

PAUTA E5

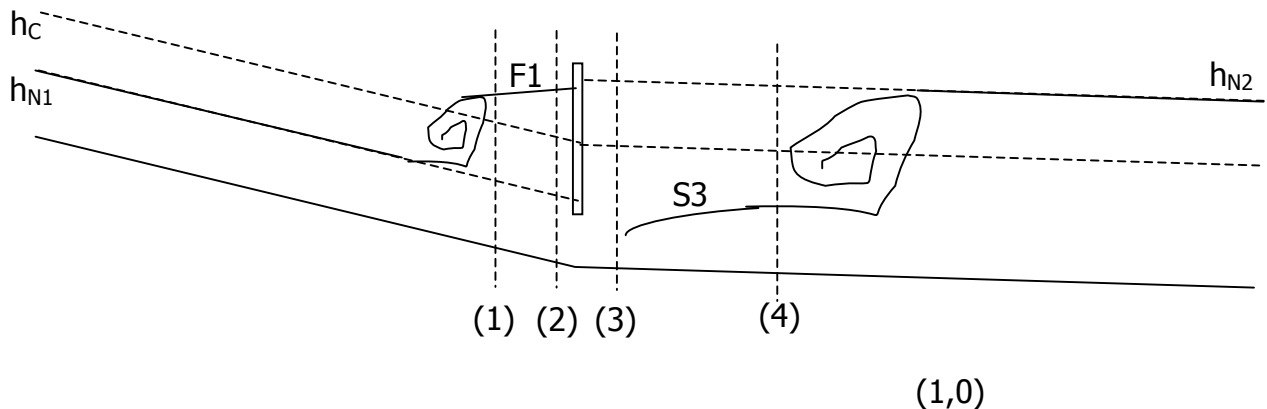
a) Primero calculamos la altura crítica y las normales de cada tramo

$$h_C = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} = 1,586[\text{m}] \quad (0,2)$$

En el tramo de aguas arriba: $\frac{Qn}{\sqrt{i}} = AR^{2/3} \Rightarrow h_{N1} = 0,872[\text{m}] < h_C \Rightarrow \text{P.F} \quad (0,4)$

Y en el de aguas abajo: $\frac{Qn}{\sqrt{i}} = AR^{2/3} \Rightarrow h_{N2} = 1,824[\text{m}] < h_C \Rightarrow \text{P.S} \quad (0,4)$

Por lo tanto, la única posibilidad de ejes hidráulicos es la siguiente, considerando que la compuerta controla (los números sirven para identificar secciones que son de interés en la parte b)



b) En el tramo de aguas arriba, en la longitud L_1 debe quedar contenido el resalto y el eje F1.

La longitud del resalto la obtenemos con la expresión de Álamos y Gallardo:

$$L_R = 18 \cdot h_C - 20 \cdot h_T = 18 \cdot 1,586 - 20 \cdot 0,872 = 11,1[\text{m}] \quad (0,5)$$

Es necesario calcular el eje F1, para lo cual necesitamos determinar previamente la altura h_1 , que corresponde a la conjugada de h_{N1}

Belànger:

$$\Rightarrow h_1 = 2,618[\text{m}] \Rightarrow E_1 = h_1 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = 2,909[\text{m}] \Rightarrow J_1 = \left[\frac{Qn}{AR^{2/3}} \right]^2 = 0,00193$$

(0,5)

Hay que encontrar un h_2 tal que $\Delta X = L_1 - L_R$, en que:

$$\Delta X = \frac{\Delta E}{i - j}$$

Iterando se llega a: $h_2 = 6,33[\text{m}] \Rightarrow E_2 = 6,38[\text{m}] \Rightarrow J_2 = 0,00022 \quad (0,5)$

$$\Rightarrow \Delta X = 89,18$$

$$\Delta X + L_R \approx L_1$$

Imponiendo este nivel de energía E_2 en la compuerta, calculamos la altura de escurrimiento aguas abajo de ésta.

$$E_2 = 6,38 = h_3 + \frac{q^2}{2gh_3^2} \Rightarrow h_3 = 0,586 = \mu a \Rightarrow a = 0,98[\text{m}]$$

Una abertura menor aumentará el nivel de energía y por ende aumentará el valor de h_2 , y con ello su momenta, lo que desplazará el resalto hacia aguas arriba. Por lo tanto, éste es el mínimo valor de abertura de la compuerta.

(0,2)

Para el tramo de aguas abajo, el eje S3 debe desarrollarse ocupando toda la extensión de L_2 . Primero obtenemos h_4 como la conjugada de h_{N2} , utilizando Belànger:

$$h_4 = 1,368[\text{m}] \Rightarrow E_4 = 2,432[\text{m}] \Rightarrow J_4 = 0,011 \quad (0,5)$$

Debemos encontrar un h_3 tal que $\Delta X = L_2$.

$$h_3 = 0,41[\text{m}] \Rightarrow E_3 = 12,261[\text{m}] \Rightarrow J_3 = 0,392 \Rightarrow 50,07[\text{m}] \approx L_2 \quad (0,5)$$

$$h_3 = \mu a \Rightarrow a = 0,68[\text{m}]$$

Este valor es el máximo, ya que si se abre más la compuerta, aumentará h_3 y disminuirá la momenta, por lo que el resalto se irá hacia aguas arriba y ahogará el puente.

(0,5)

Por lo tanto, el problema no tiene solución, ya que es imposible que el agua no moje ninguno de los puentes simultáneamente.

