

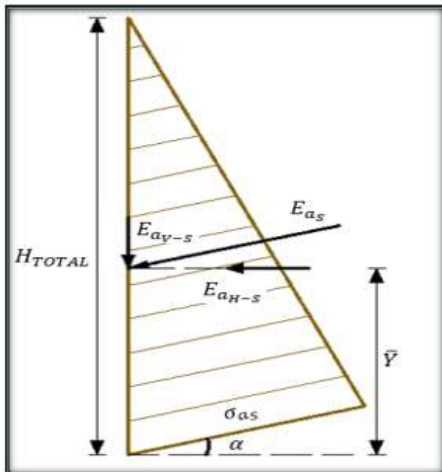
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CANAL

DATOS DE ENTRADA

Base interio del canal "b":	1.6	m
Espesor piso o base "eb":	0.25	m
Tirante hidraulico "Y":	1.22	m
Borde libre "BL":	0.38	m
Altura constructivo del canal "H const.":	1.6	m
Altura total del canal "H total":	1.85	m
Resistencia a la compresión del conc. (f'c):	210	kg/cm ²
Peso unitario concreto armado:	2400	kg/m ³
Esfuerzo de fluencia del acero fy:	4200	kg/cm ²
Recubrimiento acero "r":		
En contado directo con el suelo "rsuelo":	0.05	m
En contado directo con agua "ragua":	0.05	m
Capacidad admisible del terreno:	1.3	kg/cm ²
ángulo de fricción interna del suelo:	30°	
ángulo de inclinación del talud del canal:	18°	
Peso unitario del suelo:	1937	kg/m ³
Cohesión del suelo:	0	kg/cm ²

Calculo del empuje activo del suelo:

$$K_a = \cos \alpha * \frac{\cos \alpha - \sqrt{(\cos \alpha)^2 - (\cos \phi)^2}}{\cos \alpha + \sqrt{(\cos \alpha)^2 - (\cos \phi)^2}}$$



Ka:

0.395

$$\sigma_{as} = (\gamma_s * H_T * K_a) = 1.41546275 \text{ Tn/m}^2$$

$$E_{as} = \sigma_{as} * \frac{H_T}{2} = 1.309303044 \text{ Tn/m}$$

$$E_{aH-s} = E_{as} * \cos \alpha = 1.245221192 \text{ Tn/m}$$

$$F_{aH-s} = E_{aH-s} * 1\text{m} = 1.245221192 \text{ Tn/m}$$

$$\bar{Y} = \frac{H_T}{3} = 0.616666667 \text{ m}$$

Calculo del empuje activo del agua

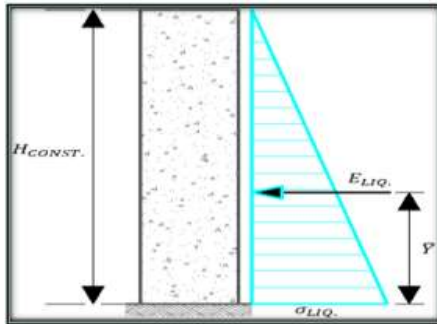
$$\gamma_{AGUA} = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ Peso Unitario del agua.}$$

$$\sigma_{a_{AGUA}} = \gamma_{AGUA} * H_{AGUA} = 1.6 \text{ Tn/m}^2$$

$$E_{a_{AGUA}} = \sigma_{a_{AGUA}} * \frac{H_{AGUA}}{2} = 1.28 \text{ Tn/m}^2$$

$$F_{a_{AGUA}} = E_{a_{AGUA}} * 1\text{m} = 1.28 \text{ Tn}$$

$$\bar{Y} = \frac{H_{AGUA.}}{3} = 0.533333333 \text{ m}$$



Calculo del empuje pasivo del suelo

$$K_p = \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 \rightarrow 3$$

$$\sigma_{p_s} = (\gamma_s * Z * K_p) + 2C * \sqrt{K_p} \quad 0 \text{ Tn/m}^2$$

$$10.75675859 \text{ Tn/m}^2$$

$$E_p = (\sigma_{p_{z=0}} + \sigma_{p_{z=H_T}}) * \frac{H_T}{2} = 9.950001694 \text{ Tn/m}$$

