UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
SANTA MARÍA DE LOS BUENOS AIRES
FACULTAD DE FISICOMATEMÁTICAS E INGENIERÍA
CÁTEDRA DE MECÁNICA DE FLUIDOS
EXAMEN FINAL

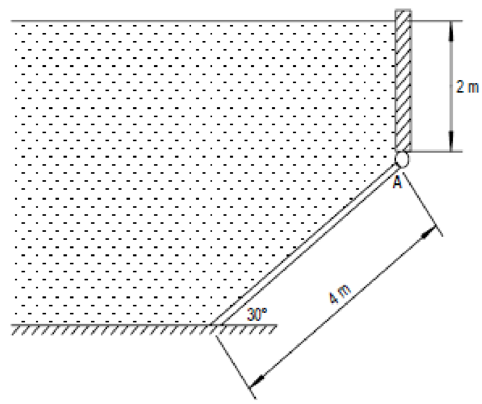
Nombre y apellido: ____

Año de cursada: ___________

Para la aprobación del examen se deberán tener cuatro problemas resueltos correctamente; de los seis problemas presentados. Tiempo de realización del examen 3 horas.

Problema 1. *Hidrostática, superficies planas sumergidas*

La superficie inclinada de la figura es un rectángulo, y está inclinada como se muestra. Está articulada a los largo de A, tiene 5 m de ancho. Determinar:



a.- la fuerza resultante, F_R del agua sobre la superficie inclinada.

b.- el punto de aplicación de la resultante que ejerce el fluido respecto al centroide del área de la placa sumergida.

Datos adicionales:

ρ_{agua}: 1000 Kg/m^3

Momento de inercia del rectángulo: $Jxx = \dfrac{b \times h^3}{12}$

Problema 2: *Cinemática de fluidos*

Un campo de velocidades para un flujo plano de fluido incompresible está dado por:

$$\bar{V} = \frac{x}{1+t}\,\bar{i} - \frac{y}{1+2t}\,\bar{j} \;\; [m/seg]$$

donde x e y están dadas en metros y t en segundos.

1) Obtener la ecuación general de las líneas de corriente para un punto genérico del campo *(xo , yo)*.
2) Es un flujo físicamente posible ? demostrar por si o por no.
3) Definir los puntos de estancamiento si existen para $t = 0$.

Problema 3: *Ecuaciones integrales, cantidad de movimiento.*

A través del codo reductor que se muestra en la figura, fluye agua en régimen permanente. En la entrada, el agua fluye a una velocidad V_1 en dirección horizontal, el área de entrada es de 0,01 m^2, y la presión es de 220 K Pa (manométricas). En la salida del codo la velocidad es de 16 m/s, y la presión es la atmosférica, siendo el Área de salida de 0,0025 m^2.

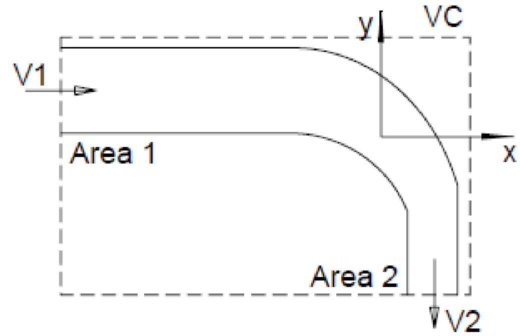
Definir:

a.- ¿Qué fuerza será necesaria en las direcciones x e y para mantener al codo fijo?

b.- a partir del resultado a, determinar la fuerzas según x e y que el fluido ejerce sobre el codo.

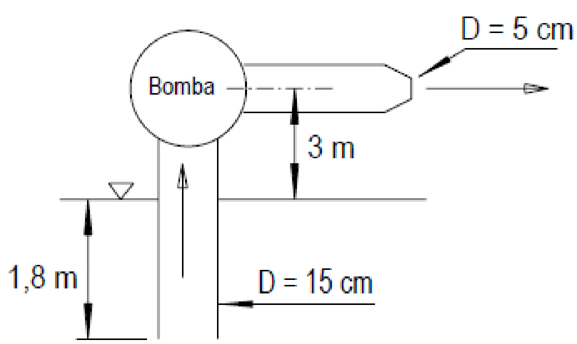
Datos: ρ_{agua}: 1000 Kg/m^3

Nota: Considere que el codo se muestra desde una vista superior o de planta, para no tener en cuenta el peso interno del fluido



Problema 4: *Ecuaciones integrales – Ecuación de la energía*

Una lancha contra incendios toma agua de mar (densidad 1,025 Kg/m^3) a través de un tubo de 15 cm y la descarga a 35 m/s a través de una boquilla de 5 cm. La pérdida de energía indicada en metros es de 2,5 m entre la entrada y la salida. Si el rendimiento de la bomba es de 70% ¿Cuál debe ser la potencia que se debe entregar para cumplir su cometido?



