 \text{ m}$ (peralte efectivo)

Calculo del acero principal de la pantalla $M_u = 0.9bd^2 f'_c \omega (1 - 0.59\omega)$

$w_1 = 1.627$ $w_2 = 0.068$
 $r = 0.0034$ $A_s = 14.45 \text{ cm}^2$
 Acero minimo vertical $A_s = 7.50 \text{ cm}^2$

Acero minimo horizontal abajo

$A_{s \text{ min}} = 12.50 \text{ cm}^2$
 $A_s = 12.50 \text{ cm}^2$

Acero minimo horizontal arriba

$A_{s \text{ min}} = 10.00 \text{ cm}^2$
 $A_s = 10.00 \text{ cm}^2$

El refuerzo vertical interior estara constituido por

$A_s = 14.45 \text{ cm}^2$

Distribucion de acero

\emptyset	1"	@	0.35 m
-------------	----	---	--------

\emptyset	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	4.91	8.79	13.70	19.72	26.85	35.08

El refuerzo vertical exterior estara constituido por

$A_s = 7.50 \text{ cm}^2$

Distribucion de acero

\emptyset	1/2"	@	0.15 m
-------------	------	---	--------

\emptyset	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	9.47	16.93	26.40	38.00	51.73	67.60

Distribucion del acero horizontal: tramo superior

Acero exterior - 2/3 As: **6.67 cm²**

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	10.65	19.05	29.7	42.75	58.2	76.05

Ø **1/2"** @ **0.20 m**

Acero interior - 1/3 As: **3.33 cm²**

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	21.3	38.1	59.4	85.5	116.4	152.1

Ø **1/2"** @ **0.40 m**

Distribucion del acero horizontal: tramo inferior

Acero exterior - 2/3 As: **8.33 cm²**

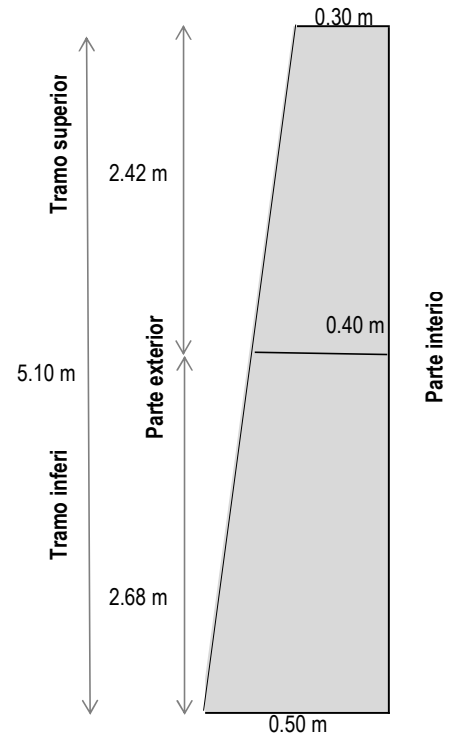
Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	8.52	15.24	23.76	34.20	46.56	60.84

Ø **1/2"** @ **0.15 m**

Acero interior - 1/3 As: **4.17 cm²**

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	17.04	30.48	47.52	68.40	93.12	121.68

