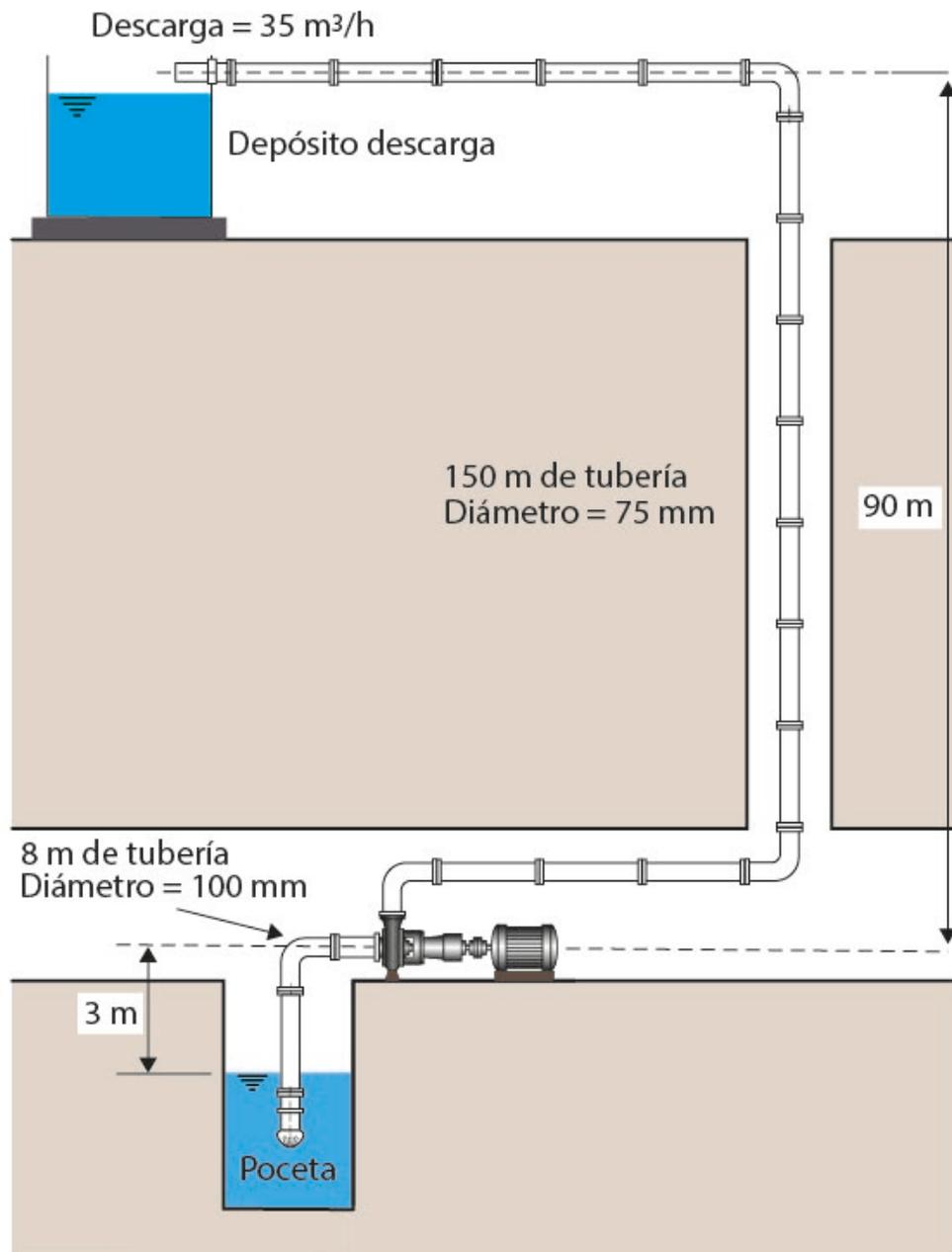


EJERCICIO SOBRE TRANSPORTE HIDRÁULICO

1. Se quiere desaguar una galería elevando el agua a un depósito de descarga externo a razón de $45 \text{ m}^3/\text{h}$. Para determinar la bomba más adecuada se pide calcular la altura manométrica o carga dinámica total (DTH) y la potencia teórica, en kW y CV, necesaria para la bomba. Considera un rendimiento para la bomba del 60%.



