

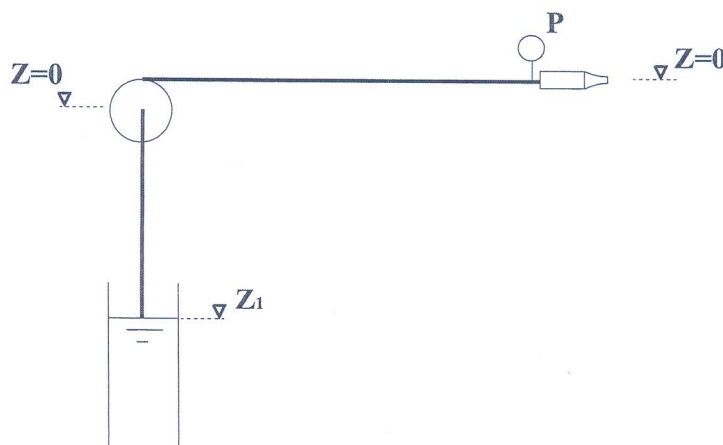
Máquinas para Fluidos I

Examen Febrero 2023

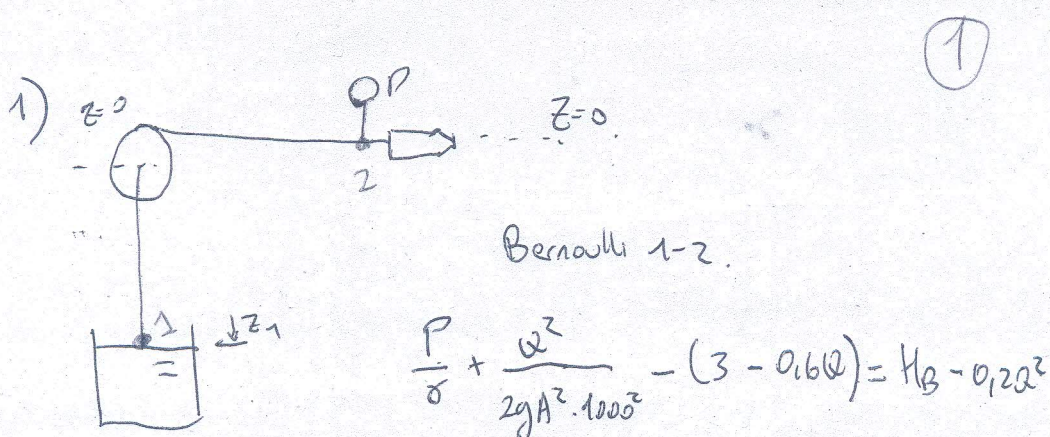
En una instalación de riego una bomba centrífuga succiona agua desde un pozo. En la tabla se presentan las curvas características de la bomba cuyo diámetro de rotor es 300 mm, girando a 1450 rpm.

Q (litros/s)	5	8	11	14	17
H (m)	50	45	38	28	16
P (kW)	4.5	5.9	6.3	6.6	8.9
h _{sv} (m)	1.2	2.2	3.4	4.9	6.6

En la figura se presenta un esquema de la instalación. La cota de la superficie libre del pozo varía con el caudal succionado de acuerdo a la siguiente relación $Z_1 = 3 - 0.6 Q$, Z_1 en metros y Q en litros/segundo. La tobera ubicada en la salida de la instalación presenta una ley operación $Q = C\sqrt{P}$ con Q en litros/segundo y P en kilo Pascales. La cañería está construida con tubos de 2" de diámetro interior. La pérdida de carga en la succión $0.01Q^2$ y la de impulsión $0.19Q^2$ ambas en metros de columna de agua con Q en litros/segundo.