Problema 5: *Semejanza de Modelos.*

Se utiliza un modelo a escala 1:20 para probar un submarino que se ha diseñado a fin de ver la influencia de las corrientes en la fuerza de arrastre (Drag). El arrastre medido en el modelo es de 2,8 Kgf a una velocidad de 2,5 m/s.

Con estos datos calcule:

a.- cual será la velocidad elegida para el prototipo que ha caracterizado el experimento.

b.-cual será la fuerza de arrastre en el prototipo.

El modelo navegará en agua de mar y el prototipo se probaran en un canal hidrodinámico con agua de mar.

ρ_{agua}: 1025 Kg/m^3

ν_{agua}: 1,007 E-6 m^2/s

Problema 6: *Pérdida de Carga*

para el dispositivo indicado en la figura Calcular:

a.- la pérdida de carga indicada en metros, entre los puntos A y B

b.- la potencia nominal requerirá para la bomba para vencer el rozamiento.

La bomba debe impulsar agua por una cañería sobre el suelo. Los datos son los siguientes: Diámetro $\varnothing$ = 500 mm.

Caudal: 1200 m^3 / hora. Largo de la tubería entre A y B 800 m.

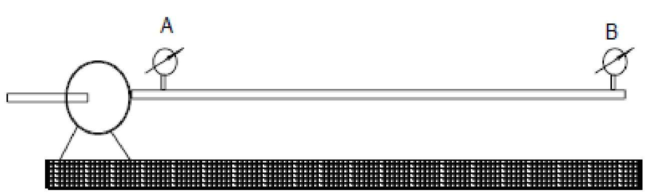
Datos adicionales:

Temperatura del agua: 20°.

Viscosidad: absoluta 1,02 E -3 pa.seg

ρ(Agua) : 1000 Kg/m3

Material: Caño oxidado c/ incrustaciones rugosidad absoluta e = 3 mm

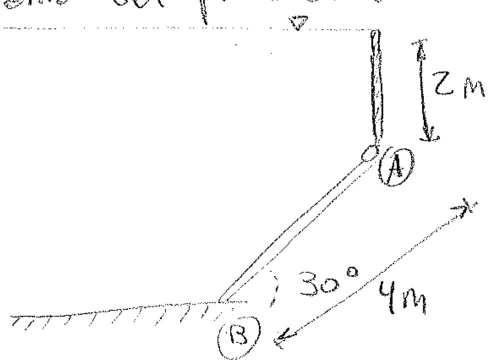


Mecanica de Fluidos: Examen Final (n°2)

Problema 1: a) Hallar Fr (Fuerza resultante del agua)

b) punto de aplicación

Diagrama del problema:



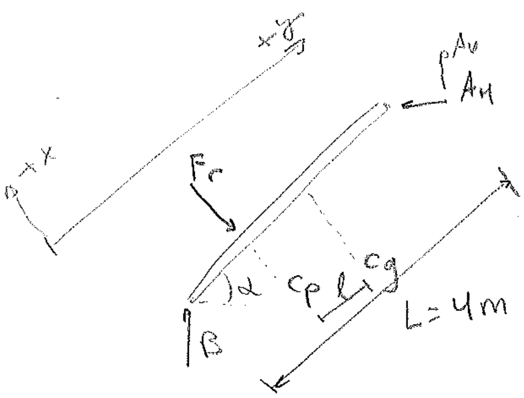
Datos

) $\rho = 10^3 \, kg/m^3$

) $I_{xx} = \dfrac{b \cdot h^3}{12}$

) a(ancho) = 5m

) planteamos un diagrama de cuerpo libre para la barra:



donde: cg: centro de gravedad

cp: centro de presión

α: ángulo entre barra y fondo

) para el equilibrio $\rightarrow$ $\boxed{\Sigma F_x = 0}$ (1)

