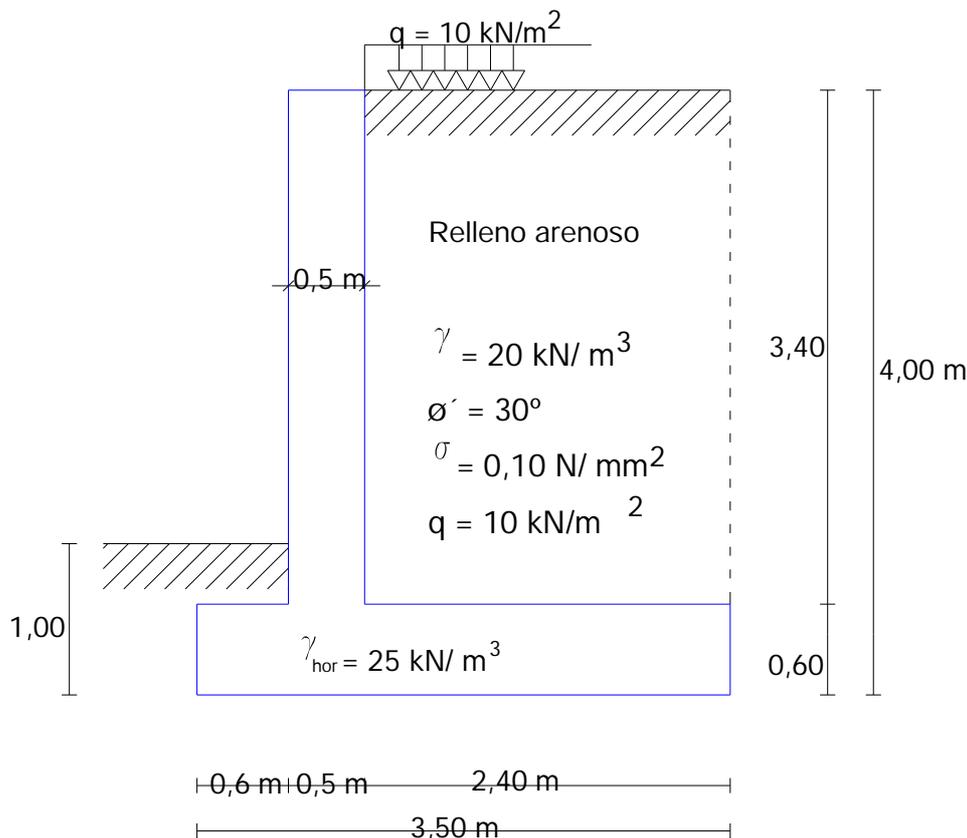


Ejercicio: muro de contención

Ejercicio nº2 de peritación.

Del muro de contención de hormigón armado croquizado, por metro lineal de muro



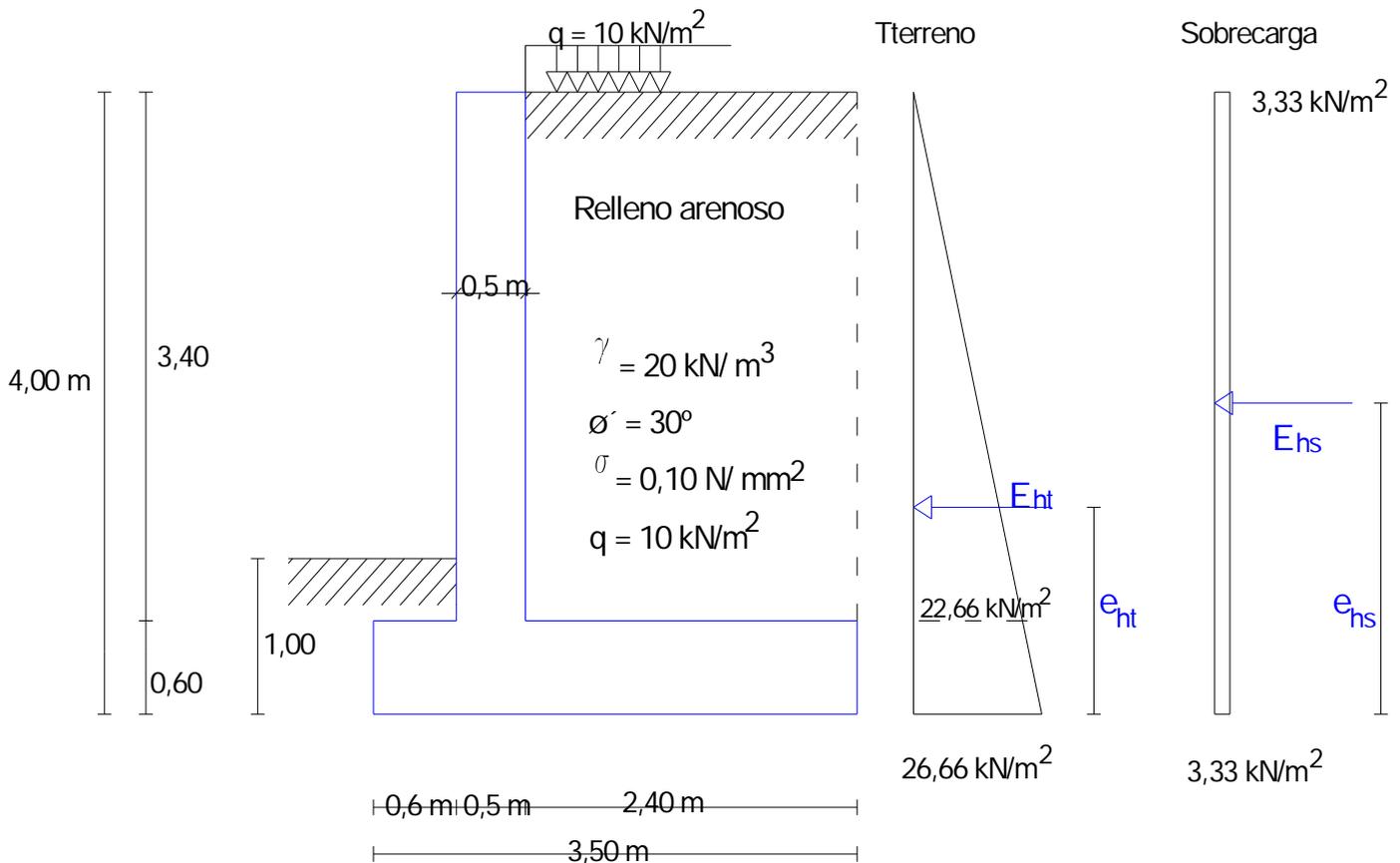
ϕ terreno por debajo del plano cimentación = 33°

