32/35

R

UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR
Departamento de Termodinámica
y Fenómenos de Transferencia
Fenómenos de Transporte I (TF 1221)

Nombre: José F. Romero
07-41494

Tercer Examen Parcial (35%)

Problema 1.

3

Fluye agua por un codo con un caudal de 0,01 m^3/s como se muestra en la figura 1. Calcular la fuerza sobre cada una de las varillas que sostiene al codo en su posición.

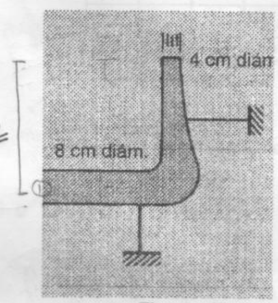


Figura 1

Problema 2.

9

Para enviar agua desde el tanque 1 hacia el 2 se emplea una bomba como se muestra en la figura 2. Por el sistema circulan 0,17 m^3/s . Si se quiere reemplazar la bomba existente, escoja cual de las mostradas serviría. La tubería de acero comercial de diámetro 20 cm. La descarga del tanque a es del tipo descarga con salientes y la entrada al tanque 2 es de bordes rectos. La presión de vapor del agua es 3900 Pa, su densidad 1000 kg/ m^3, su viscosidad 1×10^{-3} Pa

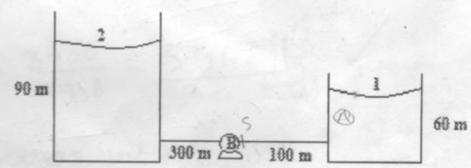


Figura 2

Problema 3.

20

El sistema mostrado en la figura 3 está formado por una tubería de rugosidad $1,5\times10^{-6}$ m, de diámetro nominal ½ pulgada catálogo 40, codos de 45° y válvulas reguladoras de flujo tipo bola. La presión manométrica en el punto 1 es 200 kPa y tanto el punto 2 como el 4 se encuentran abiertos a la atmósfera (101 kPa). Si por el sistema circula agua (densidad 1000 kg/ m^3, viscosidad 1×10^{-3} Pa) y la válvula A está cerrada, a) determine el caudal que circula por el tramo 1-2. b) Si ahora se abre la válvula A permitiendo que el fluido circule por todo el sistema y se conoce la velocidad V2, plantee las ecuaciones necesarias y el procedimiento de solución que permita obtener las velocidades V1 y V3

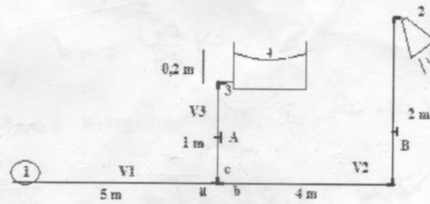
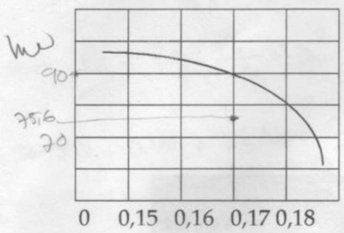
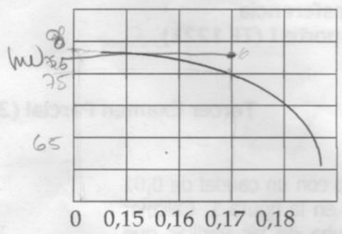


Figura 3



Bomba A $(NPSH)_R$= 60



Bomba B. $(NPSH)_R$= 40

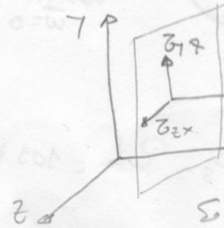
$t_x(\vec{n}) = -P\vec{n} + \tau_x(n)$

Balance Macroscópico de Cantidad de Movimiento

$$\frac{d}{dt}\int_{V_a(t)} \rho \vec{v}\, dV = \int_{A_a(t)} \rho \vec{V}\cdot \vec{n}(\vec{\omega} - \vec{v})\, dA + \int_{V_A(t)} \rho \vec{b}\, dV + \int_{A_a(t)} \vec{t}(\vec{n})\, dA$$

Depende de la dirección del análisis — velocidad genérica vectorial

141 shames
133 STREETER



$$t_x(\vec{n}) = n_x \tau_{xx} + n_y \tau_{yx} + n_z \tau_{zx} = \vec{n}\,\vec{\tau}(x)$$

$$t_y(\vec{n}) = n_x \tau_{xy} + n_y \tau_{yy} + n_z \tau_{zy} = \vec{n}\,\vec{\tau}(y)$$

$$t_z(\vec{n}) = n_x \tau_{xz} + n_y \tau_{yz} + n_z \tau_{zz} = \vec{n}\,\vec{\tau}(z)$$