$\boxed{\Sigma F_y = 0}$ (2)

$\boxed{\Sigma M_A = 0}$ (3)

) Para calcular la fuerza F_r; aplicamos:

$$\boxed{Fr = \rho \cdot g \cdot h_{cg} \cdot A} \quad (4)$$

con A: área de placa

h_{cg}: altura del centro de gravedad de placa

Por la disposición de la figura:

$$h_{cg} = \left(2 + \frac{4 \cdot sen(30°)}{2}\right) m = (2+1)\, m = 3m \; ; \; \boxed{h_{cg} = 3m}$$

Para el área; $A = a \cdot h = 5m \cdot 4m \rightarrow \boxed{A = 20 \, m^2}$

reemplazo valores en (4):

$$F_T = 10^3 \frac{kg}{\cancel{m^3}} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 3\cancel{m} \cdot 20\cancel{m^2} \qquad \boxed{F_T = 588{,}6\ kN}$$

b) Buscamos el centro de presiones: en el caso del rectángulo

$$\boxed{J_{xy} = 0} \qquad \left[J_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{5\,m \cdot (4\,m)^3}{12} = \frac{80}{3}\,m^4 \right]$$

Llamamos "l" a la distancia entre cp y cg:

$$l = -y_{cp} = \frac{J_{xx} \cdot \sin(\theta)}{h_{cg} \cdot A} = \frac{80\,m^4 \cdot \sin(30)}{3 \cdot 3\cancel{m} \cdot 20\,\cancel{m^2}}$$

$\boxed{l = \frac{2}{9}\,m}$ → del punto A se encuentra.

$$d = l + \frac{L}{2} = \left(\frac{2}{9} + 2\right)m \ ; \ \boxed{d = \frac{20}{9}\,m}$$

Problema 2

dado $\bar{V} : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$

$$\boxed{\bar{V}(x,y,t) = u(x,y,t)\,\hat{i} + v(x,y,t)\,\hat{j}} \quad ①$$

a) Hallar ec. general de líneas de corriente para punto (x_0, y_0)

Tenemos: $$\boxed{\bar{V} = \left(\frac{x}{1+t}\right)\hat{i} + \left(\frac{-y}{1+2t}\right)\hat{j}} \quad ②$$

dado el vector de posición $\bar{r} : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$, para una partícula del fluido:

$$\boxed{\bar{r}(x,y,t) = x(t)\,\hat{i} + y(t)\,\hat{j}} \quad ③$$

El vector velocidad está definido: $\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{dt}$

$\bar{V} = u\hat{i} + v\hat{j}$; $\bar{V} = \frac{dx}{dt}\hat{i} + \frac{dy}{dt}\hat{j}$; Igualo ambos términos

(2)

$$\frac{dx}{d\tau} = u \quad , \quad \frac{dy}{d\tau} = v \, , \quad \text{despejando } d\tau;$$

$$d\tau = \frac{dx}{u} \; ; \; d\tau = \frac{dy}{v} \longrightarrow \text{igualando:}$$

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} \; , \; \text{reemplazo valores (de } u \text{ y } v\text{)}$$

$$(1+\tau)\cdot\left[\frac{dx}{x}\right] = (-1)\cdot(1+2\tau)\cdot\left[\frac{dy}{y}\right] \; ; \quad \text{integro: } x \longrightarrow \text{dejo a } x \quad y \longrightarrow \text{dejo a } y$$

$$(1+\tau)\cdot\int_{x_0}^{x}\frac{dx}{x} = (-1)\cdot(1+2\tau)\cdot\int_{y_0}^{y}\frac{dy}{y}$$

$$(1+\tau)\cdot \ln|x|\Big]_{x_0}^{x} = (-1)(1+2\tau)\cdot\ln(y)\Big]_{y_0}^{y}$$

$$(1+\tau)\cdot\ln|x/x_0| = (-1)\cdot(1+2\tau)\cdot\ln|y/y_0|$$

$$(1+\tau)\cdot\ln|x/x_0| = (1+2\tau)\cdot\ln|y_0/y|$$

divido ambos lados por $1+2\tau$.