- Determinar el coeficiente de derrame de la tobera si el caudal entregado la bomba es 10 l/s si gira a 1450 rpm. Determinar la potencia demandada por la bomba.
- Determinar el máximo caudal que es posible entregar sin que la bomba cavite y determinar la velocidad de giro
- Si se debiera entregar un caudal de 14 l/s, determinar el diámetro y la velocidad de giro de la bomba de la familia que trabaja en condición de cavitación $ANPA_D = ANPA_R$. Determinar la potencia que demandaría esta bomba en la condición propuesta.



$$P = 151,5 \text{ kW}$$

$$C = \frac{10}{\sqrt{151,5}} = 0,8$$

$$H_B = \frac{Q^2}{8C^2} + \frac{Q^2}{2gA^2 \cdot 1000^2} + 0.12Q^2 + 0.16Q - 3$$

$$H_B = 0.342Q^2 + 0.16Q - 3$$

$$P = 6,17 \text{ kW}$$

$$h_{suc} = \frac{P_{suc} \cdot P_v}{\rho} + h_s - z_1^{10}$$

$$h_s = z_1 - z_2 = 3 - 0.16Q - 0.01Q^2$$

$$h_{suc} = 13,1 - 0.16Q - 0.01Q^2$$

$$T_{suc} = 20^\circ \text{C}$$

2) Ecuaciones del problema.

②

$$\rightarrow H_B = Q^2 \cdot 0,372 + 0,6Q - 3$$

$$\rightarrow h_{svD} = 13,1 - 0,6Q - 0,01Q^2$$

$$\rightarrow \pi_H = f(\pi_Q)$$

$$\rightarrow \pi_{h_{svr}} = g(\pi_Q)$$

Caso base: $N = 1450$ $Q = 10 \text{ l/s}$ $H = 49,3 \text{ m}$

$$h_{svr} = 3 \text{ m} \quad h_{svD} = 6,1 \text{ m}$$

Itero en N :

$$N = 1800 \text{ rpm}$$

Q	6,2	9,93	13,66	17,38	21,1
H	11,05	69,35	58,56	43,15	24,66
h _{svr}	1,85	3,39	5,24	7,55	10,11

Instalación

Q	H
9,93	39,64 < H _B (Q ₁)
13,66	74,6 > H _B (Q ₂)

Intersección

$$H_{inst} = A Q^2 + B Q + C$$

$$H_B = H_B(Q_1) + \frac{\Delta H_B}{\Delta Q} (Q - Q_1)$$



$$A Q^2 + B Q + C = H_B(Q_1) + \frac{\Delta H_B}{\Delta Q} (Q - Q_1)$$

$$Q = 12,44 \text{ l/s} \quad H = 62,0$$

$$h_{svr} = 4,64 \quad h_{svD} = 4,09$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A' Q^2 + B' Q + C' = 0 \\ A' = A \\ B' = 0,6 - \frac{\Delta H_B}{\Delta Q} \\ C' = -3 - H_B(Q_1) + Q_1 \frac{\Delta H_B}{\Delta Q} \end{cases}$$

(3)

$N = 1600 \text{ rpm}$

Q	5,52	8,83	12,14	
H	60,88	54,19	46,27	
h _{svr}	1,46	2,68	4,14	

Instalación

Q	H
8,83	31,3
12,14	59,11

$$\Rightarrow Q = 11,05 \text{ l/s} \quad H = 49,0 \text{ m} \quad h_{svr} = 5,25 \text{ m}$$

$$h_{svr} = 3,66 \text{ m}$$

$N = 1700 \text{ rpm}$

Q	5,86	9,38	12,9	
H	68,13	61,86	52,23	
h _{svr}	1,65	3,02	4,67	

Instalación

Q	H
9,38	35,4
12,9	66,6

$$\Rightarrow Q = 11,75 \text{ l/s} \quad H = 55,4 \text{ m} \quad h_{svr} = 4,67 \text{ m}$$

$$h_{svr} = 4,13 \text{ m}$$

$N = 1750 \text{ rpm}$

Q	—	9,66	13,28	
H	—	65,55	55,35	
h _{svr}	—	3,21	4,95	

Instalación

Q	H
9,66	37,5
13,28	70,6

$$\Rightarrow Q = 12,09 \quad H = 58,64 \text{ m}$$

$$h_{svr} = 4,38 \text{ m}$$

$$h_{svr} = 4,39 \text{ m}$$

$$3) Q = 14 \text{ l/s} \Rightarrow \begin{cases} H = 78,3 \text{ m} \\ h_{svD} = 2,74 \text{ m} = h_{svr} \end{cases} \quad (9)$$

$$\pi_Q = \frac{14}{ND^3} ; \pi_H = \frac{78,3}{N^2 D^2} ; \sigma = \frac{2,74}{78,3} = 0,0348$$

Cruz de la familia de bombas.