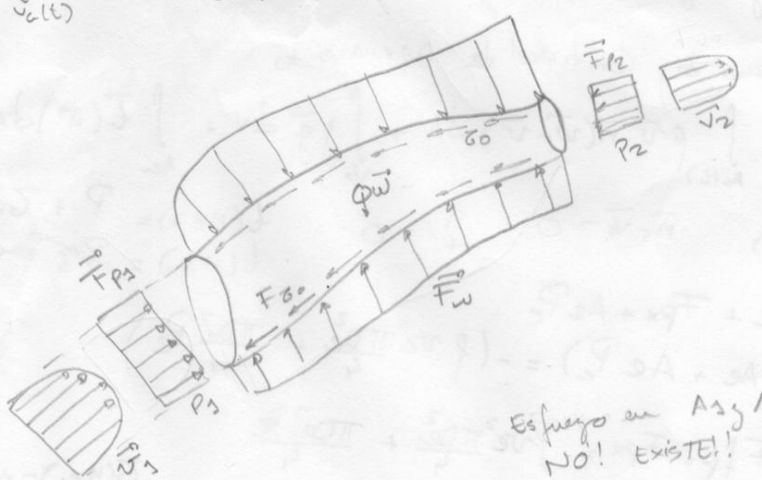
Se puede destacar que $\sigma_{xx} = \tau(n) - P\vec{n}$ → Esfuerzos normales negativos en un fluido.

Recordar: La ecuación De cantidad de movimiento es VECTORIAL

si se pide, se debe hacer el análisis por componentes

$$\frac{d}{dt}\int_{V_a(t)} \rho v_x\, dV = \int_{A_a(t)} \rho v_x\, \vec{n}(\vec{\omega} - \vec{v})\, dA + \int_{V_A(t)} \rho b_x\, dV + \int_{A_a(t)} t^x(\vec{n})\, dA$$

esfuerzo en dirección x !!



Esfuerzo en A_1 y A_2 en dirección $\vec{n}$ NO! EXISTE! Sólo debido a presión.

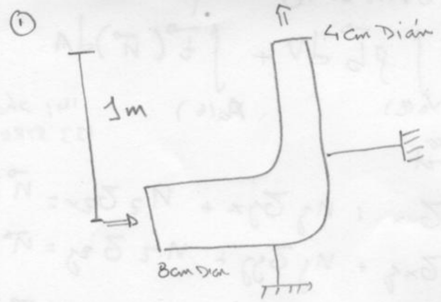
Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

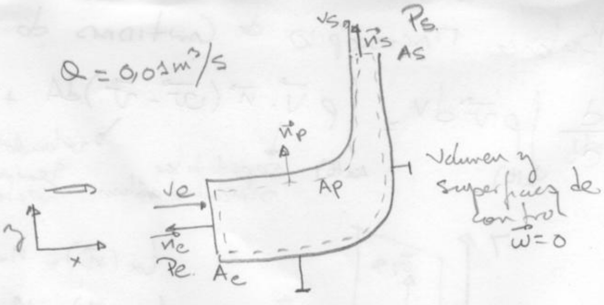
Balance de Masa

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s$$

①



$Q = 0{,}01\ m^3/s$



Ya que se cumplen las condiciones de Bernoulli:

$$\frac{P_s}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + z_s = \frac{P_e}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g} + z_e \quad \text{con} \quad P_s = P_{atm} = 101\ kPa$$

Además $v_s A_s = Q$ $\quad D_s = 4cm \Rightarrow v_s = \frac{Q\cdot 4}{\pi D_s^2} = 7{,}958\ m/s$

$v_e A_e = Q$ $\quad D_e = 8cm \Rightarrow v_e = \frac{Q\cdot 4}{\pi D_e^2} = 1{,}989\ m/s$

Calculamos P_e

$$P_e = \rho g\left(\frac{P_s}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + z_s - \frac{v_e^2}{2g} - z_e\right) = 140{,}486\ kPa$$

Balance macroscópico de cantidad de movimiento

$$\frac{d}{dt}\int_{V_a(t)} \rho \vec v\, dV = \int_{A_a(t)} \rho \vec v\cdot \vec n(\vec w - \vec v)\, dA + \int_{V_a} \rho \vec g\, dV + \int_{A_a} \vec t(\vec n)\, dA$$