$$\frac{(1+\tau)}{(1+2\tau)}\cdot\ln|x/x_0| = \ln|y_0/y| .$$

$$\ln\left|\frac{x}{x_0}^{\left(\frac{1+\tau}{1+2\tau}\right)}\right| = \ln|y_0/y| \, , \; \text{elevo "}e\text{" a ambos exponentes.}$$

$$\left|\frac{x}{x_0}\right|^{\frac{1+\tau}{1+2\tau}} = \left|\frac{y_0}{y}\right| \quad ; \text{ para la variable "}\tau\text{" (tiempo)}; \; \tau \geq 0$$

$$\left|\frac{x_0}{x}\right|^{\frac{1+\tau}{1+2\tau}} = \left|\frac{y}{y_0}\right| . \quad \boxed{|y| = |y_0|\left|\frac{x_0}{x}\right|^{\frac{1+\tau}{1+2\tau}}} \quad (4)$$

b) Demostrar si es un flujo físicamente posible

En el campo de velocidades $\bar{V}$, el dominio aplica a $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ (todo el plano) y $t \in [0; +\infty)$ (todo tiempo).

Para que el flujo sea físicamente posible, debe cumplir la ecuación de continuidad:

$$\boxed{\bar{\nabla} \cdot \bar{V} = 0} \; (5)$$

$$\bar{\nabla} \cdot (u, v) = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right) \cdot (u, v) = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} =$$

$$= \frac{\partial (x/1+t)}{\partial x} + \frac{\partial (-y/1+2t)}{\partial y} =$$

$$= \left(\frac{1}{1+t}\right) \frac{\partial x}{\partial x} + \left(\frac{1}{1+2t}\right) \cdot \frac{\partial(-y)}{\partial y} =$$

$$= \frac{1}{1+t} - \frac{1}{1+2t}$$ vemos que $\forall t > 0$; $\bar{\nabla} \cdot \bar{V} \neq 0$

no es un flujo físicamente posible.

c) Puntos de estancamiento: aquellos donde $\bar{V} = \bar{0}$

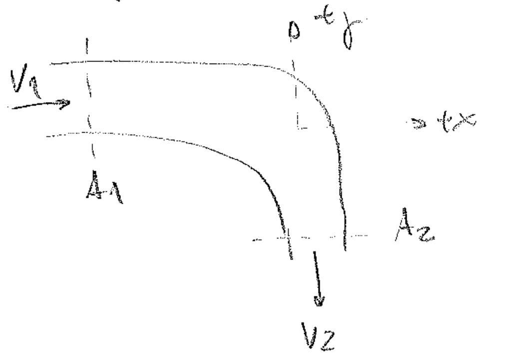
en $t = 0$; $\bar{V} = \left(\frac{x}{1+0}; \frac{-y}{1+2 \cdot 0}\right) \rightarrow \bar{V} = (x; -y)$

$$\bar{V} = (x, -y) = (0; 0) \longrightarrow \left.\begin{matrix} x = 0 \\ y = 0 \end{matrix}\right\}$$ punto: $(0, 0)$

Problema 3

3

Esquema



a) Hallar F_x, F_y para mantener codo fijo (Fuerzas externas al codo)

·) Considerar codo en vista superior (peso y fuerza de reacción sobre eje z, perpendicular a la hoja)

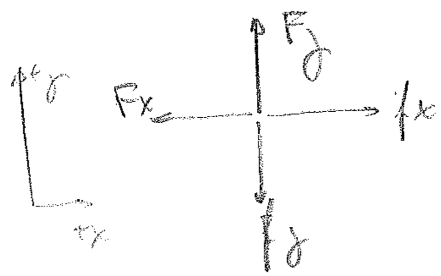
·) Datos; $A_1 = 0{,}01\ m^2$; $P_1 = 220\ kPa$ (presión manométrica) → p/todas las presiones

$V_2 = 16\ m/s$; $P_2 = 0\ kPa$ (atmosférica)

$A_2 = 0{,}0025\ m^2$

b) Hallar f_x, f_y (Fuerzas del fluido).

