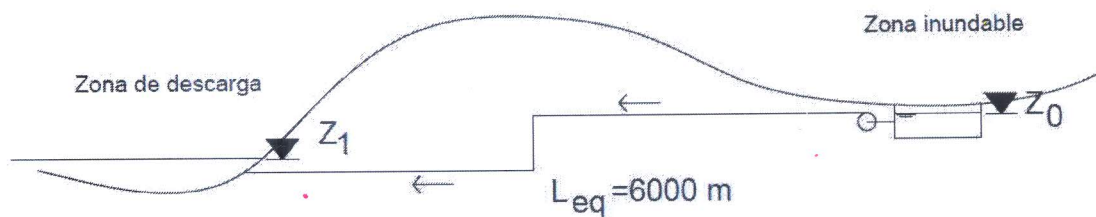


Ejercicio Bomba Examen Máquinas para Fluidos I

Diciembre 2024

Una zona de una ciudad con una cuenca de 1 km^2 presenta eventos de inundación en casos de lluvia extrema. Se detecta que los eventos a mitigar son los que generan una lluvia de 10 mm (lo que equivale al volumen de un cilindro de base 1 km^2 y altura 10 mm) en una hora, debiéndose diseñar un sistema de extracción con la capacidad de extraer toda la lluvia que alcanza la cuenca en el período del evento (1 hora).

La figura esquematiza la instalación del sistema con sus cotas



Donde $Z_0 = 3 \text{ m}$ y $Z_1 = 0 \text{ m}$.

- Determine el caudal, el diámetro de la cañería y la carga a entregar por el sistema de bombeo. Considere una velocidad de diseño de 3 m/s , y hormigón para la cañería (0.003 m).
- ¿Qué tipo de bomba espera que sea? ¿y si se colocaran cuatro bombas en paralelo? Considere $N = 740 \text{ RPM}$ para ambos casos
- A partir de la condición de diseño de 4 bombas trabajando en paralelo en la condición de diseño determinada en a):
 - Asumiendo una velocidad de giro de $N = 740 \text{ RPM}$, estimar el diámetro exterior de la bomba D_2 .
 - Asumiendo un rendimiento volumétrico $\eta_v = 0.96$, un rendimiento hidráulico $\eta_H = 0.8$, $Z = 10$, $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0.93$, $l_2/D_2 = 0.2$ y $N = 740 \text{ RPM}$ resuelva el triángulo de velocidades de la descarga. Determine β_{2p}
- Si $D_1/D_2 = 0.5$ y $\beta_{1p} = 22^\circ$: Estime el ancho de rotor en el ingreso al rotor (l_1).



Resolución:

1. El caudal se estima a partir del área de la cuenca y el la precipitación de diseño:

$$Q = p \left(\frac{mm}{hr} \right) \cdot A (km^2) = 0.01 \frac{m}{hr} \cdot 1000m \cdot 1000m = 10000 \frac{m^3}{hr} = 2,78 \frac{m^3}{s}$$

Considerando $v=3m/s \rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = 1,086m$

$$\Delta H_B = Z_1 - Z_0 + \zeta$$

Para el cálculo de ζ se utiliza la rugosidad dada:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,003m}{1,086m} = 0,0276$$

$$Re = v \cdot \frac{D}{\nu} = \frac{3m}{s} \cdot \frac{1,086m}{\frac{1 \times 10^{-6} m^2}{s}} = 3,26 \times 10^6$$

Las pérdidas se estiman entonces como: $\zeta = f \cdot \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 63,4m$

A partir del Abaco de Moody se determina $f=0,025$

2. Se calcula la velocidad específica utilizando los valores de altura y carga estimados en la parte 1:

$$\Omega = \omega \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{(g \cdot H)^{3/4}} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{740RPM}{60} \cdot \frac{\left(2,78 \frac{m^3}{s} \right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{9,8m}{s^2} \cdot 60,4m \right)^{3/4}} = 1,08$$

Lo que la haría una bomba de flujo mixto.

Para 4 bombas en paralelo el caudal se reduce a $\frac{1}{4}$ y la altura permanece incambiada, resultando en:

$$\Omega_{4Bombas} = 0,54$$

Por lo que serían, en este caso, centrifugas

3. A partir de Euler:

$$H_T = \frac{u_2 v_{2u}}{g}$$

Donde

$$v_{2u} = v_{2u\infty} - \pi \cdot \frac{u_2 \sin(\beta_{2p})}{Z}$$

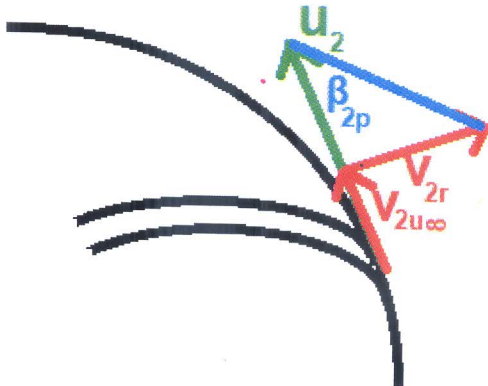


$$u_2 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60} \cdot \frac{D_2}{2}$$

Del diagrama de Cordier con

$$\Omega_{4Bombas} = 0,54 \rightarrow \Delta = 5 \rightarrow D_2 = \frac{\Delta \cdot Q_2^{\frac{1}{2}}}{(H \cdot g)^{1/4}} = 0,845m$$

$$u_2 = 32,73 \text{ m/s}$$



El caudal a en la sección:

$$Q_T = \pi D_2 l_2 v_{2r} \varepsilon$$

Del triángulo de velocidades:

$$v_{2u\infty} = u_2 - \frac{Q_t}{\tan(\beta_{2p}) \pi D_2 l_2 \varepsilon} \quad (\text{ec.1})$$

De la letra: $l_2 = 0,2 \cdot D_2 = 0,211m$

$$Q_t = \frac{Q}{\eta_V} = 0,724 \frac{m^3}{s}$$

$$H_t = \frac{H}{\eta_H} = 75,5 \text{ m}$$



$$H_t = \frac{u_2 v_{2u}}{g} = \frac{u_2}{g} (v_{2u\infty} - \pi \cdot u_2 \cdot \frac{\sin(\beta_{2p})}{Z}) \quad (\text{ec.2})$$

Ecuaciones (1) y (2) constituyen un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas (β_{2p}) y $v_{2u\infty}$. Al resolverlo se determina el triángulo de velocidades.

$$\beta_{2p} = 12^\circ, v_{2u\infty} = 24,6 \text{ m/s}$$

$$v_{2u} = 28,2 \frac{m}{s} - \pi \cdot u_2 \cdot \frac{\sin(\beta_{2p})}{Z} = 22,4 \frac{m}{s}$$

$$4. D_1 = \frac{0,845m}{2} = 0,4225 \text{ m}$$

Del triángulo de velocidades en la entrada, asumiendo que el flujo entrante es radial y $\beta_1 = \beta_{1p}$:

$$v_1 = \tan(\beta_{1p}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot N \cdot \frac{D_1}{60 \cdot 2} = 6,61 \text{ m/s}$$

Del caudal en la entrada del rotor:

$$\frac{Q_T}{\pi D_1 v_1 \epsilon} = l_1 = 0,355 \text{ m}$$