Eje x $\quad \vec n_e \vec v_e = (-) \quad \vec n_s \vec v_s = 0 \quad g_x = 0 \quad t(n_{ex}) = P + \cancel{\tau_{xx}}^{0}$

$t(n_{sx}) = \cancel{P_{xx}}^{0} + 0$

$$0 = -\rho v_e^2 A_e + F_{px} + A_e P_e$$

$$\Rightarrow F_{px} = -(\rho v_e^2 A_e + A_e P_e) = -\left(\rho v_e^2 \frac{\pi D_e^2}{4} + \frac{\pi D_e^2}{4} P_e\right)$$

$$F_{fp} = -F_{px} = \rho v_e^2 \frac{\pi D_e^2}{4} + \frac{\pi D_e^2 P_e}{4}$$

$\tau(n_{ez}) = 0$

$\tau(n_{sz}) = -P_s + \tau_{z}$

Eje Y $\quad \vec n_e \vec v_e = (-) \quad v_{ze} = 0\ ; \quad \vec n_s \vec v_s = (+) \quad v_{zs} = v_s\ ; \quad g_z = -g$

$$0 = -\rho v_s^2 A_s + F_{pz} - \rho g V - P_s A_s$$

$$F_{pz} = \rho v_s^2 A_s + \cancel{\rho g V}^{0} + P_s A_s \Rightarrow F_{fp} = -F_{pz} = -\left(\rho v_s^2 \frac{D_s^2 \pi}{4} + P_s \frac{D_s^2 \pi}{4}\right.$$

Balance Macroscópico de Energía. Sistema de tuberías

$$\underbrace{\left(\frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + z_2\right)}_{\text{cabezal total}} - \left(\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + z_1\right) = h_w - h_\Phi$$

$h_w = \frac{\dot{W}}{\rho g Q}$ = Cabezal suministrado al fluido

$h_\Phi = \frac{E_v}{\rho g Q}$ = Pérdidas friccionarias.

Además

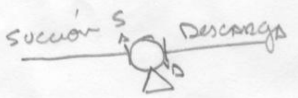
$$h_\Phi = \sum h_{f_i} + \sum h_{m_i}$$

h_{f_i} = Pérdidas friccionales en tramos rectos $= \frac{1}{2g} v_i^2 \left(\frac{L}{D}\right) f_i$ con $f = f\left(\frac{\varepsilon}{D}, Re\right)$

h_{m_i} = Pérdidas friccionales menores (accesorios)
- longitud equivalente $h_m = \frac{1}{2g} v_i^2 \left(\frac{L}{D}\right)_{eq} f_i$
- coeficiente de pérdida $h_m = \frac{K v_i^2}{2g}$

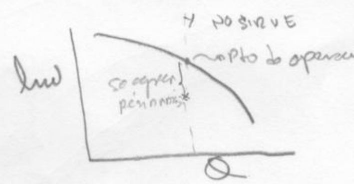
* BOMBAS

$$h_D - h_S = h_w - \cancel{h_\Phi}^{\,0}$$



Selección de Bombas

1) Curva Característica



2) $(NPSH)_R$ = Net positive suction heads (requerido) → fabricante
$(NPSH)_D$ = " " " " (disponible)

$(NPSH)_D > (NPSH)_R$ (cavitación)

$$(NPSH)_D = h_s - \frac{P_v}{\rho g}$$

h_s → Se hace balance de energía desde algún punto conocido hasta la succión de la bomba

→ $h_s - h_1 = -h_\Phi$

Francisco Romero
-4494

Calculamos el $(NPSH)_D$

② $Q = 0,17\ m^3/s$
$D_i = 20\ cm = 0,2\ m$
Descarga con estanque
$P_v = 3900\ Pa$
$\rho = 1000\ kg/m^3$
$\mu = 1\times10^{-3}\ Pa$

⇒ Hacemos un balance desde ① hasta la succión

$$\underbrace{\left(\frac{v_s^2}{2g} + \frac{P_s}{\rho g} + z_s\right)}_{h_s} - \left(\cancel{\frac{v_1^2}{2g}}^{\,0} + \frac{P_1}{\rho g} + z_1\right) = \cancel{h_w}^{\,0} - hf - hm$$

$$h_s = \frac{P_1}{\rho g} + z_1 - \Sigma h\phi$$

$Q = v \cdot A$

$$\Rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = 5,411\ \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow h\phi = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{L}{D}\right)(f + K) = \frac{5,411}{2g}\left(\frac{L}{D}f + K\right) \qquad K = 0,78$$