·) planteo diagrama de cuerpo libre para el codo:



en el equilibrio: $\boxed{\Sigma F_x = 0}$; $\boxed{\Sigma F_y = 0}$

$$F_y + f_y = 0 \longrightarrow \boxed{F_y = -f_y} \quad (1)$$

$$F_x + f_x = 0 \longrightarrow \boxed{F_x = -f_x} \quad (2)$$

·) Calculamos f_y y f_x con el teorema de Reynolds

$$\frac{d}{dt}(B) = \frac{d}{dt}\left[\oint_{VC} \beta \cdot \rho \cdot dvol\right] + \int_{SC} \beta \cdot \rho \cdot (\bar{v} \cdot \hat{n})\, dA$$

para el volumen control (codo solamente):

$$\frac{d}{dt}\oint_{VC} dvol = 0, \longrightarrow \boxed{\frac{dB}{dt} = \int_{SC} \beta \cdot \rho (\bar{v} \cdot \hat{n})\, dA} \quad (3)$$

Dado que buscamos el cálculo de F: $\boxed{F = \frac{d\bar{P}}{dt}}$ (4) , $\bar{P} = m \cdot \bar{v}$ (cantidad de movimiento).

$$\boxed{\bar{F} = \int_{SC} \bar{V} \cdot \rho \cdot (\bar{V} \cdot \hat{n})\, dA} \quad (5)$$

dado $\beta = \bar{P}$; $\frac{dB}{dt} = \frac{d\bar{P}}{dt} = F$

$\beta = \frac{dB}{dm} = \frac{d(m\bar{v})}{dm} = \bar{v}$

desarrollando (5):

$$\bar{F} = \bar{V}_1 \cdot \rho (\bar{V}_1 \cdot \hat{i}) \cdot A_1 + \bar{V}_2 \cdot \rho \cdot (\bar{V}_2 \cdot -\hat{j}) \cdot A_2$$

$$\boxed{\bar{F} = \underbrace{V_1^2 \rho \cdot A_1 \hat{i}}_{f_x} - \underbrace{V_2^2 \rho \cdot A_2 \hat{j}}_{f_y}} \quad (6)$$

Dado que en las secciones 1 y 2 el caudal permanece constante:

$$\boxed{Q = V \cdot A} \quad (7) \qquad \boxed{Q_1 = Q_2} \quad (8), \qquad V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

$$\boxed{V_1 = \frac{V_2 \cdot A_2}{A_1}} \quad (9) \rightarrow \text{de } (9) \text{ e } (6):$$

$$\rightarrow [F] = \frac{L^2}{T^2} \cdot L^2 \cdot \frac{M}{L^3} \rightarrow M \cdot \frac{L}{T^2}$$

$$\boxed{\bar{F} = \frac{V_2^2 \cdot A_2^2 \rho}{A_1} \hat{i} - V_2^2 \rho \cdot A_2 \hat{j}} \quad (10)$$

de (10):) $f_x = \left[\frac{V_2^2 A_2^2 \cdot \rho}{A_1}\right] \hat{i} = \left[\left(\frac{16\, m}{s}\right)^2 \cdot \frac{(0{,}0025\, m^2)^2}{0{,}01\, m} \cdot \frac{10^3\, kg}{m^3}\right] \hat{i}$

$$f_x = \left[160\, \frac{m^2}{s^2} \cdot \frac{\cancel{m^4}}{\cancel{m}} \cdot \frac{kg}{\cancel{m^3}}\right] \hat{i} \rightarrow \boxed{f_x = 160\, N\, \hat{i}} \quad (11)$$

) $f_y = \left(\frac{16\, m}{s}\right)^2 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 0{,}0025\, m^2 \; (-\hat{j})$

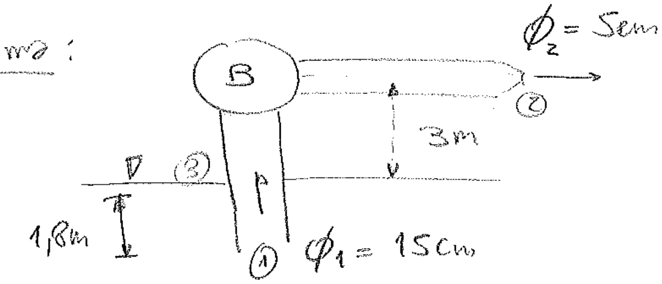
$$\boxed{f_y = -640\, N\, \hat{j}}$$

, luego, $F_x = -f_x = -160 N \hat{i}$

$F_y = -f_y = 640 N \hat{j}$

Problema 4 Hallar $\dot{L}_{bomba}$ (potencia)

Esquema:



Datos: $\rho = 1025\ kg/m^3$

$V_2 = 35\ m/s$

$h_{perdida\ 21} = 2,5m$

$\eta_{bomba} = 70\%$

·) de ec: $\dot{L}_{bomba} = \gamma \cdot Q \cdot h_b$

$$\boxed{\dot{L}_{bomba} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_b} \quad (1)$$

h_b: altura proporcionada por la bomba

para el caudal: $\boxed{Q_1 = Q_2}$ (2). $\boxed{Q = V \cdot A}$ (3).

