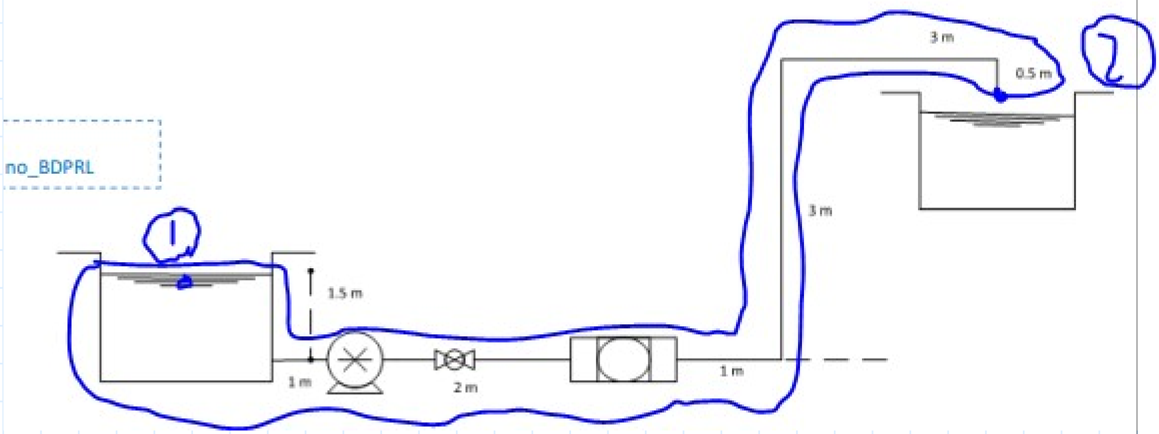
Problema y sistema

Se requiere transportar 8500 kg.hr^{-1} de jugo de ananá (densidad, 1125 kg.m^{-3}) a través de un filtro, de un tanque a otro, ambos abiertos, mediante un ducto de 1. 5" # 40s. La caída de presión a través del filtro es de 150 kPa. Asuma que el fluido presenta un comportamiento reológico modelable por LP, siendo los valores de K: 3 Pa.s^n, n: 0.65, y un gradiente de cizalla de 800 s^{-1}. A 25°C la presión de vapor del jugo es de 2.8 kPa. Asuma que el KL de la plug valve es 2. Seleccione una BDPRL adecuada a partir de los catálogos AMPCO.



DATOS

Fluido: jugo de ananá, No Newt Comportam reológico modelable por LP

$\delta := 1125 \ \frac{kg}{m^3}$ $\quad D := 1.610 \ in = 0.041 \ m$

$n_{indice} := 0.65$ $\quad Temp := 25$

$\Delta P := 150 \ kPa = \left(1.5 \cdot 10^5\right) \ Pa$ $\quad K_{coef} := 3 \ Pa \cdot s^{0.65}$ $\quad \gamma := 800 \ s^{-1}$ Variación de la velocidad respecto a la posición

$P_{vap} := 2.8 \ kPa = \left(2.8 \cdot 10^3\right) \ Pa$ $\quad K_L := 2$ Es el KL que acompaña al factor de Darcy

$Q_m := 8500 \ \frac{kg}{hr}$ $\quad Long_1 := 1 \ m$ $\quad Long_2 := 2 \ m + 1 \ m + 3 \ m + 3 \ m + 0.5 \ m = 9.5 \ m$

$\varepsilon := 4.5 \cdot 10^{-5} \ m$

DESARROLLO

INCISO A

Ecuaciones

$$v\left(Q_m, D, \delta\right) := \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot D^2 \cdot \delta}$$

$$\frac{P_1}{\delta} + g \cdot z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{{v_1}^2}{2} + w_s = \frac{P_2}{\delta} + g \cdot z_2 + \alpha_2 \cdot \frac{{v_2}^2}{2} + e_L$$

$$GRey\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) := \frac{D^{n_{indice}} \cdot v\left(Q_m, D, \delta\right)^{\left(2 - n_{indice}\right)} \cdot \delta}{8^{\left(n_{indice} - 1\right)} \cdot K_{coef}} \cdot \left(\frac{4 \cdot n_{indice}}{3 \cdot n_{indice} + 1}\right)^{n_{indice}}$$

$$GRey_{crit}\left(n_{indice}\right) := \frac{6464 \cdot n_{indice} \cdot \left(2 + n_{indice}\right)^{\frac{2 + n_{indice}}{1 + n_{indice}}}}{\left(1 + 3 \cdot n_{indice}\right)^2}$$

$$f_D\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) := \frac{64}{GRey\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right)}$$

$$\alpha_{RL}\left(n_{indice}\right) := \frac{3 \cdot \left(3 \cdot n_{indice} + 1\right)^2}{\left(2 \cdot n_{indice}\right) \cdot \left(5 \cdot n_{indice} + 3\right)}$$

$$Ft_{RL} := \frac{500}{GRey\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right)}$$

Irrever por trayectoria

$$e_{Lp}\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}, Long\right) := f_D\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) \cdot \frac{Long}{D} \cdot \frac{\left(v\left(Q_m, D, \delta\right)\right)^2}{2}$$

Irrev por accesorios

$$K_L\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) := 30 \cdot f_D\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right)$$

$$e_{Lacc}\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) := Ft_{RL} \cdot K_L\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) \cdot \frac{\left(v\left(Q_m, D, \delta\right)\right)^2}{2}$$

Irrever por la válvula globo de regulación

$$K_{Lvalgl}\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) := 340 \cdot f_D\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right)$$

$$e_{Lvalgl}\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) := Ft_{RL} \cdot K_{Lvalgl}\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) \cdot \frac{\left(v\left(Q_m, D, \delta\right)\right)^2}{2}$$