Ø **1/2"** @ **0.30 m**

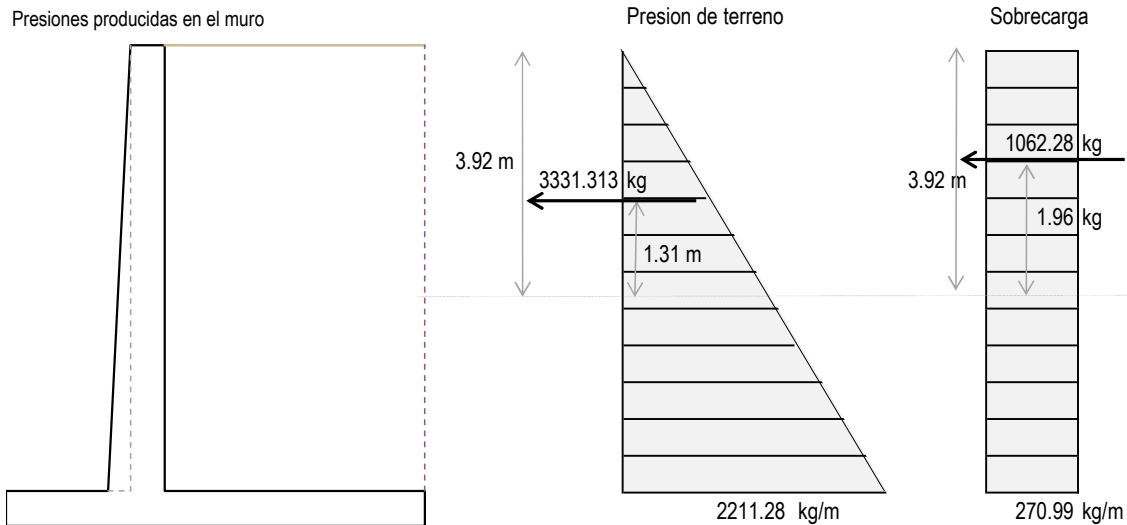


Uniformizamos el acero horizontal de la siguiente manera

Tramo superior				Tramo inferior			
Capa Exterior	Ø	1/2"	@ 0.15 m	Capa Exterior	Ø	1/2"	@ 0.15 m
Capa Interior	Ø	1/2"	@ 0.30 m	Capa Interior	Ø	1/2"	@ 0.30 m

El corte de acero se realizara de acuerdo a un analisis de equilibrio del acero de la pantalla y los esfuerzos actuantes en el muro

Presiones producidas en el muro



Distancia de corte del acero de refuerzo:

$$d_c = 1.60 \text{ m}$$

Distancia de corte medido desde la base de la pantalla

Acero vertical de la pantalla esta dado por:

$\emptyset 1''$

06.02. DISEÑO POR CORTE

Se verifica el efecto de la cortante a una distancia "d" de la base de la pantalla. El corte en la base de la pantalla es:

$$V_u = 1.7 \left(\frac{1}{2} K_a \omega x^2 + K_a \omega h_s x \right) \quad V_u = 10189.0 \text{ kg} \quad \text{Cortante Ultima}$$

La resistencia del concreto al corte: $\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$

$$\phi V_c = 28071.97 \text{ kg} \quad \text{Resistencia al corte del tramo inferior de la pantalla}$$

Verificamos el efecto de corte

$$V_u = 10189 \text{ kg} < \phi V_c = 28072.0 \text{ kg}$$

Cumple

06.03. REVISION DE LA LONGITUD DE ANLAJE DEL GANCHO

La longitud basica de anclaje de un gancho estandar, para acero de diametro de: $\emptyset 1''$, es:

$$L_{dh} = 3.18 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} = 55.74 \text{ cm}$$

La longitud de anclaje del gancho se reduce por los factores que cumplen las condiciones del ACI

$$r_1 = 0.70$$

Para ganchos de diametro menor a #11 con dobles de 90°, recubrimiento lateral mayor a 6.5 cm y recubrimiento detrás del acero de refuerzo de 5 cm.

$$r_2 = \frac{A_s \text{ re1}}{A_s \text{ prov}} = 1.00$$

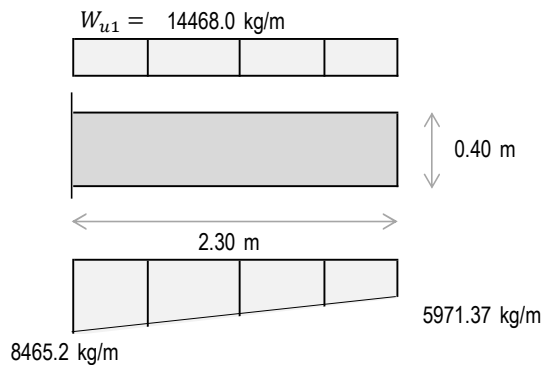
La longitud de anclaje del gancho sera finalmente: $L_{dh} = r_1 r_2 L_{dh}$

$$L_{dh} = 38.93 \text{ cm} < H_z = 40.00 \text{ cm}$$

Cumple

07. DISEÑO DE LA ARMADURA DEL TALON POSTERIOR

Talón posterior:



COMBINACIÓN CRITICA 1.4 CM + 1.7 CV

$$W_{u1} = 14468 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momento ultimo: } M_u = 7679.7 \text{ kg-m}$$

$$\text{Peralte efectivo } d = 0.33 \text{ m}$$

El area de acero requerida será: $M_u = 0.9 b d^2 f'_c \omega (1 - 0.59 \omega)$

$$w1 = 1.6555$$

$$w2 = 0.0394$$

$$r = 0.0020$$

$$A_s = 6.40 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo

$$A_{min} = 6.00 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6.00 \text{ cm}^2$$