En tubos cilindricos: $\boxed{A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}}$ (4)

·) Aplicando la ecuación de la energía:

$$\boxed{\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 + h_b = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + h_p} \quad (5)$$

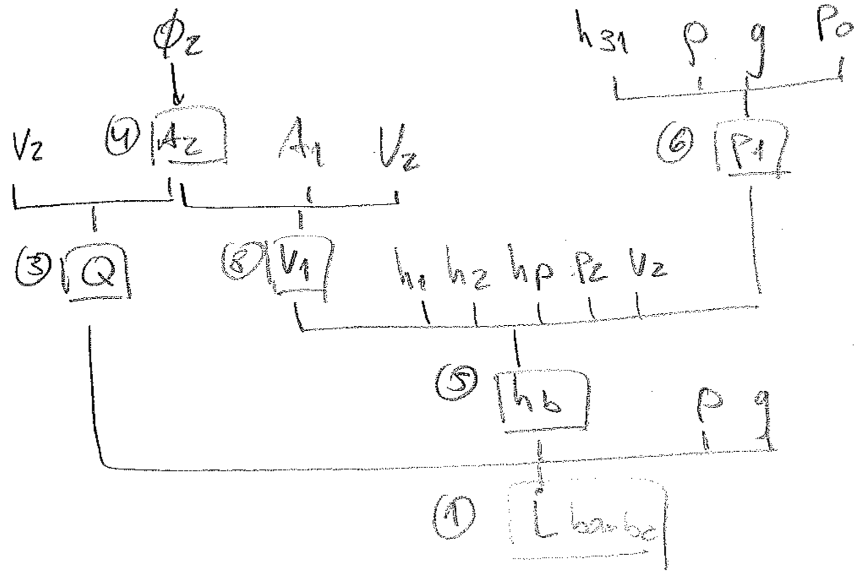
·) calculando P_1, podemos considerar el fluido casi en reposo (por las afueras del tubo), tomando este la velocidad V_1 al entrar al tubo, es válida la formula de cálculo de P para fluido en reposo:

$$\boxed{P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_{31}} \quad (6)$$

·) en ②, el fluido sale al exterior, $\boxed{P_2 = P_0}$ (7)

·) para obtener V_1: $Q_1 = Q_2 = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \longrightarrow \boxed{V_1 = \frac{V_2\, A_2}{A_1}}$ (8)

Resolucion:



de (4): $\boxed{A_2 = \frac{\pi \cdot \phi_2^2}{4}}$, de (3): $\boxed{Q = V_2 \cdot \phi_2^2 \frac{\pi}{4}}$ (3*)

de (8): $\boxed{V_1 = V_2 \cdot \frac{A_2}{A_1}}$ (8*) de (5) y (6):

$$\frac{P_0 + \rho g \cdot h_{31}}{\rho g} + \frac{1}{2g} V_2^2 \cdot \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 + h_1 + h_b = \frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + h_p$$

tenemos; $\frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi \phi_2^2}{4} : \frac{\pi \phi_1^2}{4} = \frac{\phi_2^2}{\phi_1^2}$

$$\cancel{\frac{P_0}{\rho g}} + h_{31} + \frac{1}{2g} V_2^2 \left(\frac{\phi_2}{\phi_1}\right)^4 + h_1 + h_b = \cancel{\frac{P_0}{\rho g}} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + h_p$$

despejo hb;

$$\boxed{h_b = h_2 - h_1 + h_p - h_{31} + \frac{V_2^2}{2g}\left[1 - \left(\frac{\phi_2}{\phi_1}\right)^4\right]}$$ (5*)

todas las unidades en metros (L)

de (5*) y (3*):

$$\dot{L}_{bomba} = \rho \cdot g \cdot V_2 \cdot \phi_2^2 \frac{\pi}{4} \cdot \left[h_2 - h_1 + h_p - h_{31} + \frac{V_2^2}{2g}\left[1 - (\phi_2/\phi_1)^4\right]\right]$$