π_Q	0,128	0,164	0,28	0,36	0,43
$10^4 \times \pi_H$	2,64	2,38	2,01	1,48	0,85
σ	0,024	0,049	0,089	0,145	0,413
η	0,54	0,60	0,65	0,58	0,30

$$\sigma = 0,0348 \Rightarrow \begin{cases} \pi_Q = 0,161 \\ \pi_H = 2,53 \times 10^{-4} \\ \eta = 0,57 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{14}{ND^3} = 0,161 \\ \frac{78,3}{N^2 D^2} = 2,53 \times 10^{-4} \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

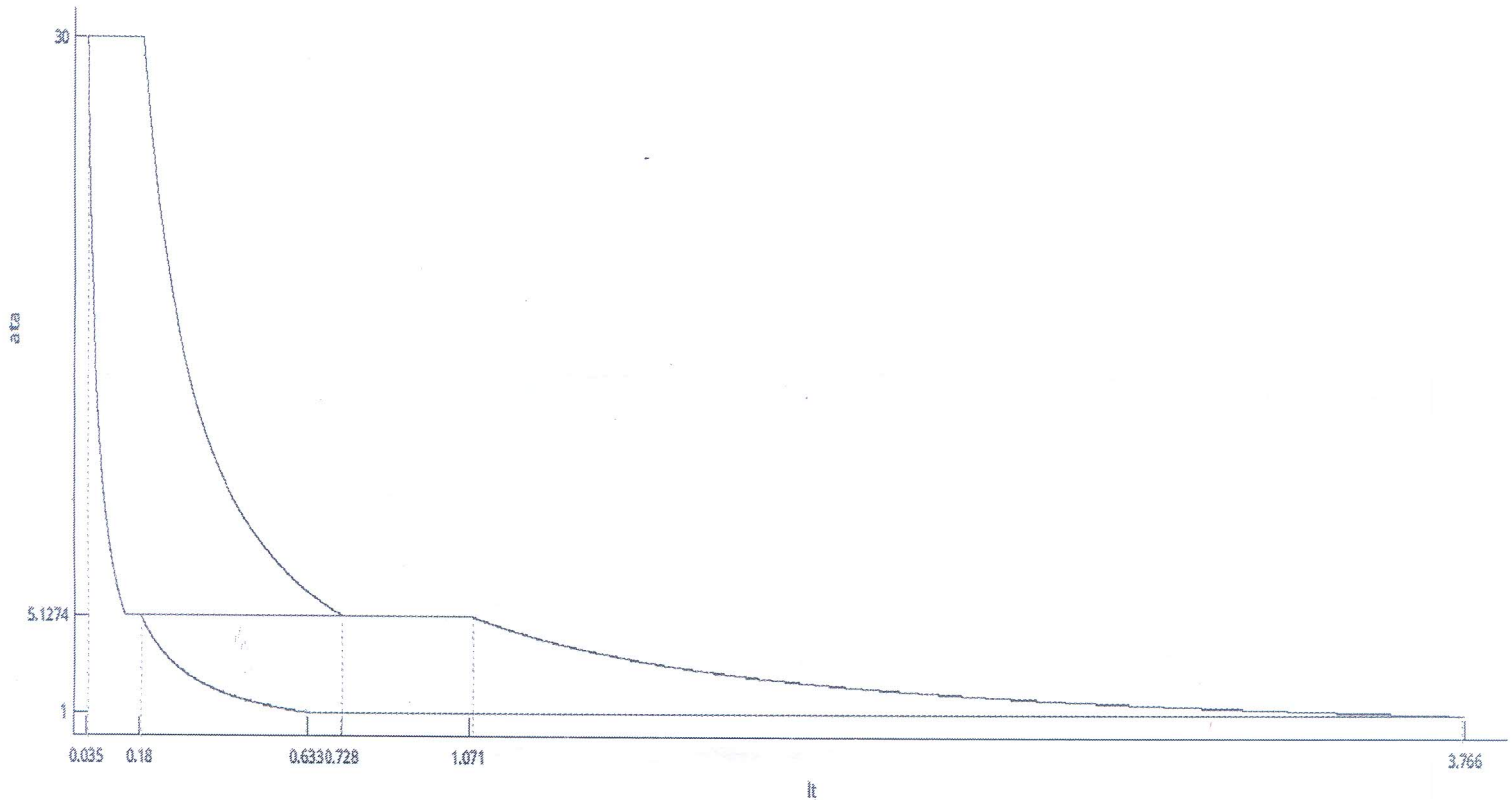
$N = 1407 \text{ rpm}$
 $D = 395 \text{ mm}$

$$P = \frac{\sigma Q H}{\eta} = \frac{9800 \cdot \left(\frac{14}{1000}\right) \cdot 78,3}{0,57} = 18,8 \text{ kW}$$