Irrever de entrada (contracción)

$$K_{Lcon} := 0.5$$

$$e_{Lcon}\left(Q_m, D, \delta\right) := Ft_{RL} \cdot K_{Lcon} \cdot \frac{\left(v\left(Q_m, D, \delta\right)\right)^2}{2}$$

Irrever por filtro

$$e_{Lfiltro}\left(\Delta P, \delta\right) := Ft_{RL} \cdot \frac{\Delta P}{\delta}$$

Resolución

Se tomó al punto sobre la superficie del fluido y al punto dos justo a la salida de la tubería, por lo que se van a tener las siguientes condiciones:

*Las presiones en ambos puntos es la presión ambiental y se supone que se está al nivel del mar

*La densidad se mantiene constante en todo momento por lo que es un fluido incompresible y la temperatura es constante

*El datum está en el ojo de la bomba

*La velocidad en el punto 1 es despreciable con respecto a la del punto 2 y a todo el recorrido en la tubería

$P_1 := 1\ bar$ $\quad P_2 := 1\ bar$ $\quad v_1 := 0\ \frac{m}{s}$ $\quad v_2 := v\left(Q_m, D, \delta\right) = 1.598\ \frac{m}{s}$

$z_1 := 1.5\ m$ $\quad z_2 := 3\ m - 0.5\ m = 2.5\ m$

$GRey\left(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}\right) = 168.593$

Como el rey generalizado es menor que el crítico,

$GRey_{crit}(n_{indice}) = 2.31 \cdot 10^3$

entonces tenemos un flujo laminar y, por lo tanto, el factor de Darcy:

$\alpha_{RL}(n_{indice}) = 3.213$

$\alpha_1 := \alpha_{RL}(n_{indice}) = 3.213$ $\alpha_2 := \alpha_{RL}(n_{indice}) = 3.213$

$f_D(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}) = 0.38$

Irreversibilidades

$Ft_{RL} = 2.966$

Tramo 1-s
eL entrada (contracciónn)
eL trayectoria

$$e1 := \begin{bmatrix} e_{Lcon}(Q_m, D, \delta) \\ e_{Lp}(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}, Long_1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.893 \\ 11.851 \end{bmatrix} \frac{m^2}{s^2}$$

$$e_{L1} := \sum_{j=0}^{1} e1_j = 13.744 \frac{m^2}{s^2}$$

Tramo d-2
eL valv globo
eL filtro
eL trayectoria
eL 3 codos 90°

$$e2 := \begin{bmatrix} e_{Lp}(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}, Long_2) \\ e_{Lvalgl}(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}) \\ e_{Lfiltro}(\Delta P, \delta) \\ 3 \cdot e_{Lacc}(K_{coef}, D, Q_m, \delta, n_{indice}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 112.586 \\ 488.687 \\ 395.43 \\ 129.358 \end{bmatrix} \frac{m^2}{s^2}$$

$$e_{L2} := \sum_{j=0}^{3} e2_j = (1.126 \cdot 10^3) \frac{m^2}{s^2}$$

$$e_L := e_{L2} + e_{L1} = (1.14 \cdot 10^3) \frac{m^2}{s^2}$$

$$DP := \left(\frac{P_1}{\delta} + g \cdot z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2}\right) - \left(\frac{P_2}{\delta} + g \cdot z_2 + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2}\right)$$

$$DP = -13.909 \ \frac{m^2}{s^2}$$

Valores de prueba

$$w_s := 1 \ \frac{m^2}{s^2}$$

Restricciones

$$DP + w_s = e_L$$

Solver

$$w_s := \text{find}\left(w_s\right) = \left(1.154 \cdot 10^3\right) \frac{m^2}{s^2}$$

$$Pot_{bomb} := w_s \cdot Q_m = 2.724 \ kW$$

$$H_s := \frac{w_s}{g} = 117.646 \ m$$

Para ingresar al catálogo se necesita la viscosidad aparente y la presión en la descarga

$$z_d := 0 \ m$$

Valores de prueba

$$P_d := 1 \ bar$$

Restricciones

$$\frac{P_1}{\delta} + g \cdot z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2} + w_s = \frac{P_d}{\delta} + g \cdot z_d + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2} + e_{L1}$$

Solver

$$P_d := \text{find}\left(P_d\right) = 13.944 \ bar$$

$$P_d = 202.241\ psi$$

$$Pot_{bomb} := w_s \cdot Q_m = 2.724\ kW$$

$$Q_v := \frac{Q_m}{\delta} = 125.926\ \frac{L}{min}$$

$$\eta := \frac{K_{coef} \cdot \gamma^{n_{indice}}}{\gamma}$$

$$H_s := \frac{w_s}{g} = 117.646\ m$$

$$\eta = 2.891\ poise \qquad 2.891 \cdot 100 = 289.1$$

Como la viscosidad es muy alta, mayor a 100 cps, se considera que se trabaja a cero bar

$$Pot_{sum} := \frac{Pot_{bomb}}{0.68}$$

$$z_s := 0\ m$$

$$NPSHa := \frac{P_1}{\delta \cdot g} + (z_1 - z_s) + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^{\ 2}}{2 \cdot g} - \frac{P_{vap}}{\delta \cdot g} - \frac{e_{L1}}{g}$$

$$NPSHa = 8.909\ m$$

Bomba
marca: Ampco
Modelo: ZP2-40
Familia: ZP2 Series
rpm: 440
frecuencia: 50 Hz
Dimp: 200mm
eficiencia: 76.1
NPSHr: 2.9 m
Potencia a suministrar: 12.06 kW
Potencia de la bomba 15kW
Condiciones de trabajo: de 40 a 130 m3/hr
Hbombcat: 49 m

INCISO b