Determinar

- 1/ Seguridad al deslizamiento.
- 2/ Seguridad al vuelco.
- 3/ Estudiar si puede optimizarse el diseño del muro
- 4/ Momento flector de cálculo en el alzado del muro con el que se calculara el armado de tracción.

Ejercicio: muro de contención: cálculo del empuje

Cálculo del empuje horizontal E_h y de su excentricidad e_h



$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = \frac{1 - 0,5}{1 + 0,5} = 0,333$$

$$E_{ht} = \frac{(K_a * \gamma_s * H) * H}{2} = \frac{(26,66) * 4}{2} = 53,33 \text{ kN}$$

$$e_{Et} = 4 / 3 = 1,33 \text{ m}$$

$$E_{hsc} = K_a * q_{sc} * H = 0,333 * 10 * 4 = 13,33 \text{ kN}$$

$$e_{Esc} = 4 / 2 = 2 \text{ m}$$

$$E_h = E_{ht} + E_{hsc} = 53,33 + 13,33 = 66,66 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_o = (E_{ht} * e_E) + (E_{hsc} * e_{Esc}) = E_h * e_E$$

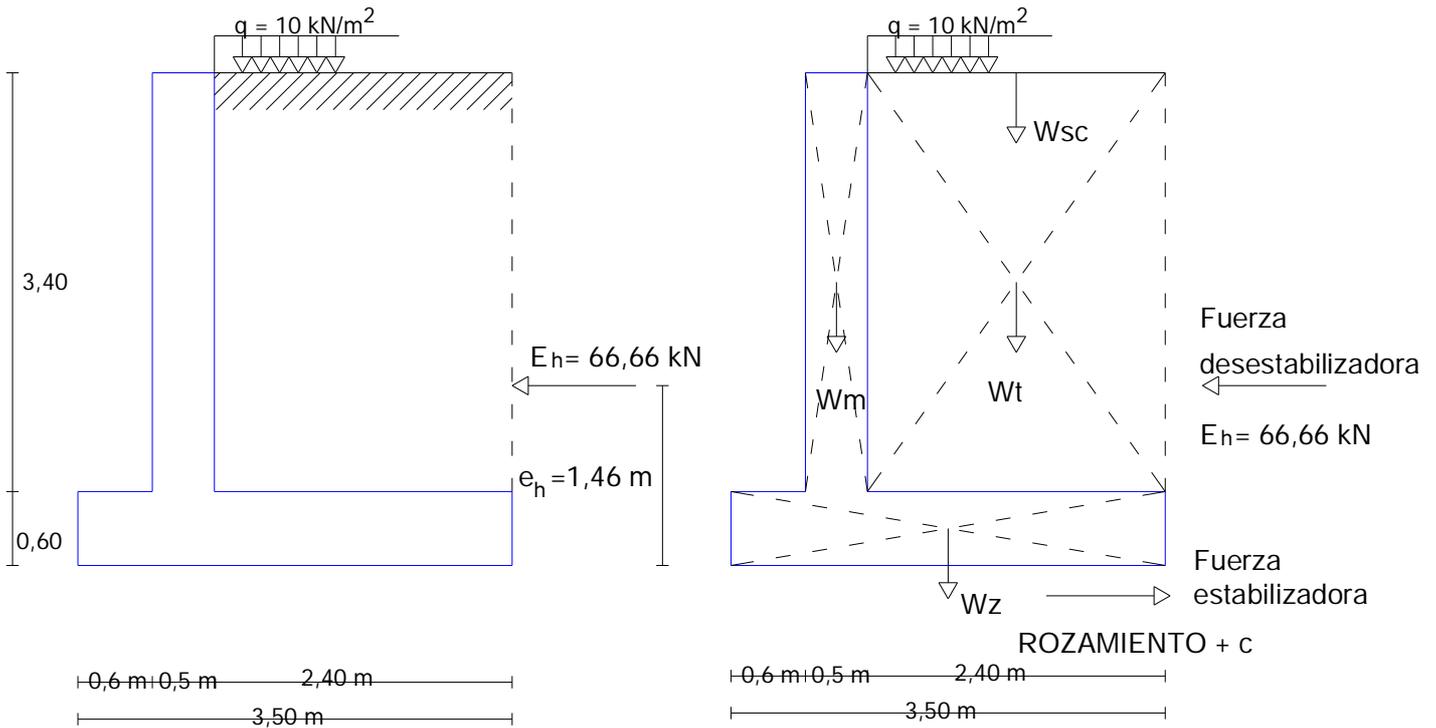
$$\Sigma M_o = (53,33 * 1,33) + (13,33 * 2) = 66,66 * e_E \quad e_E = \frac{(53,33 * 1,33) + (13,33 * 2)}{66,66} = 1,46 \text{ m}$$

4º Momento flector de cálculo en el alzado del muro (viga empotrada-volada):

$$M_d = 1,6 * [(22,66 * 3,4 / 2 * 3,4 / 3) + (3,33 * 3,4 * 3,4 / 2)] = 1,6 * [43,54 + 19,25]$$

$$M_d = 1,6 * [62,79] = 100,46 \text{ kN/m por m. l. de muro}$$

1º Comprobación al Deslizamiento (método recomendado)



Fuerza desestabilizadora. $E_h = 66,66 \text{ kN}$

Fuerza estabilizadora = $V_k \cdot \tan \varnothing = (W_m + W_t + W_z + q) \cdot \tan \varnothing^*$

$$W_m = 3,4 \cdot 0,5 \cdot 1,00 \cdot 25 = 42,5 \text{ kN}$$

$$W_t = 3,4 \cdot 2,4 \cdot 1,00 \cdot 20 = 163,2 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,6 \cdot 3,5 \cdot 1,00 \cdot 25 = 52,5 \text{ kN}$$

$$W_{sc} = 10 \cdot 2,4 \cdot 1,00 = 24,0 \text{ kN}$$

$$\text{CTE} \rightarrow \varnothing^* = 2/3 \varnothing$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (42,5 + 163,2 + 52,5 + 24) \cdot \tan (2/3 \cdot 33)$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (282,2) \cdot \tan (22^\circ) = 114,01 \text{ kN}$$

Seguridad al deslizamiento.