$f = f(\frac{\varepsilon}{D}, Re)$, ε(acero comercial) $= 0,045\times10^{-3}\ m$ ⇒ $\frac{\varepsilon}{D} = 2,25\times10^{-4}$
$D = 0,2\ m$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1000 \cdot 5,411 \cdot 0,2}{1\times10^{-3}} = 1082200$$

Utilizando HP (Darcy) calculamos f ⇒ $f = 1,489\times10^{-2}$

$$\Rightarrow h_s = \frac{101000}{1000 \cdot 9,8} + 60 - \frac{(5,411)^2}{2\cdot 9,8}\left(\left(\frac{100}{0,2}\right)1,489\times10^{-2} + 0,78\right) = 58,01$$

$$\Rightarrow (NPSH)_D = h_s - \frac{P_v}{\rho g} = 58,0 - \frac{3900}{1000 \cdot 9,8} = \underline{57,62}$$

Calculamos el Hw de la bomba. Hacemos un balance de ① a ② $\boxed{P_2 = P_1}$

$$\Rightarrow \left(\cancel{\frac{v_2^2}{2g}}^{\,0} + \cancel{\frac{P_2}{\rho g}} + z_2\right) - \left(\cancel{\frac{v_1^2}{2g}} + \cancel{\frac{P_1}{\rho g}} + z_1\right) = h_w - \Sigma hf - \Sigma hm$$

$$\Rightarrow h_w = z_2 - z_1 + \Sigma hf + \Sigma hm, \qquad hm = \frac{v^2}{2g}K$$

$$\Sigma hf = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{L_T}{D}\right)f$$ f es el calculado anteriormente $\frac{\varepsilon}{D}$, Re no varía

$$\Rightarrow h_w = 90 - 60 + \frac{5,411^2}{2\cdot 9,8}\left[\left(\frac{400}{0,2}\right)1,489\times10^{-2} + K\right] = 75,65\ m$$

Con $(NPSH)_D = 57,62\ m$
$h_w = 75,65\ m$
$Q = 0,17\ m^3$
⇒ $(NPSH)_D < (NPSH)_{RA}$ ⇒ descartamos A
$(NPSH)_D > (NPSH)_{RB}$, pero con Q y hw se obtiene un punto por encima de la curva característica B
⇒ Ninguna de las 2 bombas es indicada

Problema ③

$\varepsilon = 1{,}5\times10^{-6}$

$D_N = 1/2$ pulg. cat 40 $\Rightarrow D_i = 1{,}58\times10^{-2}$ m

$P_{m1} = 200$ kPa

$P_2 = 101$ kPa

→ ⓐ HACEMOS UN BALANCE DE ① A ②

$$\left(\cancel{\frac{v_2^2}{2g}} + \frac{P_2}{\rho g} + z_2\right) - \left(\cancel{\frac{v_1^2}{2g}} + \frac{P_1}{\rho g} + \cancel{z_1}^{\,0}\right) = \cancel{h_w}^{\,0} - \Sigma h_f - \Sigma h_m$$

POR CONTINUIDAD $\boxed{v_2 = v_1}$

$$\Rightarrow \cancel{\frac{P_2}{\rho g}}^{\,0} - \frac{P_1}{\rho g} + z_2 = -\frac{v_1^2}{2g}\left(\left(\frac{L}{D}\right) f(\varepsilon/D, Re) + (2\text{codos }45° + 1\text{ v. bola})\, f(\varepsilon/D, Re)\right)$$

* $L = 5+4+2 = 11$ m , Si se trabaja con presiones manométricas

* $P_2 = 0$
* $P_1 = 200$ kPa

* $z_2 = 2$ m

* $\dfrac{\varepsilon}{D} = \dfrac{1{,}5\times10^{-6}}{1{,}58\times10^{-2}} = 9{,}49\times10^{-5}$

* $Re = \dfrac{\rho v_1 D_i}{\mu} = 15800\,v$

* $f = f(\varepsilon/D, Re) = f(9{,}49\times10^{-5}, 15800\,v_1)$

* codos 45° = 16
* v. bola = 3

LA ECUACIÓN QUEDA unidades

$$2 - \frac{200}{1000\cdot 9{,}8} = -\frac{v_1^2}{2g}\left(\left(\frac{11}{1{,}58\times10^{-2}}\right) f(9{,}49\times10^{-5}, 15800 v_1) + (2\cdot16 + 3) f\right) \quad (\mathrm{I})$$

ESTO CONLLEVA A UN PROCEDIMIENTO DE TANTEO

1) Supongo Re
2) con Re y $\varepsilon/D \xrightarrow{\text{Moody}}$ leo f
3) con Re calculo v
4) con v y f sustituyo en F
5) Si $F = 0$ <u>FIN</u>
6) Si $F \neq 0$ 1)

$$F = \frac{200}{1000\cdot 9{,}8} - 2 - \frac{v_1^2}{2g}\left(\left(\frac{11}{1{,}58\times10^{-2}}\right) f(9{,}49\times10^{-5}, 15800 v_1) + (32+3)\right)$$

Resolviendo con HP iterativamente se obtiene

NO!