$$F_p = E_p * 1\text{m} = 9.950001694 \text{ Tn}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum \bar{Y}_i * A_i}{\sum A_i} = \frac{\sigma_{p_{z=0}} * \left(\frac{H_T^2}{2} \right) + (\sigma_{p_{z=H_T}} - \sigma_{p_{z=0}}) * \left(\frac{H_T^2}{6} \right)}{\sigma_{p_{z=0}} * (H_T) + (\sigma_{p_{z=H_T}} - \sigma_{p_{z=0}}) * \left(\frac{H_T}{2} \right)} = 0.616666667 \text{ m}$$

Calculo del espesor de la pared izquierda, pared derecha y base del canal

Determinación del espesor de la pared derecha del canal

$$M_u = 1.7 * \left(\gamma_s * K_a * \frac{H_{CONST.}^3}{6} * 1\text{m} \right) * \cos \alpha$$

$$M_u: 0.844482513 \text{ Ton-m} \quad 84448.25129$$

$$\rho = 0.22 * \left(\frac{\sqrt{f'c/10.197}}{f_y/10.197} \right) = 0.002423925$$

$$\omega = \rho * \frac{f_y}{f'c} = 0.048478508$$

$$d_p = \sqrt{\frac{M_u}{\phi * f'c * b * \omega * (1 - 0.59\omega)}} = 9.740724848 \text{ cm}$$

Varilla a utilizar: 10 mm

Varilla amarre: 8 mm

$$e_{P_{DER-CALCULADO}} = d_{P_{DER}} + \frac{\phi_v}{2} + r_{suelo} = 15.24072485 \text{ cm}$$

$$e_{P_{DER-MIN}} = r_{agua} + \phi_v + \phi_T + r_{suelo} = 11.8 \text{ cm}$$

Espesor de pared asumido: 25 cm

Espesor interna de la pared (presión del agua)

$$M_u = 1.4 * (Y_{agua} * 1m * \frac{H_{CONST.}^3}{6}) = 0.908956415 \text{ Tn-m}$$

$$\rho = 0.22 * \left(\frac{\sqrt{f'c/10.197}}{fy/10.197} \right) = 0.002423925$$

$$\omega = \rho * \frac{fy}{f'c} = 0.048478508$$

$$d_p = \sqrt{\frac{M_u}{\phi * f'c * b * \omega * (1 - 0.59\omega)}} = 10.10572497 \text{ cm}$$

$$e_{P_{IZQ-CALCULADO}} = d_{P_{IZQ}} + \frac{\phi_v}{2} + r_{agua} = 16.10572497 \text{ cm}$$

$$e_{P_{IZQ-MIN}} = r_{agua} + \phi_v + \phi_T + r_{suelo} = 11.8 \text{ cm}$$

Espesor de la pared asumido: 25 cm

Determinación del ancho total de la base del canal

B= 210 cm

Verificación de la estabilidad al deslizamiento y volteo

1 er. Caso (canal esta lleno):	1.6	m
2 do caso (con la altura del agua:	1.22	m
3er caso (cuando el canal está vacío):	0	m

$$\delta = \frac{2}{3} * \phi = 0.34906585$$

$$f = \tan \delta = 0.363970234$$

$$E_{desl-c} = E_{ac} * \sin \alpha = 0.404596891 \text{ ton/m}$$

Calculo de las fuerzas estabilizantes por gravedad y momento estabilizante

Elemento	Caso	Volumen m3	Peso especifico tn/m3	Peso Tn	Brazo de palanca m	M. estab. Tn-m
Pared izquierda del canal:		0.4	2.4	0.96	0.125	0.12
Pared derecha del canal:		0.4	2.4	0.96	1.975	1.896
Base del canal:		0.525	2.4	1.26	1.05	1.323
pesos del agua	caso 1	2.56	1	2.56	1.3	3.328
	caso 2	1.952	1	1.952	1.3	2.5376
	caso 3	0	1	0	1.3	0
Empu. Act (comp. Vert:)		0.647355026		0		0
			caso 1	5.74		6.667
			caso 2	5.132		5.8766
			caso 3	3.18		3.339