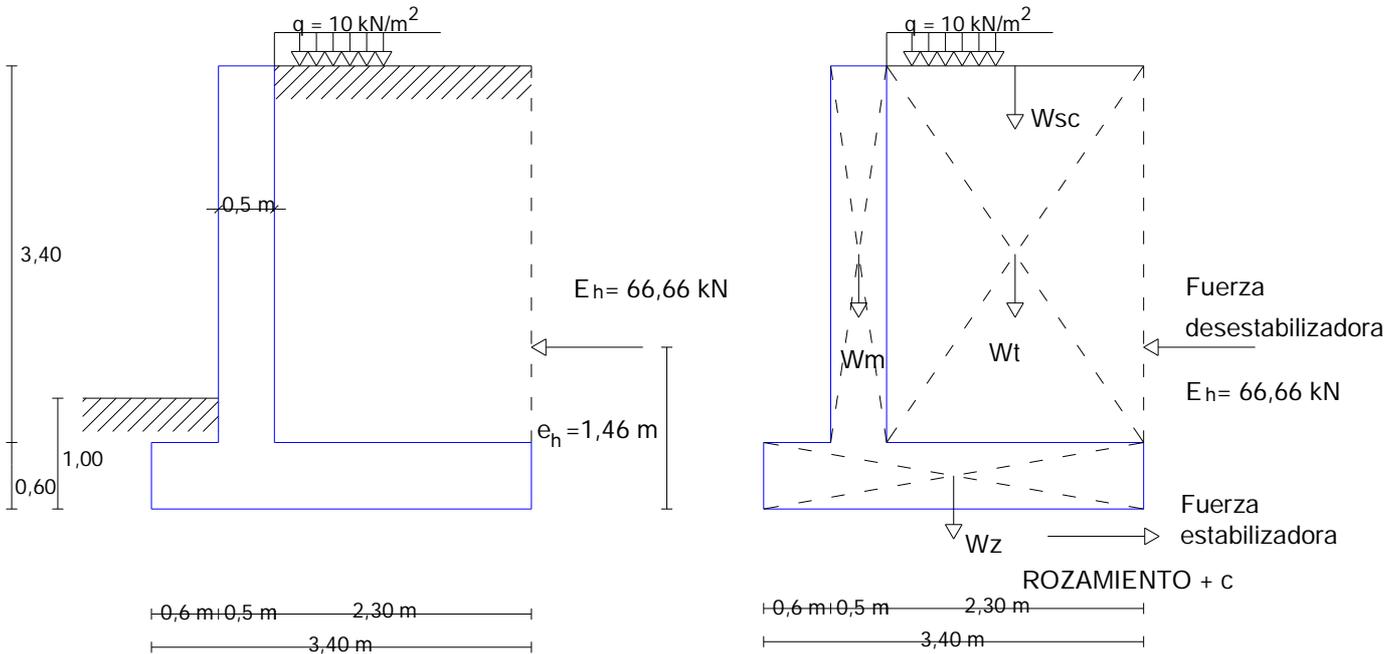
$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{114,02}{66,66} = 1,71 \geq 1,5 \quad (\text{CTE})$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE

3° Optimización del muro

Puede actuarse sobre el espesor del muro o sobre o sobre la longitud de la zapata

Disminuyendo 10 cm la longitud del talón tendremos:



Fuerza desestabilizadora. $E_h = 66,66 \text{ kN}$

Fuerza estabilizadora = $V_k \cdot \tan \varnothing = (W_m + W_t + W_z + q) \cdot \tan \varnothing$

$$W_m = 3,4 \cdot 0,5 \cdot 1,00 \cdot 25 = 42,5 \text{ kN}$$