(0,5)

P2

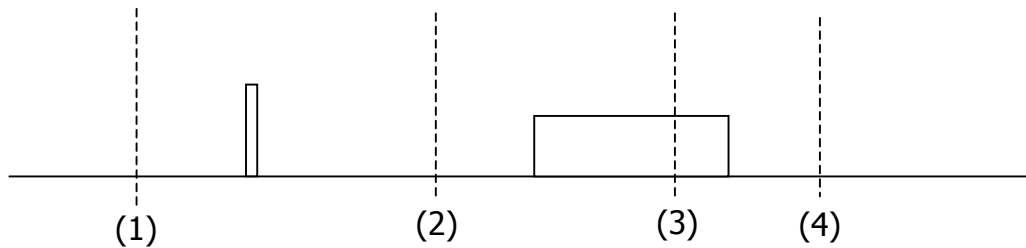
a) Para calcular el caudal, suponemos que el vertedero no está influenciado por aguas abajo y corregimos por velocidad de aproximación:

$$q = m\sqrt{2gh_V}^{3/2}; \quad m = 0,434 + 0,21\left(\frac{h_V}{h_V + a}\right)^2 = 0,445 \Rightarrow q = 0,324[m^3/s/m]$$

$$Q = q \cdot b = 0,324[m^3/s]$$

b) Una vez que tenemos el caudal, calculamos las alturas crítica y normal:

$$h_C = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = 0,220[m]; \quad \frac{Qn}{\sqrt{i}} = \frac{(b \cdot h_N)^{5/3}}{(b + 2 \cdot h_N)^{2/3}} \Rightarrow h_N = 0,393[m] > h_C \Rightarrow P.S.$$



Como tenemos pendiente suave, h_4 es igual a la altura normal, $h_4 = 0,393 [m]$

Veamos qué ocurre en el vertedero de pared gruesa. Para ver si hay influencia desde aguas abajo, calculamos la energía en (4) y la comparamos con la crítica más la grada.

$$E_4 = h_4 + \frac{q^2}{2gh_4^2} = 0,428[m]; \quad E_C = \frac{3}{2} \cdot h_C = 0,33[m]; \quad E_C + a_2 = 0,48$$

$$E_4 < E_C + a_2$$

Por lo tanto hay crisis sobre la grada y no hay influencia de aguas abajo, entonces $h_3 = h_C = 0,22 [m]$

Para calcular la energía en (2), hacemos conservación de energía:

$$E_2 = E_3 + a_2 + \Lambda_f + \Lambda_e$$

$$\Lambda_e = \lambda_e \cdot \frac{v_C^2}{2g} = \lambda_e \cdot \frac{h_C}{2}$$

$$\Lambda_f = J \cdot e = \left(\frac{Qn}{\Omega_C R_C^{2/3}} \right)^2 \cdot e = e \cdot \left[\frac{bqn(b + 2h_C)^{2/3}}{(bh_C)^{5/3}} \right]^2 = \frac{q^2 n^2 e}{h_C^{10/3}} \left(1 + 2 \frac{h_C}{b} \right)^{4/3}$$

Además, considerando que en (2), $E_2 \approx h_2 = h_{V2} + a_2$

Reemplazando en la ecuación de conservación de la energía:

$$h_{V2} + a_2 = \frac{3}{2} h_C + a_2 + \frac{q^2 n^2 e}{h_C^{10/3}} \left(1 + 2 \frac{h_C}{b} \right)^{4/3} + \lambda_e \frac{h_C}{2}$$

$$h_{V2} = h_C \left[\frac{3}{2} + a_2 + \frac{q^2 n^2 e}{h_C^{13/3}} \left(1 + 2 \frac{h_C}{b} \right)^{4/3} + \lambda_e \right]$$

Reemplazando q^2 por h_C^3 y h_C por $\left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$, y con un poco de álgebra, se tiene:

$$\sqrt{g} \cdot h_{V2}^{3/2} = q \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^{3/2} \left[3 + \frac{2gn^2 e}{h_C^{4/3}} \left(1 + 2 \frac{h_C}{b} \right)^{4/3} + \lambda_e \right]^{3/2}$$

$$q = \sqrt{2g} \cdot h_{V2}^{3/2}; \Rightarrow m = \frac{2}{\left[3 + \lambda_e + \frac{2gn^2 e}{h_C^{4/3}} \left(1 + 2 \frac{h_C}{b} \right)^{4/3} \right]^{3/2}}$$

$$m = \frac{2}{\left[3 + \lambda_e + \frac{2gn^2}{h_C^{1/3}} \cdot \frac{e}{h_C} \left(1 + 2 \frac{h_C}{b} \right)^{4/3} \right]^{3/2}} = 0,447$$

$$\Rightarrow h_{V2} = 0,326[m] \Rightarrow h_2 = 0,476[m]$$

Para corroborar que el vertedero de pared gruesa no está influenciado por aguas abajo, podemos ver la tabla 6.6 de los apuntes:

$$\frac{h_{V2} - (h_N - a)}{h_C} = 0,375 \geq 0,31 \Rightarrow \text{no hay influencia de aguas abajo}$$

Falta verificar que no haya influencias de aguas abajo en el vertedero de pared delgada, lo que se hace con la figura 6.2 de los apuntes:

$$\frac{h_2}{a} = 0,476; \quad \frac{h_{v1}}{a} = 0,3$$

Entrando al gráfico con estos valores, se ve que estamos en la región de rechazo del resalto, lo que equivale a decir que no hay influencias desde aguas abajo.