La distribución del acero principal sera:

$$A_s = 6.40 \text{ cm}^2$$

\emptyset	3/4"	@	0.45 m
-------------	------	---	--------

\emptyset	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	11.0937	19.8437	30.9375	44.53119	60.6249	79.2186

La distribución del acero perpendicular se realizara con el acero mínimo

$$A_s = 6.00 \text{ cm}^2$$

\emptyset	1/2"	@	0.20 m
-------------	------	---	--------

\emptyset	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	11.8333	21.1667	33	47.5	64.6667	84.5

La fuerza cortante en el talon es:

$$V_u = 5052.85 \text{ kg}$$

La resistencia del concreto al cortante es: $\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$

$$\phi V_c = 21543.61 \text{ kg}$$

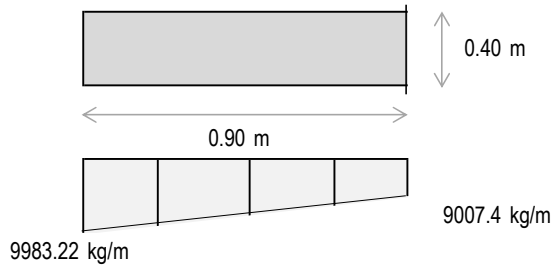
Verificamos el efecto de corte

$$V_u = 5053 \text{ kg} < \phi V_c = 21543.6 \text{ kg}$$

Cumple

07. DISEÑO DE LA ARMADURA DEL TALON DELANTERO

Talón delantero:



Momento ultimo: $M_u = 6649.5 \text{ kg-m}$

Peralte efectivo $d = 0.33 \text{ m}$

El area de acero requerida será: $M_u = 0.9bd^2 f'_c \omega (1 - 0.59\omega)$

$$w1 = 1.6609$$

$$w2 = 0.0340$$

$$r = 0.0017$$

$$A_s = 5.52 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo

$$A_{min} = 6.00 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6.00 \text{ cm}^2$$

La distribución del acero principal sera:

$$A_s = 6.00 \text{ cm}^2$$

\emptyset	1/2"	@	0.20 m
-------------	------	---	--------

\emptyset	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	11.83	21.17	33.00	47.50	64.67	84.50

La distribución del acero perpendicular se realizara con el acero mínimo

$$A_s = 5.52 \text{ cm}^2$$

\emptyset	1/2"	@	0.20 m
-------------	------	---	--------

\emptyset	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
s	12.85	22.99	35.85	51.60	70.25	91.79

La fuerza cortante en el talon es:

$$V_u = 7667.45 \text{ kg}$$

La resistencia del concreto al cortante es: $\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$

$$\phi V_c = 21543.61 \text{ kg}$$

Verificamos el efecto de corte

$$V_u = 7667 \text{ kg} < \phi V_c = 21543.6 \text{ kg}$$

Cumple

10. RESUMEN DE LOS REFUERZOS DE ACERO EN EL MURO

Acero vertical de la pantalla del muro					
El refuerzo vertical interior de la pantalla			El refuerzo vertical exterior de la pantalla		
Tramo Inferior	Ø 1"	@ 0.35 m	Capa Exterior	Ø 1/2"	@ 0.15 m
Tramo Superior	Ø 1"	@ 0.35 m			