Examen Maquinas Para Fluidos 1

Febrero 2023

Se tiene un compresor recíprocante de dos etapas, con un pistón simple efecto en cada etapa, el largo de la carrera es igual en las dos etapas igual a $L=220$ mm, el fabricante presenta el diagrama politrópico (P (ata), V (litros)) en condiciones de fraccionamiento y refrigeración ideal.



El fabricante indica que se puede asumir $e_{v1}=e_{v2}=0.98$, $\eta_v=0.97$ (igual en ambas etapas), $\eta_p=0.95$, y que cuando el compresor trabaja en condición de fraccionamiento óptimo a 750 rpm la potencia en punta de eje es 18 kW

- Calcular el diámetro de cada pistón (etapas de baja y alta presión), el coeficiente de expansión politrópica (iguales en ambas etapas), y los espacios nocivos de cada etapa.
- Calcular el caudal volumétrico entregado por el compresor condiciones de entrada cuando $N=750$ rpm, para la condición de trabajo indicada en el diagrama politrópico dado por el fabricante y el rendimiento mecánico en dicha condición de trabajo.
- Asumiendo que el rendimiento mecánico es igual al calculado en b), calcular la potencia en punta de eje siendo $N=750$ rpm, con el compresor tomando aire ambiente y trabajando contra una presión de tanque de 27 ata.
- Con el compresor trabajando a 750 rpm, manteniéndose la presión del tanque a 27 ata se constata una caída de presión en el intercambiador intermedio del 10 % entre la salida de la primera etapa y entrada a la segunda. Esta caída de presión posiblemente provocada por una obstrucción por corrosión interna del intercambiador de tubos. Se aumenta el caudal de agua del intercambiador de modo de mantener la temperatura intermedia de aire igual a la temperatura en condiciones de entrada al compresor. Asumiendo que el rendimiento mecánico es igual al calculado en b) calcular la potencia en punta de eje y hacer un esquema de como sería el ciclo de compresión en un diagrama $P-V$ en esta condición con la pérdida de carga presente.

a) $V_D = V_1 - V_3$

①

$$C = \frac{V_3}{V_1 - V_3}$$

$$L = 220 \text{ mm}$$

ΔUA

$$V_{DA} = 0,728 - 0,035 = 0,693 \text{ lt}$$

$$\frac{\pi D_A^2 L}{4} = V_{DA}$$

$$D_A = \left(\frac{4 V_{DA}}{\pi L} \right)^{1/2} = 63 \text{ mm}$$

$$C_A = \frac{0,035}{0,728 - 0,035} = 0,05$$

②

BASS

$$V_{DB} = 3,766 - 0,18 = 3,586 \text{ lt}$$

$$\frac{\pi D_B^2 L}{4} = V_{DB}$$

$$D_B = \left(\frac{4 V_{DB}}{\pi L} \right)^{1/2}$$

$$D_B = 144 \text{ mm}$$

$$C_B = \frac{0,18}{3,766 - 0,18} = 0,05$$

$$P_1 V_1^m = P_2 V_2^m$$

$$m = \frac{\ln(1,077)}{\ln(3,766)}$$

$$\ln\left(\frac{1,077}{3,766}\right)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^m$$

$$m = \frac{\ln(P_1/P_2)}{\ln(V_2/V_1)}$$

$$m = 1,3$$

$$b) \dot{V} = \mu_v^2 (v_1 - v_3)_B \epsilon_{v_1} \epsilon_{v_2} N$$

$$\dot{V} = 0,97^2 (3,766 - 0,633) \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 750$$

$$\dot{V} = 2123 \text{ lt/min}$$

$$\dot{V} = \frac{2123 \times 10^{-3}}{60} = 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$W_I = \frac{\mu}{\mu-1} \frac{p_1 \dot{V}}{27 \mu_A \mu_B} \left((v_B^{\frac{\mu-1}{\mu}} - 1) + \mu_B (v_A^{\frac{\mu-1}{\mu}} - 1) \right)$$

