

Minimización de costos y diseño óptimo de tuberías

El costo total anual de una cañería corresponde a la suma del costo de inversión (compra e instalación) y del costo operativo (bombeo).

$$\text{Costo de operación: } C_{inv} = C_0 \frac{m\Delta p}{\rho\eta}$$

$$\text{Costo de inversión: } C_{inv} = C_1 D^{1.3} L$$

C_0 y C_1 : Coeficientes de costo.

D : Diámetro de la tubería.

η : Eficiencia de la bomba.

Δp : Caída de presión.

ρ : Densidad.

m : Flujo másico.

L : Longitud de la tubería.

El balance de energía mecánica (sin caída de presión en los accesorios y sin cambios de elevación) corresponde a:

$$\Delta p = 2f\rho v^2 \frac{L}{D}$$

f : Factor de fricción.

v : Velocidad del líquido.

Por la ecuación de continuidad el flujo másico está dado por la siguiente expresión:

$$m = \left(\frac{\rho\pi D^2}{4} \right) v$$

El factor de fricción está relacionado con el número de Reynolds del sistema:

$$f = 0.046 \text{Re}^{-0.2} = \frac{0.046\mu^{0.2}}{D^{0.2}v^{0.2}\rho^{0.2}}$$

μ : Viscosidad del líquido.

Introduciendo las expresiones anteriores en los costos originales se llega a la función que representa al costo total del sistema:

$$C = C_1 D^{1.3} L + 0.142 \frac{C_0}{\eta} m^{2.8} \mu^{0.2} \rho^{-2} D^{-4.8} L$$

Finalmente, dividiendo por la longitud de la tubería, se obtiene el costo total de tubería por unidad de longitud:

$$c = C_1 D^{1.3} + 0.142 \frac{C_0}{\eta} m^{2.8} \mu^{0.2} \rho^{-2} D^{-4.8}$$

De esta manera el diámetro óptimo de la instalación corresponde al diámetro (D) que minimiza la expresión anterior.

- a) Graficar el costo de inversión, el costo de operación y el costo total por unidad de longitud para el siguiente problema:

Caso de estudio 1

m : 50 lb/seg.

ρ : 60 lb/pie³.

μ : 6.72x10⁻⁴ lb/(pie.seg)

η : 0.6 (60%)

C_0 : 0.018456

C_1 : 5.7

c : Costo total por unidad de longitud \$/(año.pie)

- b) Encuentre el diámetro óptimo y el costo mínimo correspondiente.
- c) Elija dos de los parámetros dados como dato en el problema y estudie cuánto varía en porcentaje el costo mínimo con un aumento del 10% en cada parámetro. Tener en cuenta que para estudiar el impacto de la variación de uno de los parámetros los demás deben tomar sus valores originales (se varía uno a la vez).

	Parámetro 1	Parámetro 2
Valor original parámetro		
Nuevo valor del parámetro		
Variación parámetro	10%	10%
Costo total mínimo original		
Nuevo costo total mínimo		
Variación absoluta costo total mínimo		
Variación relativa costo total mínimo (%)		