reemplazo valores:

$$\dot{L}_b = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 35 \frac{m}{s} \cdot (5\,10^{-2})^2 m^2 \frac{\pi}{4} \left[3m - (-1{,}8m) + 2{,}5m - 1{,}8m + m \frac{35^2}{2\,9{,}8}\left[1 - \left(\frac{5}{15}\right)^4\right]\right]$$

$$\dot{L}_b = 10^3\, 9{,}81\, 35 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \frac{\pi}{4} \left[3 + \cancel{1{,}8} + 2{,}5 - \cancel{1{,}8} + 61{,}66 \right] \frac{kg}{\cancel{m^3}} \cdot \frac{m^4 \cdot m}{s^3}$$

$$[\dot{L}_b] = \underbrace{\underbrace{\underbrace{kg \cdot \frac{m}{s}}_{N} \cdot m}_{J} \cdot \frac{1}{s}}_{W}$$

$$\therefore \boxed{\dot{L}_b = 57{,}65 \text{ kW}}$$

dada la eficiencia de la bomba, $\eta = \frac{\dot{L}_{b\,ideal}}{\dot{L}_{b\,real}} \rightarrow \dot{L}_{real} = \frac{\dot{L}_{b\,id}}{\eta}$

$$\dot{L}_{real} = \frac{57{,}65 \text{ kW}}{0{,}7} \longrightarrow \boxed{\dot{L}_{real} = 82{,}36 \text{ kW}}$$

Problema 5
a) Calcular velocidad del prototipo
b) Calcular fuerza de arrastre del prototipo

Datos: (1) → modelo ; (2) → prototipo

relación 1/2 → 1:20 ; $F_1 = 2{,}8$ kgF, $V_1 = 2{,}5$ m/s

$\rho_{agua} = 1025$ kg/m³, $\nu_{agua} = 1{,}007 \cdot 10^{-6}$ m²/s

·) usando el coeficiente de drag Cd como variable adimensional:

$$\boxed{Cd = \frac{Fd}{\frac{1}{2}\rho \cdot V^2 A}} \quad (1)$$

por la semejanza de modelos: $Cd_1 = Cd_2$

$$\frac{Fd_1}{\cancel{\frac{1}{2}\rho} \cdot V_1^2 \cdot A_1} = \frac{Fd_2}{\cancel{\frac{1}{2}\rho} V_2^2 \cdot A_2} \longrightarrow \boxed{Fd_2 = Fd_1 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \cdot \frac{A_2}{A_1}} \quad (2)$$

Dado que la relación 1-2 es 1:20 $\longrightarrow$ $A_2 = 20 A_1$, $\boxed{\frac{A_2}{A_1} = 20}$

Se puede calcular la relación de velocidades con el nro de Reynolds: $\boxed{Re_1 = Re_2}$ (3), $\boxed{Re = \frac{V \cdot L}{\nu}}$ (4)

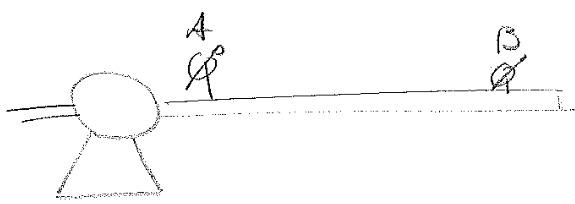
$$\frac{V_1 \cdot L_1}{\cancel{\nu}} = \frac{V_2 \cdot L_2}{\cancel{\nu}} \longrightarrow \boxed{V_2 = V_1 \cdot \frac{L_1}{L_2}} \quad (5) \qquad \text{tenemos: } \frac{L_2}{L_1} = 20$$

$$\boxed{V_2 = \frac{V_1}{20}} \quad (6) \qquad \text{de (6) e (2).}$$

$$Fd_2 = Fd_1 \cdot \left(\frac{1}{20}\right)^2 \cdot 20 \longrightarrow \boxed{Fd_2 = \frac{Fd_1}{20}} \quad (7)$$

