

**CI41A – Ejercicio 2**  
**Martes 14 de Agosto 2007**

**Pregunta 2 :**

Considere el sistema de tuberías de la figura, que conduce aguas desde el embalse de nivel constante  $z_A$  hasta el poblado ubicado al nivel  $z_D$ . El caudal conducido,  $Q$ , y las características geométricas y de rugosidad de la tubería son conocidas,  $D$ ,  $\varepsilon$ ,  $L$ . Si la presión de operación en el punto D debe ser de 200 m.c.a. (metros columna de agua) y por otro lado la presión máxima que resiste la tubería es de 300 m.c.a. determine la cantidad, posición y apertura ( $h/D$ ) de un conjunto de válvulas de compuerta que es necesario instalar para controlar la presión en el sistema. Considere además que la presión de vapor es de aproximadamente -10 m.c.a.

Datos:  $Q = 250 \text{ l/s}$ ;  $D = 300 \text{ mm}$ ;  $\varepsilon = 1 \text{ mm}$ ;  $L_{AB} = 3000 \text{ m}$ ;  $L_{BC} = 1000 \text{ m}$ ;  $L_{CD} = 5000 \text{ m}$ ;  
 $z_A = 1500 \text{ m}$ ;  $z_B = 750 \text{ m}$ ;  $z_C = 950 \text{ m}$ ;  $z_D = 500 \text{ m}$ ;  $\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$ ;  $\nu = 1.25 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Indicación: En su análisis puede considerar que la pendiente del terreno es aproximadamente constante entre los puntos A, B, C y D, para efectos de estimar cotas intermedias del terreno.

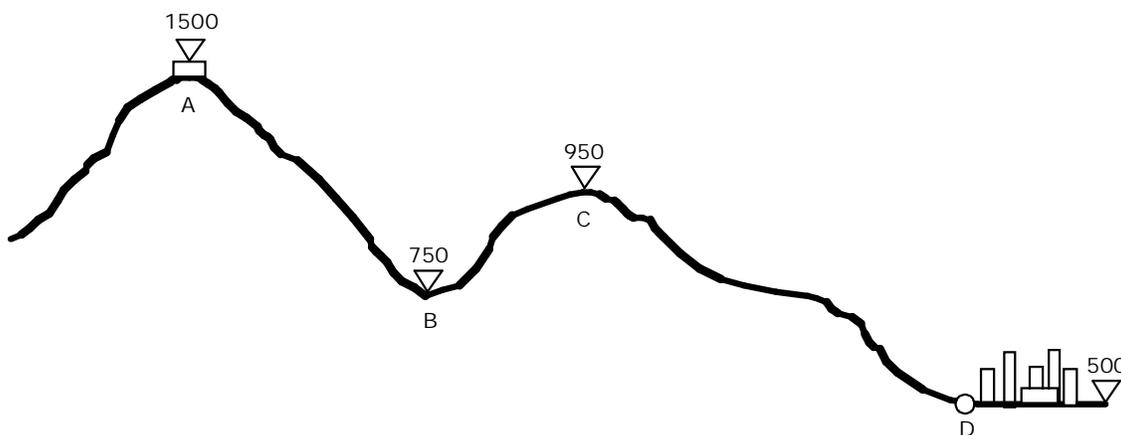
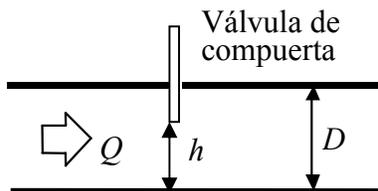


Tabla Coeficiente de pérdida de la válvula de compuerta

$h/D$	$k_v$
1	0
0.75	0.4
0.5	2
0.25	30
0.125	100
0	$\infty$



### SOLUCIÓN:

En primer lugar necesitamos conocer la velocidad y el Reynolds dentro de la tubería:

$$Q = 250 \text{ [l/s]} = 0.25 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$D = 300 \text{ [mm]} = 0.3 \text{ [m]}$$

$$\Rightarrow v = 3.537 \text{ [m/s]}$$

$$\Rightarrow \text{Re} = 848826.36$$

Utilizando la ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \text{LOG} \left( \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} + \frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} \right)$$

Se encuentra:  $f = 0.02710952$

Bernoulli entre A y B sin válvulas:

$$B_A - A_f = B_B$$
$$z_A + \frac{v^2}{2g} + p_0 - \frac{f \cdot L_{AB}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = z_B + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{p_B}{\gamma} = 576.35 \text{ [m.c.a.]}$$

Bernoulli entre A y B incorporando válvulas e imponiendo  $p_B/\gamma = 300$ :

$$z_A + \frac{v^2}{2g} + p_0 - \frac{f \cdot L_{AB}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} - \Lambda_S = z_B + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma}$$

$$\Rightarrow \Lambda_S = 276.35 \text{ [m]}$$

$$\Rightarrow k_S = \frac{\Lambda_S}{\left( \frac{v^2}{2g} \right)} = 433$$

Bernoulli entre B y C:

$$z_B + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} - \frac{f \cdot L_{BC}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = z_C + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{p_C}{\gamma} = 42.33 \text{ [m.c.a.]}$$

Bernoulli entre C y D sin válvulas:

$$z_C + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} - \frac{f \cdot L_{CD}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = z_D + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_D}{\gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{p_D}{\gamma} = 203.972 \quad [\text{m.c.a.}]$$

Bernoulli entre C y D incorporando válvulas e imponiendo  $p_D/\gamma = 200$ :

$$z_C + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_C}{\gamma} - \frac{f \cdot L_{CD}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} - \Lambda_S = z_D + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_D}{\gamma}$$

$$\Rightarrow \Lambda_S = 3.972 \quad [\text{m}]$$

$$\Rightarrow k_S = \frac{\Lambda_S}{\left(\frac{v^2}{2g}\right)} = 6.224$$

En el tramo AB se recomienda utilizar varias válvulas, pues se debe generar una pérdida importante ( $\Lambda = 276.35$  [m],  $k = 433$ ) y las pérdidas singulares son aditivas. La única condición que debe cumplirse en cuanto a su ubicación es el que en ningún punto del tramo debe haber presiones superiores a 300 [m.c.a.]. Una posible ubicación de las válvulas es al comienzo del tramo.

En el tramo CD sólo se requiere una válvula, pues la pérdida que se desea provocar es de 3.972 [m] ( $k=6.224$ ). Esta válvula puede ubicarse en cualquier punto del sistema, incluyendo los tramos AB y CD.