$$W_t = 3,4 \cdot 2,3 \cdot 1,00 \cdot 20 = 156,4 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,6 \cdot 3,4 \cdot 1,00 \cdot 25 = 51,00 \text{ kN}$$

$$W_{sc} = 10 \cdot 2,3 \cdot 1,00 = 23,0 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (42,5 + 156,4 + 51 + 23) \cdot \tan (2/3 \cdot 33)$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (272,9) \cdot \tan (22^\circ) = 110,25 \text{ kN}$$

Seguridad al deslizamiento.

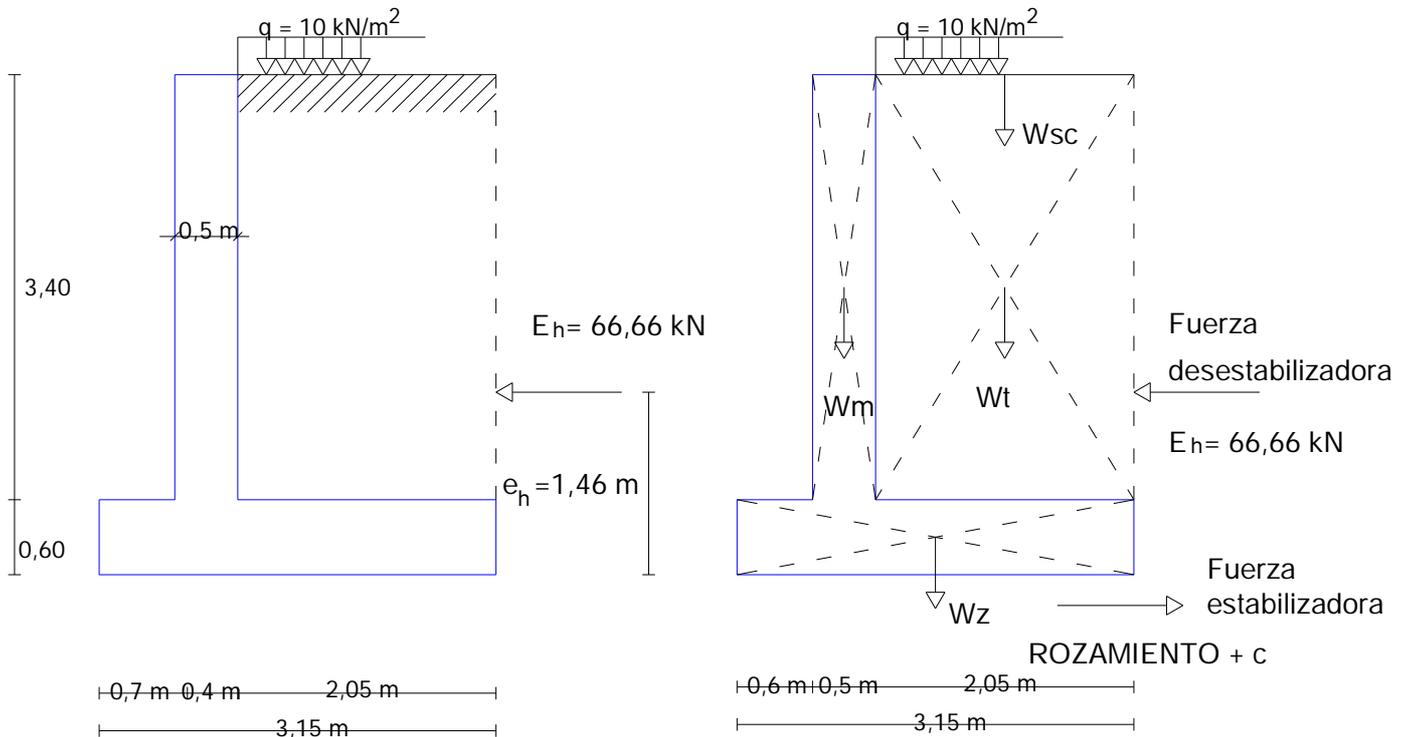
$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{100,26}{66,66} = 1,65 \geq 1,5 \text{ (CTE)}$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE

3° Optimización del muro

Puede actuarse sobre el espesor del muro o sobre o sobre la longitud de la zapata

Disminuyendo 35 cm la longitud del talón tendremos:



Fuerza desestabilizadora. $E_h = 66,66 \text{ kN}$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = V_k * \tan \varnothing = (W_m + W_t + W_z + W_{sc}) * \tan \varnothing$$

$$W_m = 3,4 * 0,5 * 1,00 * 25 = 42,50 \text{ kN}$$

$$W_t = 3,4 * 2,05 * 1,00 * 20 = 139,40 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,6 * 3,15 * 1,00 * 25 = 47,25 \text{ kN}$$

$$W_{sc} = 10 * 2,05 * 1,00 = 20,50 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (42,5 + 139,4 + 47,25 + 20,5) * \tan (2/3 * 33)$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (249,65) * \tan (22^\circ) = 100,87 \text{ kN}$$

Seguridad al deslizamiento.

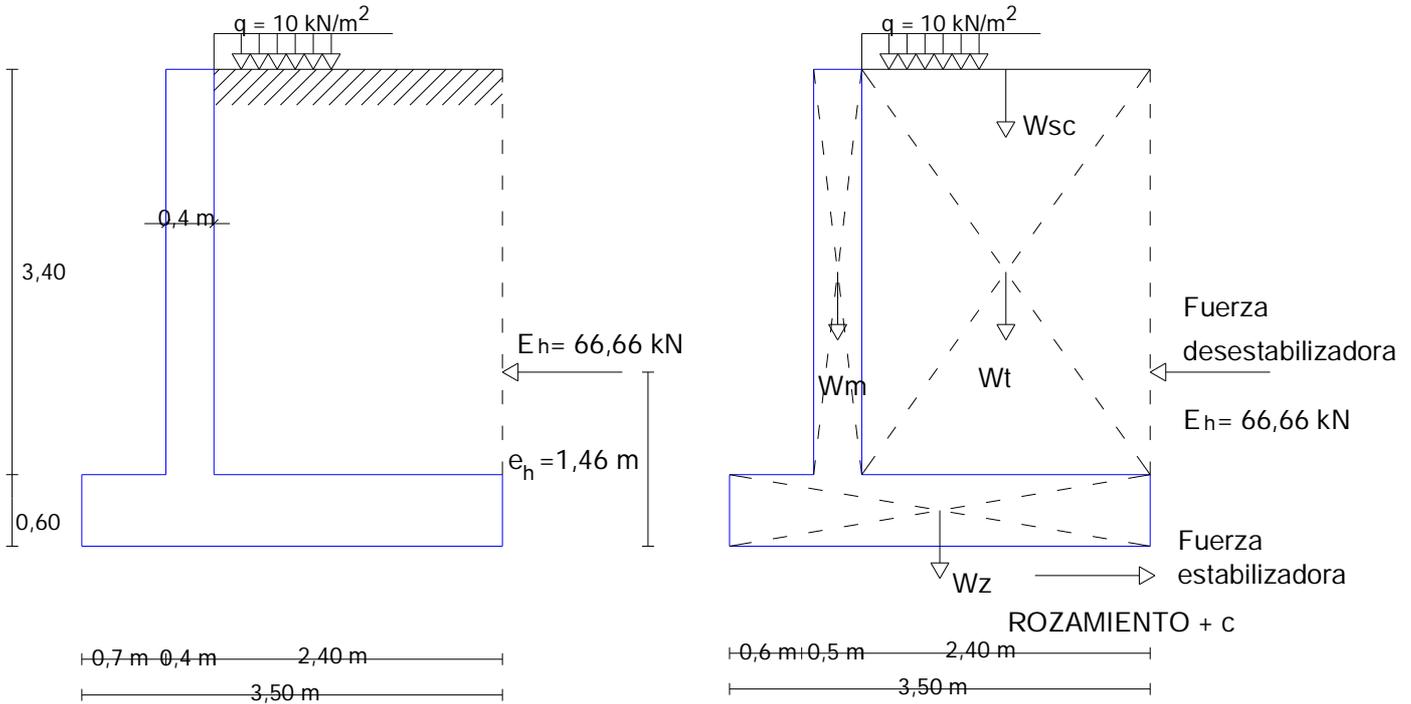
$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{100,87}{66,66} = 1,51 \geq 1,5 \text{ (CTE)}$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE

3° Optimización del muro

Puede actuarse sobre el espesor del muro o sobre o sobre la longitud de la zapata

Disminuyendo 10 cm el espesor del muro.



Fuerza desestabilizadora. $E_h = 66,66 \text{ kN}$

Fuerza estabilizadora = $V_k \cdot \tan \varnothing = (W_m + W_t + W_z + q) \cdot \tan \varnothing^*$

$$W_m = 3,4 \cdot 0,4 \cdot 1,00 \cdot 25 = 34,00 \text{ kN}$$

$$W_t = 3,4 \cdot 2,3 \cdot 1,00 \cdot 20 = 156,4 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,6 \cdot 3,4 \cdot 1,00 \cdot 25 = 51,00 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (34 + 163,2 + 52,5 + 10) \cdot \tan (2/3 \cdot 33)$$

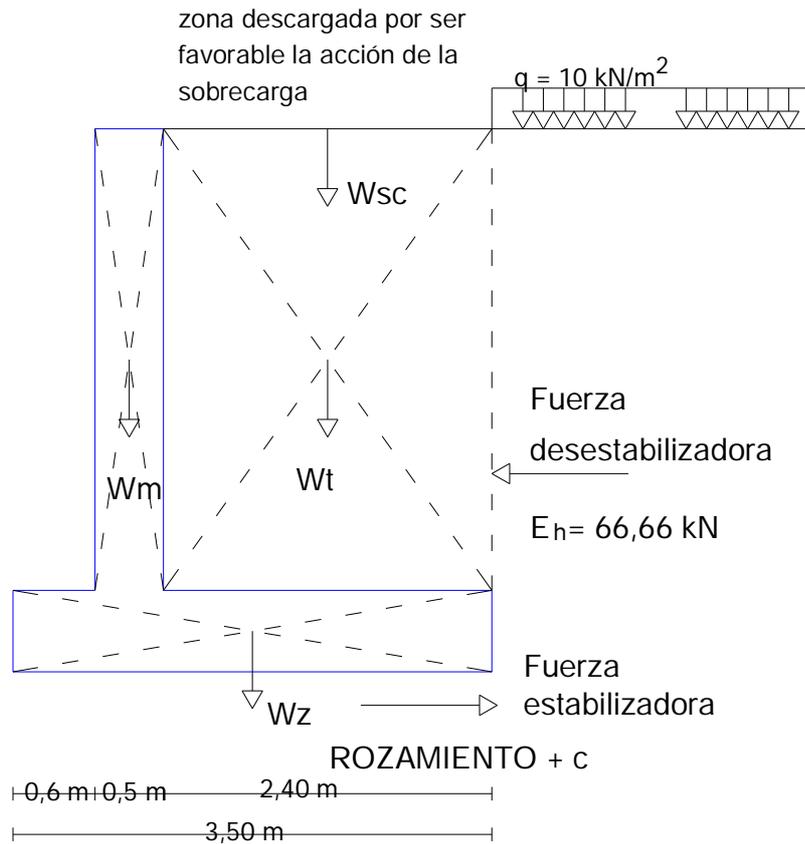
$$\text{Fuerza estabilizadora} = (242,9) \cdot \tan (22^\circ) = 98,14 \text{ kN}$$

Seguridad al deslizamiento.