calculo de la fuerza lateral pasiva generada por el suelo y liquido y el momento pasivo

Elemento	Caso	Fuerza lateral pasiva	Brazo de palanca	M p estab
Efectos de empuje pasivo suelo		9.950001694	0.616666667	6.135834378
Empuje pasivo liquido	caso 1	1.28	0.866666667	1.109333333
	caso 2	0.7808	0.74	0.577792
	caso 3	0	0.333333333	0
	caso 1	11.23000169		7.245167711
	caso 2	10.73080169		6.713626378
	caso 3	9.950001694		6.135834378

Calculo de la fuerza lateral activa (generada por el suelo y liquido) y el momento activo

Efecto del empuje activo	Fuerza lateral activa Tn	Brazo de palanca	M est. Tn-m
Emp. Act. Del suelo (comp. Horizontal)	1.245221192	0.616666667	0.767886401
Emp. Act. Del liquido	1.28	0.783333333	1.002666667
	2.525221192		1.770553068

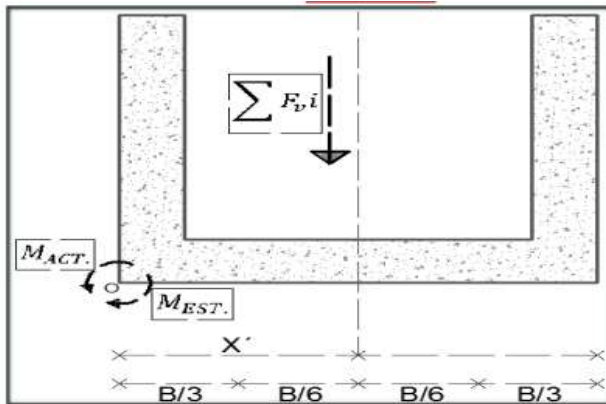
Calcula del factor de seguridad

caso 1	6.536324996	aceptable
caso 2	4.989145893	aceptable
caso 3	4.398595686	aceptable

Factor de seguridad al volteo

caso 1	3.765490072	aceptable
caso 2	3.31907589	aceptable
caso 3	1.88585141	aceptable

Factor de seguridad por capacidad de carga



B/6: 0.35

ubicación de la fuerza resultante con respecto a O

Calculo de la excentricidad

$$X' = \frac{\sum M_{estab}l - \sum M_{act}l}{\sum F_v l} = 0.853039535$$

e = 0.196960465 ok > B/6

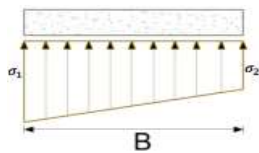
Calculo de los esfuerzos del terreno

Qadmissible:

13 Tn/m²

$$\sigma_1 = \frac{\sum F_v l}{1 + B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \rightarrow 4.271500773 \text{ Tn/m}^2 \quad \text{ok esta bien}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum F_v l}{1 + B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \rightarrow 1.195165894 \text{ Tn/m}^2 \quad \text{ok esta bien}$$



DISEÑO DEL CONCRETO ARMADO DEL CANAL

Cara en contacto con el suelo

$$\begin{aligned}\sigma'_{a_{SU}} &= 1.7 * \gamma_S * K''_a * H_{CONST.} = & 2.0811128 \\ E'_{a_{SU}} &= \sigma'_{a_{SU}} * \frac{H_{CONST.}}{2} = & 1.66489024 \\ E'_{a_{H-SU}} &= E'_{a_{SU}} * \cos \alpha = & 1.583404712 \\ F'_{a_{H-SU}} &= E'_{a_{H-SU}} * 1m = & 1.583404712 \\ \bar{\gamma} &= \frac{H_{CONST.}}{3} = & 0.533333333\end{aligned}$$