$v_1 = 2{,}677$ m/s , $Re = 42309$

$\Rightarrow Q_1 = v_1 A = \dfrac{2{,}677\times\pi(1{,}58\times10^{-2})^2}{4}$

$Q_1 = 5{,}25\times10^{-4}\ \dfrac{m^3}{s}$

8/10

$$200\text{ kPa} = \frac{200000\text{ Pa}}{1000\frac{kg}{m^3}\cdot 9{,}8\,m}$$

...OCIDA V_2 José F. Romero

SABE que $v_1 = v_2 + v_3$

Se hace un balance de 2 a b (EXTREMO DERECHO DE LA BOMBA)

$$\Rightarrow \left(\cancel{\frac{v_2^2}{2g}} + \frac{P_2}{\rho g} + z_2\right) - \left(\cancel{\frac{v_b^2}{2g}} + \frac{P_b}{\rho g} + \cancel{z_b}^{\,0}\right) = -\Sigma hf - \Sigma hm + \cancel{hw}^{\,0} \quad (1)$$

POR CONTINUIDAD $\underline{v_b = v_2}$

con (1) se resuelve para P_b

$$P_b = \rho g\left(\frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}\left(\left(\frac{L}{D}\right) f_2(\varepsilon/D, Re_2) + 2\,codos + 1\,v.\,bomba\right)\right)$$

VEMOS QUE $P_2 < P_b$ (como se esperaba), ADEMÁS $\boxed{P_b = P_c = P_{...}}$

$\Rightarrow$ HACEMOS UN BALANCE de C a 4

$$\Rightarrow \left(\cancel{\frac{v_4^2}{2g}}^{\,0} + \frac{P_4}{\rho g} + z_4\right) - \left(\frac{v_c^2}{2g} + \frac{P_c}{\rho g} + \cancel{z_c}^{\,0}\right) = \cancel{hw}^{\,0} - \Sigma hf - \Sigma hm \quad (2)$$

$\underline{v_c = v_3}$ POR CONTINUIDAD

ADEMÁS $\underline{P_c = P_b}$ (se trata de un divisor, las presiones deben ser iguales)

Resolviendo (2) para $v_c = v_3$

$$\frac{v_3^2}{2g}\left(1 + \left(\frac{L}{D}\right) f_3(\varepsilon/D, Re) + 1\,v.\,bola + 1\,codo\right) = \frac{P_c}{\rho g} - \frac{P_4}{\rho g} - z_4 \quad (I)$$

f_3 depende de v_3 de modo que conlleva a un procedimiento de tanteo

TANTEO (SIMILAR AL ANTERIOR)

1) Supongo Re
2) Con Re y ε/D $\xrightarrow{\text{Moody}} f_3$
3) Con Re calculo v_3
4) Sustituyo en F
   si F = 0 FIN, si F ≠ 0 1)

$$F = \frac{v_3^2}{2g}\left(1 + \frac{L}{D} f_3(\varepsilon/D, Re) + 1\,v.\,bola + 1\,codo\right) - \frac{P_c - P_4}{\rho g} + z$$

UNA VEZ CONSEGUIDA v_3 por el TANTEO, Y CONOCIDO V_2

se SABE QUE $Q_1 = Q_2 + Q_3$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 + A_3 v_3 \qquad A_1 = A_2 = A_3$$

$$\Rightarrow \boxed{v_1 = v_2 + v_3}$$

DE ESTA FORMA SE CALCULA v_1 y v_3 A PARTIR DE v_2

En una planta química, para la separación de alcohol butílico(60% en peso de agua), se desea determinar el diámetro de la tubería en el tramo N-O a fin de que la presión en el tanque II esté en el rango de 4 a 10 psig. Para ello se disponen los siguientes accesorios y tuberías:

Diámetro nominal (pulg)	costo de los codos (Bs) c/u	Tubería de acero comercial. Bs/pie	Costo de las válvulas Bs. c/u
1	20	5	200
1 1/4	25	8	300
1 1/2	30	10	400

a) A Ud. como ingeniero de la planta se le pide proponer el diseño mas económico para la mencionada línea.

b) Si ahora todo el caudal que circula por la línea " FG" se quiere desviar hacia el tanque IV ¿cuál será la potencia de la bomba que se tendría que colocar entre los puntos J y K, de las disponibles en el almacen?,¿ cuál recomendaría?.