PMP2022

Nota:

- Fluido = Agua a 15.6°C (SG = 1.0)

- Tipo de tuberías = Hierro fundido (todos los accesorios y válvulas estarán unidos por bridas).
- Para los codos de la tubería de descarga considerar un coeficiente de fricción (K) igual a 0.35.
- Para los codos de la tubería de succión considerar un coeficiente de fricción (K) igual a 0.30.
- Para la válvula de pie (alcachofa) considerar un coeficiente de fricción (K) igual a 0.8.
- Para las pérdidas por fricción de la tubería, emplear la expresión de Williams y Hazen, con un $C = 140$:

$$H_f = \frac{5.6028}{10^8} \times \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \times \frac{Q^{1.85}}{D^{4.8655}}$$

D (m)

Q (m³/h)

H_f (m/100m)

Solución:

1. Caudal a bombear.

El problema nos dice que el caudal a bombear es de 35 m³/h es decir:

$$Q = 35 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00972 \text{ m}^3/\text{s} = 9.72 \text{ l/s} \quad (1)$$

2. Cálculo del apropiado rango de diseño de velocidades tanto para la tubería de succión como para la de descarga y sus diámetros.

Para obtener el rango adecuado de velocidades se parte del criterio que el rango de velocidades recomendado para la tubería de succión se encuentra entre 1 y 2 m/s, y para la tubería de descarga entre 2 y 3 m/s (Bombas Ideal, 1985; Lisbeth O. Lozano, 2018).

Como sabemos el caudal (Q) es de 35 m³/h. Por otro lado se dispone de la siguiente expresión:

$$Q = V \times \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (2)$$

Y que despejando la velocidad queda de la siguiente forma:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (3)$$

Entonces, por lo tanto:

- Tubería de succión:

Adoptando como diámetro (D_1) 0.100 m, entonces:

$$V_1 = \frac{0.00972 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{\pi \times (0.100 \text{ m})^2} = 1.24 \text{ m/s} \quad (4)$$

- Tubería de descarga:

Adoptando como diámetro (D_2) 0.075 m, entonces:

$$V_2 = \frac{0.00972 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{\pi \times (0.075 \text{ m})^2} = 2.2 \text{ m/s} \quad (5)$$

- Tubería de succión de diámetro 100 mm:

$$V_1 = 1.24 \text{ m/s}$$

$$V_1^2/2g = 0.07 \text{ m.c.a.}$$

- Tubería de descarga de diámetro 75 mm:

$$V_2 = 2.2 \text{ m/s}$$

$$V_2^2/2g = 0.25 \text{ m.c.a.}$$

3. Cálculo de la Altura o Carga Estática (Static Head), Hs.

Observando al esquema de la instalación se deduce que $H_s = 90 \text{ m} + 3 \text{ m} = 93 \text{ m}$ (m.c.a.).

4. Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de succión y en sus accesorios. (H_{f1})

- Pérdidas de carga debidas a la longitud de la tubería de succión:

Aplicando la ecuación de Williams y Hazen:

$$H_f = \frac{5.6028}{10^8} \times \left(\frac{100}{140} \right)^{1.85} \times \frac{35^{1.85}}{0.100^{4.8655}} = 1.59 \text{ (m.c.a./100 m)} \quad (6)$$

Sabiendo que hay instalados 8 m de tubería, entonces:

$$H_{f_{tubería}} = \frac{8 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 1.59 \text{ m.c.a./100m} = 0.13 \text{ m.c.a.} \quad (7)$$

- Pérdidas de carga debidas al codo en la tubería de succión:

$$H_{f_{codo}} = K_{codo} \times \frac{V_1^2}{2 \times g} = 0.30 \times 0.07 = 0.021 \text{ m.c.a} \quad (8)$$