CORTANTE ÚLTIMO

$$* V_U = F'_{a_{H-SU}} = 1.583404712$$

Momento último: 0.844482513 Tn-m

Verificación al cortante:

dpder: 0.2000 m peralte efectivo
 $\phi = 0.75$ factor de reducción por cortante.

$$V_{U-d_{PDER.}} = 1.7 * \left(\gamma_S * K''_a * \left(\frac{H_{CONST.} - d_{PDER.}}{2} * 1m \right) \right) * \cos \alpha = 1.212294232 \text{ Tn}$$

$$V_C = 0.53 * \sqrt{f_c} * b_{DISEÑO} * d_{PDER.} * 10 = 15.36085935 \text{ Tn}$$

$$\phi * V_C = 10.75260155$$

$$V_{U-d_{PDER.}} < \phi * V_C \quad \text{ok}$$

Diseño por flexión

$\phi = 0.9$ factor de reducción por flexión
 Mu: 0.844482513 Tn-m

Determinar el refuerzo vertical

$$R_U = \frac{M_U * 10^5}{b_{DISEÑO} * (d_{PDER.})^2} = 2.111206282 \text{ kg/cm}^2$$

Determinar la cuantía calculada

$$\rho_{CAL} = \frac{(\phi * f_y) - \sqrt{(\phi * f_y)^2 - 4 \left(R_U (f_y)^2 * \frac{0.59\phi}{f_c} \right)}}{2 \left(0.59\phi * \frac{(f_y)^2}{f_c} \right)} = 0.00056225$$

Acero calculado

$$A_{S_{CAL}} = \rho_{CAL} * b_{DISEÑO} * d_{PDER.} = 1.124500925 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{MIN.} = 0.22 * \left(\frac{\sqrt{f_c/10.197}}{f_y/10.197} \right) = 0.002423925$$

$$\rho_{MIN.} = 0.0012 \quad ; \text{ Según el ACI 318 - 08}$$

$$\rho_{MIN.} = 0.002423925$$

$$A_{S_{MIN.}} = \rho_{MIN.} * b_{DISEÑO} * d_{PDER.} = 4.847850776 \text{ cm}^2$$

Determinamos el acero vertical

As: 4.847850776 cm²
 Varilla: 12 mm
 As var: 1.130973355 cm²
 No. Varillas: 5 varillas
 Separación: 0.25 m

1 ϕ de 12mm @ 0.25 m

Refuerzo Horizontal

$$\rightarrow \rho_{MIN.} = 0.0020 \text{ ; Según el RNE-E.060 (Concreto armado).}$$

$$\rho_{MIN.} = 0.002$$

Asero horizontal:

$$A_{SH} = \rho_{MIN.} * H_{CONT.} * d_{PDER-T} = 6.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{SH_{INT.}} = \frac{1}{3} * A_{SH} = 2.133333333 \text{ cm}^2$$

Varilla: 12 mm
 As var: 1.130973355 cm²
 No. Varillas: 2 varillas
 Separación: 0.55 m
 Separación asumida: 0.25 m