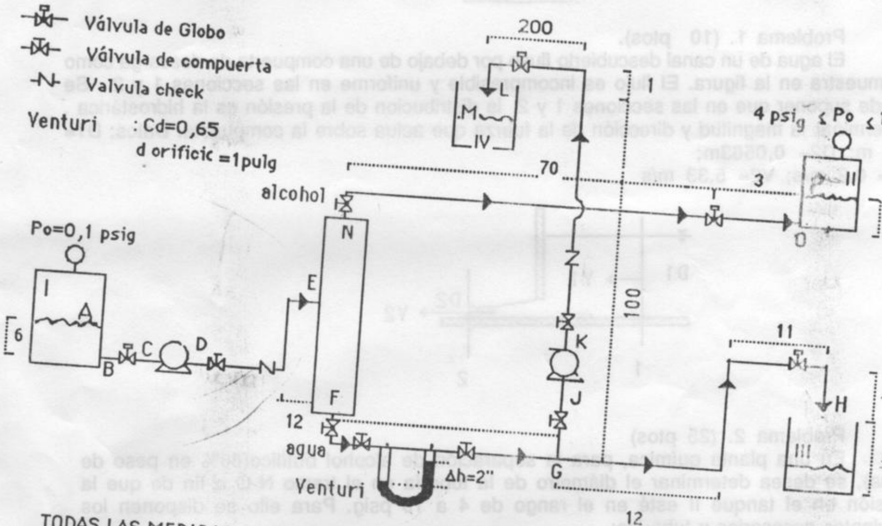
<u>**NOTA**</u>: En la parte a) no tome en cuenta el ramal "GL". En la parte b) no tome en cuenta el ramal "GH". Las presiones en F y N son iguales pero menores a la presión en E. Se pueden despreciar las pérdidas en las entradas y salidas de los tanques y la pérdida en el tubo venturi.

<u>**DATOS**</u>: gravedad=32,174 pie/s^2, ρHg=844 lbm/pie^3, ρalcohol=50,1 lbm/pie^3, ρagua=62,1 lbm/pie^3, μalcohol=177,5x10^{-5} lbm/pies, μagua=0,546x10^{-3} lbm/pie s. Tuberías de acero comercial , catálogo 40; Zh-Zf=20 pies; Zo-Zn=3 pies ; Zl-Zf=99 pies , Zj-Z bomba= 1pie

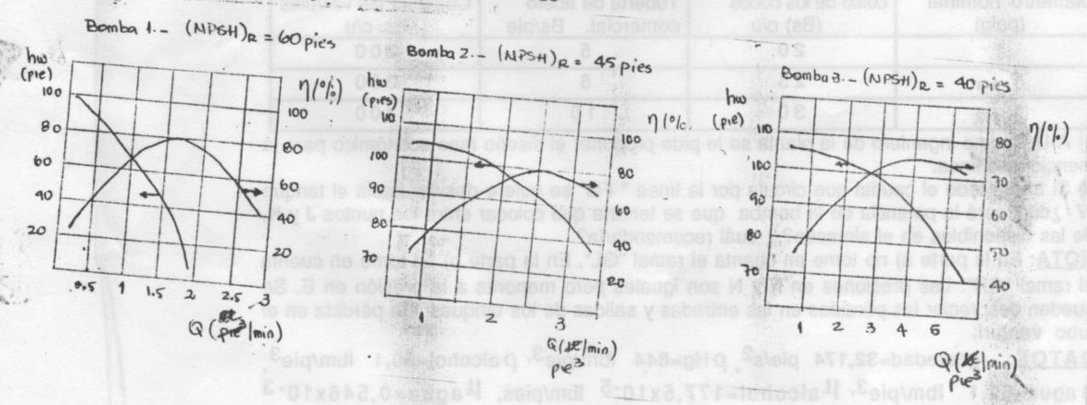
Presión de vapor= - 81,88 KPa; gc= 32,174 lbm pie/ lbf s^2