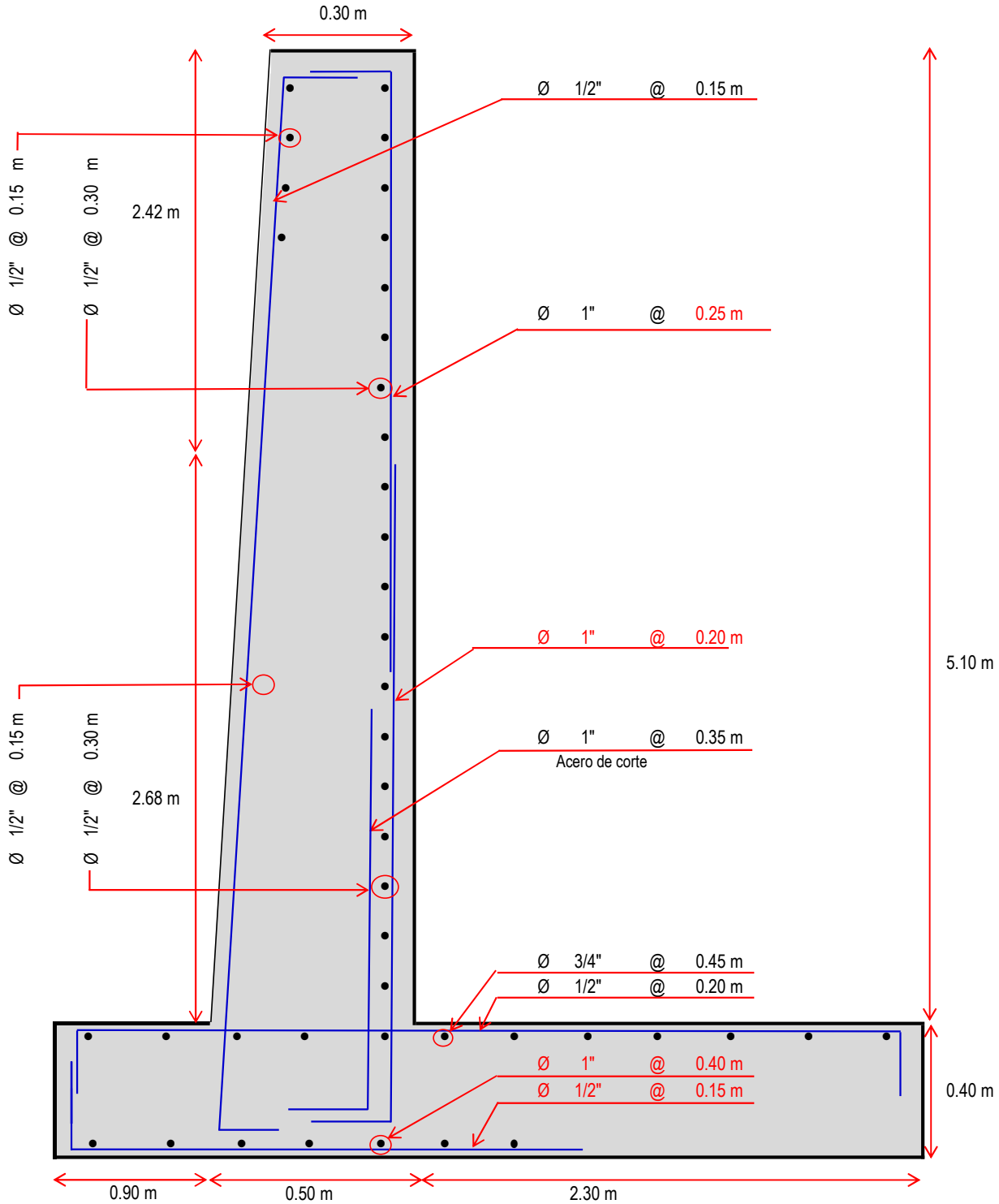
Acero horizontal de la pantalla del muro					
Tramo superior			Tramo inferior		
Capa Exterior	Ø 1/2"	@ 0.15 m	Capa Exterior	Ø 1/2"	@ 0.15 m
Capa Interior	Ø 1/2"	@ 0.30 m	Capa Interior	Ø 1/2"	@ 0.30 m

Acero del talon posterior					
Refuerzo longitudinal del talon			Refuerzo transversal del talon		
Capa Interior	Ø 3/4"	@ 0.45 m	Capa Exterior	Ø 1/2"	@ 0.20 m

Acero del talon delantero					
Refuerzo longitudinal del talon			Refuerzo transversal del talon		
Capa Interior	Ø 1/2"	@ 0.2 m	Capa Exterior	Ø 1/2"	@ 0.20 m

09. ESQUEMA FINAL DE DISTRIBUCION DE ACERO EN EL MURO

Las medidas finales del muro de contencion, y la distribucion de los refuerzos de acero se muestran en el siguiente grafico:



Nota: En caso de no cumplir con la verificación del deslizamiento, se debe incrementar un diente en la base del muro para incrementar la resistencia al deslizamiento, esta hoja de calculo no contempla este tipo de falla, por lo que en caso de fallar en la condicion mencionada, seguir con los calculos normales y en los planos finales incrementar el diente mencionado.