$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{98,14}{66,66} = 1,47 \cong 1,5 \text{ (CTE)}$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE

1º Variante clásica conservadora para Comprobación al Deslizamiento



Fuerza desestabilizadora. $E_h = 66,66 \text{ kN}$

Fuerza estabilizadora = $V_k * \tan \emptyset = (W_m + W_t + W_z) * \tan \emptyset$

$$W_m = 3,4 * 0,5 * 1,00 * 25 = 42,5 \text{ kN}$$

$$W_t = 3,4 * 2,4 * 1,00 * 20 = 163,2 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,6 * 3,5 * 1,00 * 25 = 52,5 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (42,5 + 163,2 + 52,5) * \tan (2/3 * 33)$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (258,2) * \tan (22^\circ) = 104,30 \text{ kN}$$

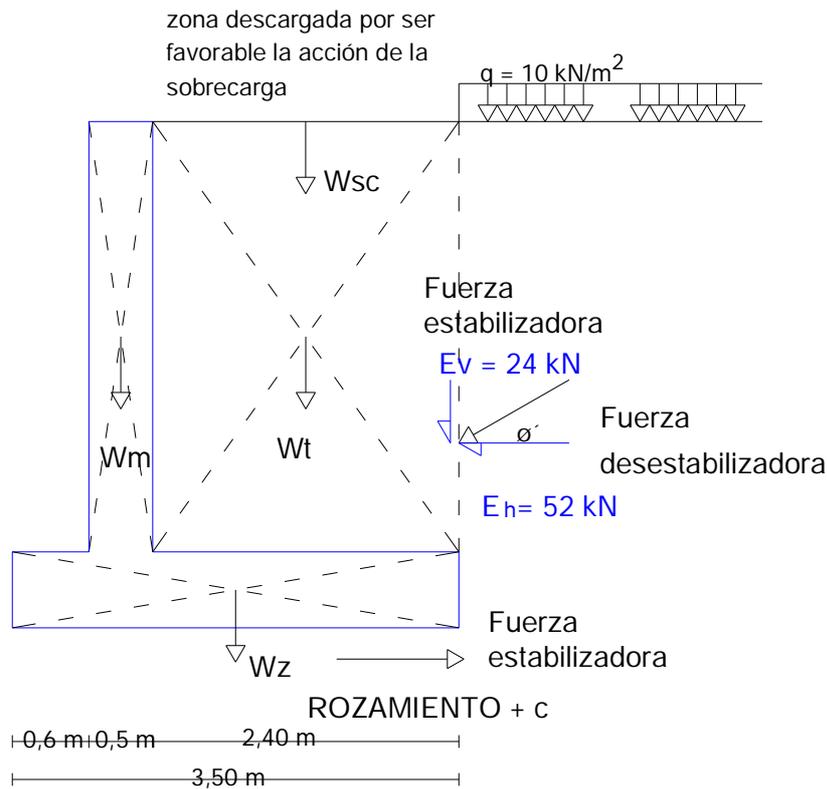
Seguridad al deslizamiento.

$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{104,30}{66,66} = 1,56 \geq 1,5 \text{ (CTE)}$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE.

Es una hipótesis válida que combina la alternancia de sobrecarga con la reducción del rozamiento en la base del muro hasta $2/3 \emptyset$ y que da lugar a resultados excesivamente conservadores a mi juicio.

1° Otra variante más completa de Comprobación al Deslizamiento



Fuerza desestabilizadora.

Teoría de Coulomb rozamiento terreno- terreno con arena de $\phi = 30^\circ$

$$\left. \begin{aligned} K_{ah} = 0,26 \rightarrow E_h &= (0,26 * 20 * 4) * 4 / 2 = 41,6 \text{ kN} \\ E_{hsc} &= (0,26 * 10) * 4 = 10,4 \text{ kN} \end{aligned} \right\} \Sigma = 52 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = V_k * \tan \phi = (W_m + W_t + W_z) * \tan \phi + E_v * \tan \phi$$

$$W_m = 3,4 * 0,5 * 1,00 * 25 = 42,5 \text{ kN}$$

$$W_t = 3,4 * 2,4 * 1,00 * 20 = 163,2 \text{ kN}$$

$$W_z = 0,6 * 3,5 * 1,00 * 25 = 52,5 \text{ kN}$$

$$E_v = 41,6 / \tan 30^\circ = 24 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza estabilizadora} = (42,5 + 163,2 + 52,5 + 24) * \tan (2/3 * 33) + 24 * \tan (2/3 * 33)$$