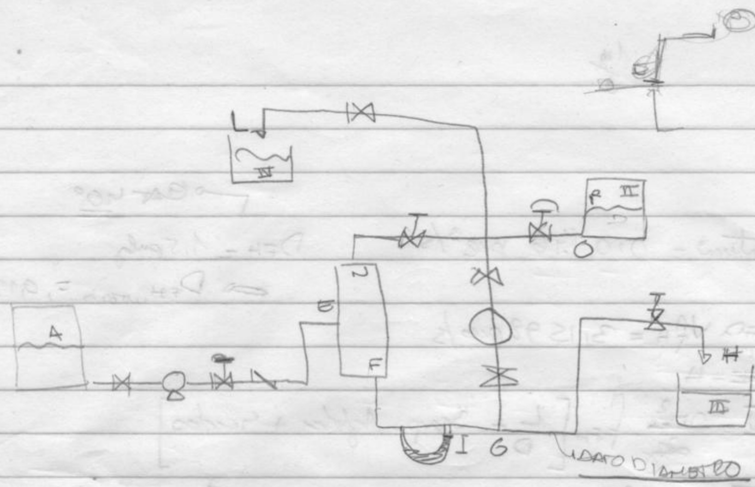
Diámetro nominal entre los tramos F-H: 1,5 pulg F-L: 1,5 pulg

Longitud de tubería entre: F-H: 95 pies, N-O: 73 pies; F-J: 50 pies; F-L: 351 pies



TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN PIES





* BALANCE N-O

$$\left(\cancel{\frac{v_O^2}{2g}}+\frac{P_O}{\rho g}+z_O\right)-\left(\cancel{\frac{v_N^2}{2g}}+\frac{P_N}{\rho g}+z_N\right)=h_w-h_f-h_m$$

TRAMO recto

$$h_f=\frac{v_m^2}{2g}\left(\frac{L}{D_{NO}}\right)f=\frac{1{,}134}{D}\,v_{NO}^2\,f_{NO}$$

ACCESORIOS

$$h_m=\frac{1}{2}\frac{v_{NO}^2}{g}f_{NO}\left(1\,\text{compuerta}+1\,\text{globo}+2\,\text{codos}\right)=\frac{v_{NO}^2}{2g}f_{NO}\,(8+340+30)$$

N-O

$$\frac{P_O}{\rho g}+z_O-\frac{P_N}{\rho g}-z_N=\frac{-v_{NO}^2}{2g}f_{NO}\left(5{,}8743+\frac{1{,}134}{D_{NO}}\right)$$

Se tiene que

$$P_O=(P_{II}+\rho_{alcol}\cdot g\cdot 6\,pies)$$

* BALANCE F-H

$$\left(\frac{V_H^2}{2g}+\frac{P_H}{\rho g}+z_H\right)-\left(\frac{V_F^2}{2g}+\frac{P_F}{\rho g}+z_F\right)=h_w-\Sigma h_f-\Sigma h_m$$

PARA VENTURI

$$Q=C_D\,\pi\,\frac{d^2}{4}\sqrt{\frac{2g\Delta h(\rho_{Hg}-\rho_{agua})}{\rho_{agua}\left(1-\left(\frac{d}{D}\right)^4\right)}}$$

d = diámetro del orificio

D = Diámetro tubería

$\Rightarrow Q_{venturi} = 0{,}0446 \text{ pie}^3/s$ $D_{FH} = 1{,}5 \text{pulg}$

$\Rightarrow D_{FH,\text{interno}} = 0{,}1341 \text{ pies}$

$\Rightarrow V_{FH} = 3{,}1578 \text{ pies/s}$

PARA I-H

$$h_{\Phi} = \frac{v_{FH}^2}{2g} f_{FH}\left[\frac{L}{D} + 3\text{comp} + 1\text{globo} + 4\text{codos}\right]$$

$$h_{\Phi} = \frac{v_{FH}^2}{2g} f_{FH}\left[\left(\frac{95}{0{,}134}\right) + 3\cdot 8 + 340 + 4\cdot 30\right]$$

$\varepsilon/D = 0{,}0011$ ε = acero comerc.

$\Rightarrow Re = \frac{\rho v D}{\mu} = 4{,}8\times10^4 \Rightarrow f = 0{,}024$

$\Rightarrow h_{\Phi} = 4{,}579$ pies.