$$W_I = 15748 \text{ W}$$

$$\boxed{\mu_m = \frac{15748}{18000} = 0,87}$$

$$c) v = v_A v_B = 27$$

BALANCE DE MASA

$$\frac{p_1}{p_2 T_1} (v_1 - v_3)_B \mu_v (1 - c (v_B^{\mu_m} - 1)) N \epsilon_{v_1} \epsilon_{v_2}$$

$$= \frac{p_{int}}{p_2 T_1} (v_1 - v_3)_A \left(1 - c \left(\left(\frac{27}{v_B} \right)^{\mu_m} - 1 \right) \right) N \epsilon_{v_1} \epsilon_{v_2}$$

$$p_{int}/p_1 = v_B$$

$$(v_1 - v_3)_B \mu_v (1 - c (v_B^{\mu_m} - 1)) =$$

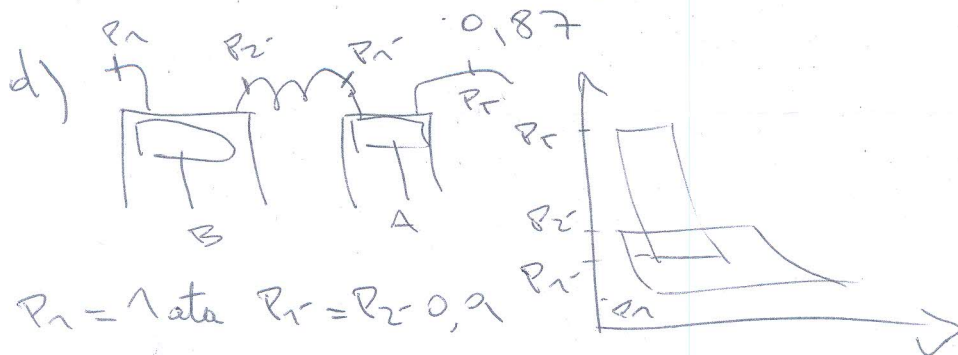
$$v_B (v_1 - v_3)_A \left(1 - c \left(\left(\frac{27}{v_B} \right)^{\mu_m} - 1 \right) \right)$$

$$W_I = \frac{M}{m-1} \frac{P_1 V}{\eta_r \eta_{vA} \eta_{vB}} \left((v_B^{\frac{m-1}{m}} - 1) + \eta_{vB} (v_A^{\frac{m-1}{m}} - 1) \right)$$

$$W_I = 15164 \text{ W}$$

$$Pot_{ESE} = \frac{W_I}{\eta_{em}}$$

$$Pot_{ESE} = \frac{15164}{0,87} = 17430 \text{ W}$$



$$P_1 = 1 \text{ ata} \quad P_1' = P_2 = 0,9$$

$$P_1' = 2,7 \text{ ata} \quad v_B = \frac{P_2'}{P_1} \quad v_A = \frac{P_1'}{P_2}$$

BAUNDE DE MASSA

$$\frac{P_1}{P_{2'}} (v_1 - v_3)_B \eta_v (1 - c (v_B^{\frac{\gamma_m}{m}} - 1)) \cancel{P_{2'}} / \cancel{P_2}$$

$$= \frac{P_1'}{P_{2'}} (v_1 - v_3)_A (1 - c (v_A^{\frac{\gamma_m}{m}} - 1)) \cancel{P_{2'}} / \cancel{P_2}$$

$$\rightarrow (v_1 - v_3)_B \eta_v (1 - c \left(\left(\frac{P_2'}{P_1} \right)^{\frac{\gamma_m}{m}} - 1 \right))$$

$$= \frac{P_2'}{P_1} \cdot 0,9 (v_1 - v_3)_A (1 - c \left(\left(\frac{P_1'}{P_2 \cdot 0,9} \right)^{\frac{\gamma_m}{m}} - 1 \right))$$

$$\rightarrow P_2' = 5,5 \text{ ata} \quad V = 0,035 \text{ m}^3$$

$$W_I = 13756 \text{ W}$$

$$Pot_{ESE} = \frac{W_I}{\eta_{em}}$$

$$Pot_{ESE} = 18110 \text{ W}$$