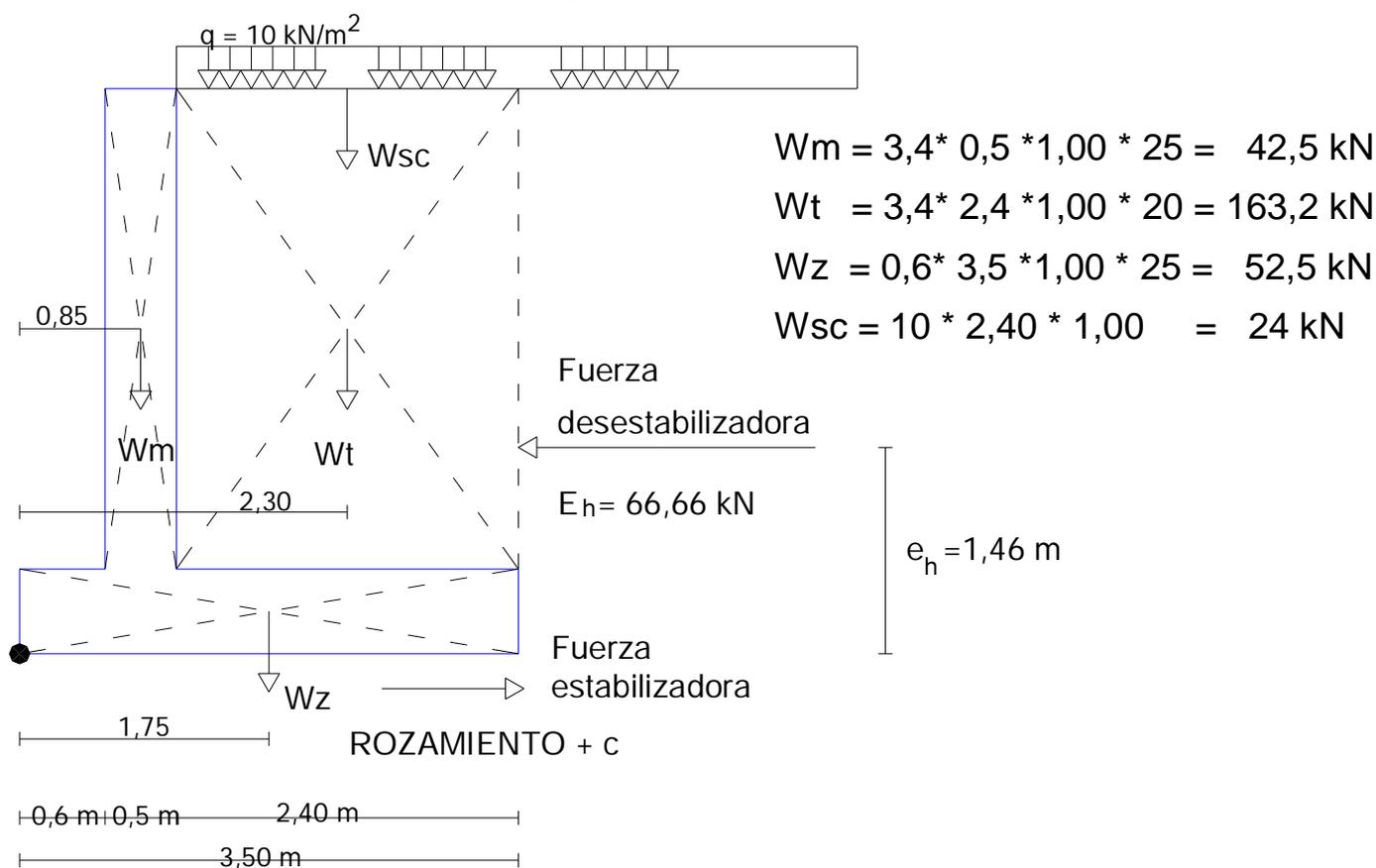
$$\text{Fuerza estabilizadora} = (282,2) * \tan (22^\circ) = 114,02 \text{ kN}$$

Seguridad al deslizamiento.

$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{114,02}{52} = 2,19 \geq 1,5 \quad (\text{CTE})$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE.

2º Comprobación al Vuelco



$$\text{Momento Volcador} = E_h * e_h = 66,66 * 1,46 = 97,32 \text{ kN} * \text{m}$$

$$\text{Momento Estabilizador} = (W_m * e_m) + (W_t * e_t) + (W_z * e_z) + (W_{sc} * e_t)$$

$$\text{Momento Estabilizador} = (42,5 * 0,85) + (163,2 * 2,3) + (52,5 * 1,75) + (24 * 2,3)$$

$$\text{Momento Estabilizador} = (36,713) + (375,36) + (91,88) + (55,2) = 558,56 \text{ kN} * \text{m}$$

Seguridad al vuelco.

$$\gamma_e = \frac{F. \text{ estabilizadora}}{F. \text{ desestabilizadora}} = \frac{558,56}{97} = 5,74 \geq 2 = \frac{1,8}{0,9} \text{ (CTE)}$$

Conclusión: El muro es estable al deslizamiento conforme CTE.

NOTA: Tal como esta redactado el actual CTE, la comprobación al deslizamiento se convierte en determinante. Al cumplirse éste las demás comprobaciones se cumplen también.

Antes de CTE para la comprobación a deslizamiento se estudiaban dos casos:

Comprobación en E.L.S. Era igual al que pide CTE pero con seguridad $\gamma = 1$ y $\phi_s^* = \phi_s$

Comprobación en E.L.U. Con seguridad $\gamma = 1,5$ $\phi_s^* = \phi_s$ además se tenía en cuenta la acción del empuje pasivo (unos 2/3 del mismo) sobre la puntera.