Problema 6 a) Hallar $h_{pérdida}$; b) Hallar $\dot{L}_{bomba}$

Datos: $\phi = 0{,}5\,m$; $Q = 1200\,m^3/h$, $l_{ab} = 800\,m$



$\mu = 1{,}02 \cdot 10^{-3}\,Pa \cdot s$

$\rho = 10^3\,kg/m^3$

Material: caño oxidado c/ incrustaciones,

$\varepsilon = 3\,mm = 3 \cdot 10^{-3}\,m$

) planteo ec energía entre A y B:

$$\boxed{\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 + h_{bomba} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + h_{perdido}} \quad (1)$$

<u>Analizo ec 1</u> → $Q = V \cdot A$ → dado $Q = cte$; $A = cte$ ∴ $V = cte$

$\boxed{V_1 = V_2}$ $\qquad \boxed{V = \frac{Q\,4}{\pi \phi^2}}$

) <u>Supongo</u>: $\boxed{h_{bomba} = h_{perdida}}$ → la bomba sólo aportará la altura necesaria p/ vencer pérdidas por fricción

) $\boxed{h_1 = h_2}$ → caño horizontal. reemplazo e (1).

$$\frac{P_1}{\gamma} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + \cancel{h_1} + \cancel{h_{bomba}} = \frac{P_2}{\gamma} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}} + \cancel{h_2} + \cancel{h_p}$$

∴ $\boxed{P_1 = P_2}$

∴ $\boxed{h_{bomba} = h_{perdida}}$ (2)

P/ cálculo de hp recurro fórmula de Darcy:

$$\boxed{h_p = K \cdot \frac{L}{\phi} \cdot \frac{V^2}{2g}} \quad (3)$$

Recurro al diagrama de Moody con r (rugosidad relativa) y Re (nro Reynolds)

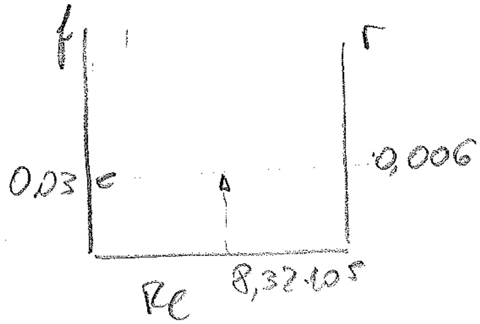
$$r = \frac{\varepsilon}{\phi} = \frac{3 \cdot 10^{-3}\,m}{0{,}5\,m} \rightarrow \boxed{r = 6 \cdot 10^{-3}} = 0{,}006$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot \phi}{\mu} = \frac{\rho \cdot Q \cdot 4 \cdot \phi}{\pi \cdot \phi^2 \cdot \mu} \rightarrow \boxed{Re = \frac{4\rho \cdot Q}{\pi \phi \cdot \mu}}$$

$$Re = \frac{4 \cdot 10^3 \cancel{kg} \cdot 1200 \cancel{m^3} \cdot \cancel{1h} \cdot \cancel{Pa} \cdot m^2 \cdot \cancel{N} \cdot \cancel{s^2}}{\cancel{m^3} \cdot \cancel{h} \cdot 3600 \cancel{s} \cdot \pi \cdot 0{,}5 \cancel{m} \cdot 1{,}02 \cancel{Pa} \cdot \cancel{s} \cdot \cancel{N} 10^3 \cancel{kg\, m}}$$

$$\boxed{Re = 8{,}32 \cdot 10^5}$$

de moody



$$\boxed{f \simeq 0{,}03}$$ (4)

y calc: (4) a (3).

$$hp = 0{,}03 \cdot \frac{800\,m}{0{,}5\,m} \cdot \frac{1}{2 \cdot 9{,}81\,m} \cdot s^2 \cdot \left(\frac{Q \cdot 4}{\pi\, \phi^2}\right)^2$$

$$hp = 2{,}44 \frac{s^2}{\cancel{m}} \cdot \frac{1200^2 \cancel{m^6}}{\cancel{h^2}} \cdot \frac{\cancel{h^2}}{(3600\,s)^2} \cdot \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{1}{(0{,}5)^4 \cancel{m^4}}$$

$$\boxed{hp = 7{,}03\,m}$$ (5)

En calculo de $\dot{L}$ bomba, $\boxed{\dot{L}b = \gamma \cdot Q \cdot hb}$ (6)

reemplazo valores: $\dot{L}b = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1200\,m^3}{\cancel{h}} \cdot \frac{\cancel{1h}}{3600\,s} \cdot 7{,}03\,m$

$$\boxed{\dot{L}b = 22988\,W}$$