1 ϕ de 12mm @ 0.25 m

Determinación del refuerzo en la pared izquierda del canal

dpizq: 0.2 m peralte efectivo

Cara en contacto con el agua

$$\sigma_{AGUA-U} = 1.4 * \gamma_{AGUA} * H_{AGUA} = 2.24 \text{ Tn/m}^2$$

$$E_{AGUA-U} = \sigma_{AGUA-U} * \frac{H_{AGUA}}{2} = 1.792 \text{ Tn/m}$$

$$F_{AGUA-U} = E_{AGUA-U} * 1m = 1.792 \text{ Tn}$$

$$\bar{r} = \frac{H_{CONST.}}{3} = 0.533333333 \text{ m}$$

Cortante último

$$V_u = 1.792 \text{ Tn}$$

$$\text{Momento último: } 0.955733333 \text{ Tn-M}$$

Verificación del cortante_:

$$V_{U-d_{PDER}} = 1.4 * (\gamma_{AGUA} * 1m * \frac{(H_{CONST.} - d_{PIZQ.})^2}{2}) = 1.372 \text{ Tn}$$

$$V_c = 15.36085935$$

$$\phi * V_c = 13.05673045 \text{ Ton}$$

$$V_{U-d_{PDER}} < \phi * V_c \text{ Cumple}$$

Diseño flexión

$$R_u = \frac{M_u * 10^5}{b_{DISEÑO} * (d_{PIZQ.})^2} = 2.389333333 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{CAL.} = \frac{(\phi * f_y) - \sqrt{(\phi * f_y)^2 - 4 \left(R_u (f_y)^2 * \frac{0.59\phi}{f_c} \right)}}{2 \left(0.59\phi * \frac{(f_y)^2}{f_c} \right)} = 0.00056225$$

$$\text{Acero: } 1.124500925 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{MIN.} = 0.002423925$$

$$\rho_{MIN.} = 0.0012 \text{ ; Según el ACI 318 - 08}$$

$$\rho_{MIN.} = 0.0012$$

$$\rho_{MIN.} = 0.002423925$$

$$\text{Acero mínimo: } 4.847850776 \text{ cm}^2$$

$$\text{As sección: } 4.847850776 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla: } 12 \text{ mm}$$

$$\text{As var: } 1.130973355 \text{ cm}^2$$

$$\text{No. Varillas: } 5 \text{ varillas}$$

$$\text{Separación: } 0.25 \text{ m}$$

Separación asumida: 0.2

1 Φ de 12mm @ 0.2 m

refuerzo horizontal

$$AS_H = \rho_{MIN} \cdot H_{agua} \cdot d_{P12Q} \cdot T = 6.4 \text{ cm}^2$$

$$AS_{INT.} = \frac{1}{3} \cdot AS_H = 2.133333333 \text{ cm}^2$$

$$As: 2.133333333 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla: } 12 \text{ mm}$$

$$\text{As var: } 1.130973355 \text{ cm}^2$$

$$\text{No. Varillas: } 2 \text{ varillas}$$

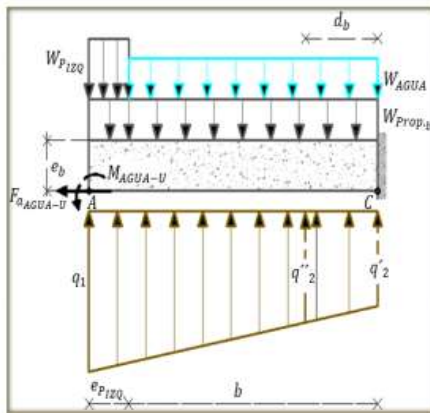
$$\text{Separación: } 0.55 \text{ m}$$

$$\text{Separación asumida: } 0.25 \text{ m}$$

1 Φ de 12mm @ 0.25 m

Determinación del refuerzo en la losa del canal

db: 0.2 m neralte efectivo



$$M_{AGUA-U} = F_{0,AGUA-U} \cdot (H_{AGUA} + e_b) = 3.3152 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

$$W_{AGUA} = 1 \text{ m} \cdot \gamma_{AGUA} \cdot H_{CONST.} = 1.6 \text{ Tn/m}$$

$$W_{PROP.a} = 1 \text{ m} \cdot \gamma_{C^*A} \cdot e_b = 0.6 \text{ Tn/m}$$

$$W_{P12Q} = 1 \text{ m} \cdot \gamma_{C^*A} \cdot H_{CONST.} = 3.84 \text{ Tn/m}$$

$$q'_2 = q_2 + \left(\frac{q_1 - q_2}{R} \cdot e_{P_{DER.}} \right) = 1.561396236 \text{ Tn/m}$$

$$q''_2 = q_2 + \left(\frac{q_1 - q_2}{B} \cdot (e_{P_{DER.}} + d_b) \right) = 1.854380511 \text{ Tn/m}$$