$\Rightarrow$ DE F-H

$$P_F = 49108{,}97 \frac{lbm}{pie \cdot s^2} \cdot \frac{1}{g_c = 32{,}174 \frac{lbm \cdot pie}{lbf \cdot seg^2}}$$

$$P_F = 1526{,}35 \frac{lbf}{pie^2} \left[\frac{F}{L^2}\right] \text{ presión}$$

DEL BALANCE N-O

$$P_F - P_{II} - 9691{,}50 = \left[(90-70) + \left(5{,}8793 + \frac{1{,}34}{D_{NO}}\right) \cdot \frac{v_{NO}^2}{2g} f_{NO}\right] \rho g \quad \text{(I)}$$

$\dot{m}_{FH} = 0{,}6\, \dot{m}_T$ $\dot{m}_{FH} = 2{,}76 \text{ lbm/s}$

$\dot{m}_{FH} = \dot{Q}_{FH}\, \rho_{FH} \Rightarrow \dot{m}_T = \frac{\dot{m}_{FH}}{0{,}6} = 4{,}61 \frac{lbm}{s}$

$\Rightarrow \dot{m}_{NO} = 0{,}40\, \dot{m}_T = 1{,}84 \frac{lbm}{s}$

$\Rightarrow v_{NO} = \frac{Q}{A} = 0{,}04693$

$m_T = 0{,}6 \frac{g\, alcohol}{g\, agua}$

TANTEO

1) Supongo D (de los datos del problema)
2) Sustituyo D en (I)
3) Calculo Re y ε/D, $\xrightarrow{Moody}$ f
4) Sustituyo en (I)
5) Si 4 < P < 10 psig → FIN
Si NO 4)

ADEMÁS

$$4psig = \frac{4\,lbf}{pulg^2} \cdot \left(\frac{12\,pulg}{1\,pie}\right)^2 \cdot 32{,}174 \frac{lbm \cdot pie}{lbf \cdot s^2} = 18532{,}224 \frac{lbm}{pie \cdot s}$$

$$10psig = 46330{,}56 \frac{lbm}{pie \cdot s}$$

$$\Rightarrow \boxed{D_{NO} = 1.1/4}$$

(b) Balance F y L

$$\left(\cancel{\frac{v_L^2}{2g}} + \frac{P_L}{\rho g} + z_L\right) - \left(\cancel{\frac{v_F^2}{2g}} + \frac{P_F}{\rho g} + z_F\right) = hw\ \Sigma hf - \Sigma hm$$

Del tramo F-H $\quad v_{FL} = 3{,}1540\ pie/s$

$$\Rightarrow hf = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{L}{D}\right) f_{FL}$$

$$hm = \frac{v^2}{2g}\left(4\,codos + 5\,v.comp. + 1\,v.globo\right) f_{FL}$$

$\varepsilon/D = 0{,}011$
$Re = \rho v D/\mu = 4{,}8 \times 10^4$ $\Big\rangle\ f = 0{,}024 \Rightarrow \boxed{hw = 86{,}075\ pie}$

↳

$$(NPSA)_D = h_s - \frac{P_v}{\delta g}$$

<u>Balance F a J</u>

$$\underbrace{\left(\frac{V_J^2}{2g} + \frac{P_J}{\delta g} + z_J\right)}_{h_s} - \left(\frac{V_F^2}{2g} + \frac{P_F}{\rho g} + z_F\right) = \cancel{h_w}^{0} - \Sigma h_f$$

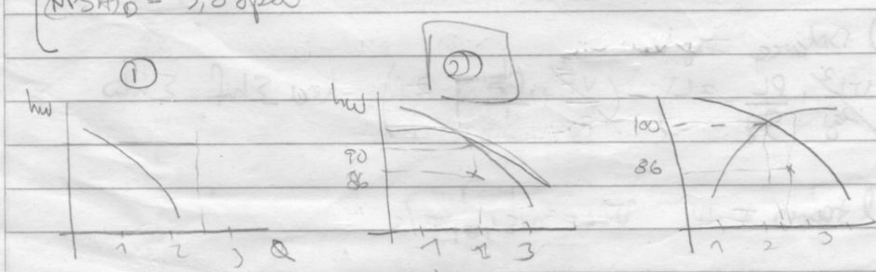
$$h_s - \left(\frac{V_F^2}{2g} + \frac{P_F}{\rho g} + z_F\right) = \frac{V_{FS}^2}{2g} f_{FS}\left[\frac{50}{0{,}1134} + 2{,}30 + 9{,}8\right]$$

$$\Rightarrow \boxed{h_s = 24{,}34 \text{ pies}}$$

$$\Rightarrow (NPSA)_D = 51{,}88$$

Usamos los graficos

$$\begin{cases} Q = 0{,}0446 \frac{pie^3}{s} = 2{,}67 \frac{pie^3}{min} \\ h_w = 86{,}075 \text{ pie} \\ (NPSA)_D = 5{,}88 \text{ pie} \end{cases}$$



$(NPSH)_R = 60$ $(NPSH)_R = 45$