- Pérdidas de carga debidas a la válvula de pie de la tubería de succión:

$$H_{f_{pie}} = K_{pie} \times \frac{V_1^2}{2 \times g} = 0.80 \times 0.07 = 0.056 \text{ m.c.a} \quad (9)$$

Luego, el valor total de las pérdidas por fricción para la tubería de succión será:

$$H_{f1} = 0.13 \text{ m.c.a.} + 0.021 \text{ m.c.a.} + 0.056 \text{ m.c.a.} = 0.207 \text{ m.c.a.} \quad (10)$$

5. Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de descarga y en sus accesorios (H_{f2})

- Pérdidas de carga debidas a la longitud de la tubería de descarga:

Aplicando la ecuación de Williams y Hazen:

$$H_f = \frac{5.6028}{10^8} \times \left(\frac{100}{140} \right)^{1.85} \times \frac{35^{1.85}}{0.075^{4.8655}} = 6.43 \text{ (m.c.a./100 m)} \quad (11)$$

Sabiendo que hay instalados 150 m de tubería, entonces:

$$H_{f_{tubería}} = \frac{150 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 6.43 \text{ m.c.a./100m} = 9.64 \text{ m.c.a.} \quad (12)$$

- Pérdidas de carga debidas a los tres codos de la tubería de descarga:

$$H_{f_{codo}} = 3 \times K_{codo} \times \frac{V_2^2}{2 \times g} = 3 \times 0.35 \times 0.25 = 0.26 \text{ m.c.a} \quad (13)$$

Luego, el valor total de las pérdidas por fricción para la tubería de descarga será:

$$H_{f2} = 9.64 \text{ m.c.a.} + 0.26 \text{ m.c.a.} = 9.9 \text{ m.c.a.} \quad (14)$$

6. Cálculo de las alturas debidas a las velocidades en las tuberías (H_v)

- Tubería de succión:

La velocidad del flujo a través de ella es de 1.24 m/s, luego:

$$H_{v1} = \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = 0.07 \text{ m.c.a.} \quad (15)$$

- Tubería de descarga:

La velocidad del flujo a través de ella es de 2.2 m/s, luego:

$$H_{v2} = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = 0.25 \text{ m.c.a.} \quad (16)$$

Luego la altura total debida a las velocidades del flujo en las tuberías será:

$$H_v = H_{v1} + H_{v2} = 0.07 + 0.25 = 0.32 \text{ m.c.a.} \quad (17)$$

7. Cálculo de la altura dinámica total (DTH)

El valor de DTH será la suma de todas las alturas calculadas anteriormente, es decir:

$$DTH = H_s + H_{f1} + H_{f2} + H_v = 93 + 0.207 + 9.9 + 0.32 = 103.43 \text{ m.c.a.} \quad (18)$$

8. Cálculo de la potencia de la bomba.

Con el valor calculado de TDH_{agua} de 103.43 m.c.a., el caudal calculado de $Q = 35 \text{ m}^3/\text{h}$, un rendimiento estimado del 60%, y la densidad del agua de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ podemos calcular la potencia en kW y CV que necesitará la bomba a través de la siguiente expresión:

$$N_{kW} = \frac{Q \times TDH_{\text{agua}} \times \rho_{\text{agua}}}{\frac{\eta}{100} \times 360} = \frac{35 \times 103.43 \times 1.00}{0.60 \times 360} = 16.76 \text{ kW} \quad (19)$$

$$N_{CV} = \frac{Q \text{ l/s} \times TDH_{\text{agua}} \times \rho_{\text{agua}}}{\frac{\eta}{100} \times 75} = \frac{9.72 \times 103.43 \times 1.00}{0.60 \times 75} = 22.34 \text{ CV} \quad (20)$$

Se recomienda incrementar estas cantidades en un 25% debido a pérdidas en la transmisión y pérdidas en el rendimiento por causas de desgastes en las partes hidráulicas a medio plazo. Por lo que la potencia a instalar serían 20.95 kW (27.93 CV).