Cortante último

$$V_U = 1.7 \cdot \left(q'_2 (e_{P12Q} + b) + (q_1 - q'_2) \frac{(e_{P12Q} + b)^2}{2} \right) - 1.4 \cdot \left((W_{AGUA} \cdot b) + W_{PROP.a} (e_{P12Q} + b) + W_{P12Q} (e_{P12Q}) \right)$$

$$Vu: 2.690230547 \text{ Tn}$$

Momento último:

$$M_U = 1.7 \left(\frac{q'_2 (e_{P12Q} + b)^2}{2} + \frac{(q_1 - q'_2) (e_{P12Q} + b)^3}{6} \right) - 1.4 \left((W_{AGUA} \cdot b^2) + \frac{W_{PROP.a} (e_{P12Q} + b)^2}{2} + (W_{P12Q} (e_{P12Q}) \left(\frac{e_{P12Q}}{2} + b \right)) \right) - M_{AGUA-U}$$

$$Mu: -3.92982769 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

Verificación por cortante

$$X'' = e_{P12Q} + b - d_b = 1.65$$

$$V_{U-d_b} = 1.7 \cdot \left(q'_2 (X'') + (q_1 - q'_2) \frac{(X'')^2}{2} \right) - 1.4 \cdot \left((W_{AGUA} \cdot (b - d_b)) + W_{PROP.a} (X'') + W_{P12Q} (e_{P12Q}) \right)$$

$$Vu: 2.314638056 \text{ Tn}$$

Vc: 24.57737496

$$\phi * V_c = 20.89076872 \text{ Tn}$$

$$V_u - d_u < \phi * V_c$$

ok

DISEÑO POR FLEXIÓN

$$R_u = \frac{M_u * 10^5}{D_{DISEÑO} * (d_u)^2} = 9.82456923 \text{ KG/CM}^2$$

Cuantía de acero

$$\rho_{CAL} = \frac{(\phi * f_y) - \sqrt{(\phi * f_y)^2 - 4 \left(R_u (f_y)^2 * \frac{0.59 \phi}{f_c} \right)}}{2 \left(0.59 \phi * \frac{(f_y)^2}{f_c} \right)} = 0.002684105$$

Acero inferior: 5.36820902 cm²

$$\rho_{MIN.} = 0.002423925$$

Asmin: 4.847850776 cm²

As diseño: 5.36820902 cm²

Varilla: 12 mm

As var: 1.130973355 cm²

No. Varillas: 5 varillas

Separación: 0.25 m

Separación asumida: 0.2

1 ϕ de 12mm @ 0.2 m

Refuerzo superior:

$$\rho_{MIN.} = 0.002423925$$

$$A_{S_{SUPERIOR}} = \rho_{MIN.} * b * d_{bT} = 4.847850776$$

Varilla: 12 mm

As var: 1.130973355 cm²

No. Varillas: 5 varillas

Separación: 0.25 m

Separación asumida: 0.2

1 ϕ de 12mm @ 0.2 m

Acero amarre

$$A_{S_{HINT.}} = \frac{1}{3} * A_{S_H} = 1.615950259 \text{ cm}^2$$

Varilla: 12 mm

As var: 1.130973355 cm²

No. Varillas: 2 varillas

Separación: 0.7 m

Separación asumida: 0.25 m

1 ϕ de 12mm @ 0.25 m

Ing. Fernando David García Castillo
TÉCNICO DE PROYECTOS Y
PLANIFICACIÓN