

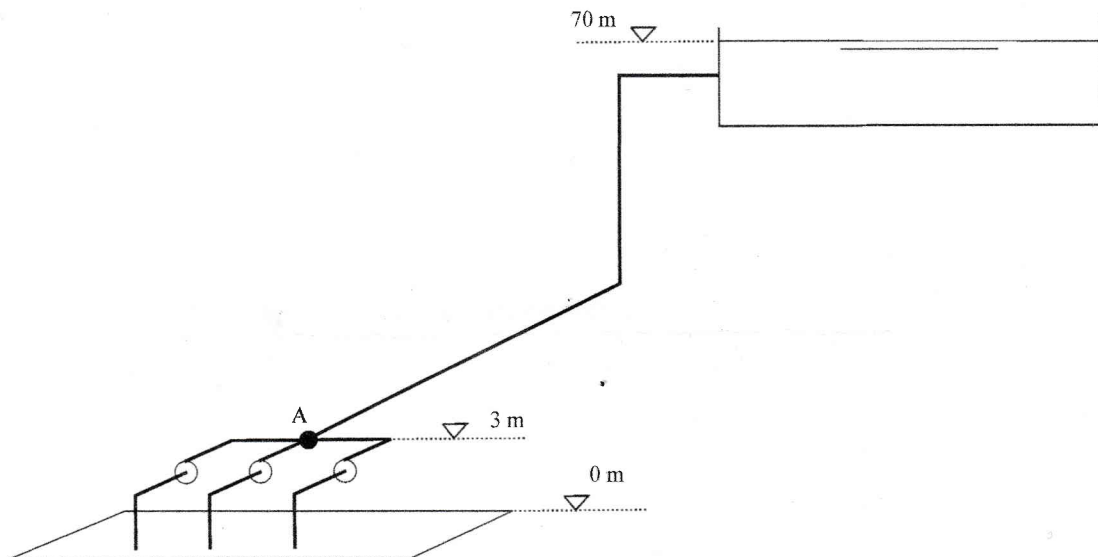
Máquinas para Fluidos I

Examen



Febrero, 2026

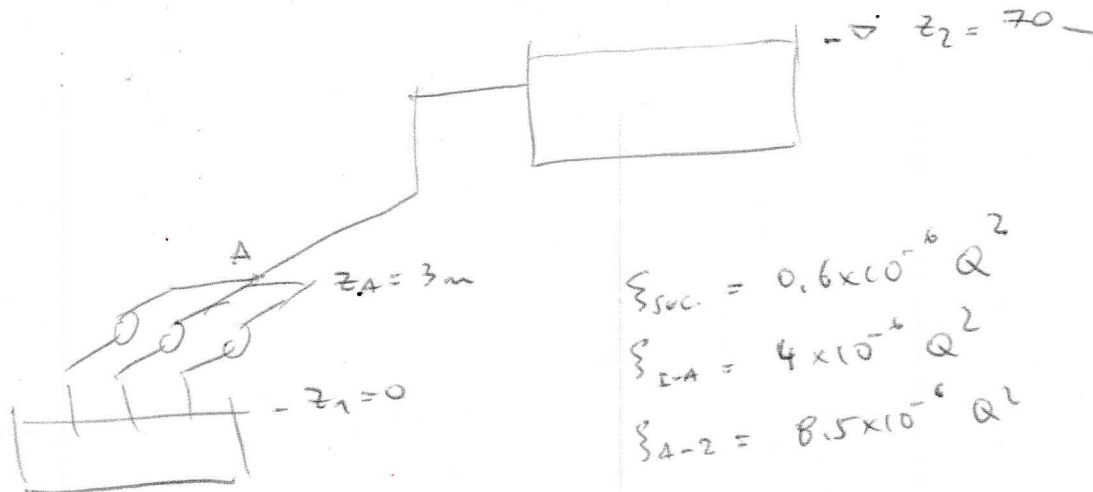
En una instalación de bombeo tres bombas operan e paralelo succionando desde el mismo tanque. Cada bomba dispone de una cañería de succión que introduce una pérdida de carga $0.6 \times 10^{-6} Q^2$ e impulsa a través de una conducción hasta el punto A, que introduce una pérdida $4.0 \times 10^{-6} Q^2$. En el punto A las tuberías de impulsión se conectan a una tubería que conduce hasta un tanque con cota 70 m. Esta tubería introduce una pérdida $8.5 \times 10^{-6} Q^2$. En todos los casos la pérdida de carga se expresa en metros de columna de agua y el caudal en metros cúbicos por hora.



En la siguiente tabla se presentan las curvas características de las bombas girando a 950 rpm.

$Q(\text{m}^3/\text{h})$	0	400	800	1200	1600	2000
$H(\text{m})$	118	113	100	82	58	32
$P(\text{kW})$	12	228	279	377	407	458
$h_{sv}(\text{m})$	----	0.13	0.43	0.66	0.88	1.14

- 1) En caso que opere una sola bomba, determinar el mayor caudal que podría moverse, ajustando la velocidad de giro, de manera que su rendimiento sea superior a 60 % y que además no se produzca cavitación.
- 2) En caso de tener que moverse un caudal de $7000 \text{ m}^3/\text{h}$, determinar la menor cantidad de bombas que deberían operar para que no haya cavitación e inferir la potencia demandada por el conjunto de bombas seleccionado.



$$\begin{aligned} \xi_{suc} &= 0.6 \times 10^{-6} Q^2 \\ \xi_{1-A} &= 4 \times 10^{-4} Q^2 \\ \xi_{A-2} &= 8.5 \times 10^{-6} Q^2 \end{aligned}$$

$$127 \approx \frac{2}{3}$$

A N = 950 rpm

Q (m³/h)	0	400	800	1200	1600	2000
H (m)	118	113	100	82	58	32
P (kW)	12	228	279	377	407	458
η (%)	0	54	78	71	62	38
h _{sv} (m)	-	0.13	0.43	0.66	0.88	1.14

$$1) \quad H_{inst} = 70 + (K_{suc} + K_{1-A} + K_{A-2}) Q^2$$

$$h_{sv} = 10.2 - K_{suc} Q^2 - 3$$



P. 2030 N = 1500 rpm

Q (m³/h)	1895	2526	3158
H (m)	204	145	80
η (%)	71	62	38
h _{sv} (m)	1.6	2.2	2.8
H _{inst} (m)	117	154	201

$$H_F = -0.094 Q_F + 382$$

$$H_F = 70 + 13.1 \times 10^{-6} Q_F^2$$

$$Q_F = 2469 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h_{sv} = 2.15 \text{ m}$$

$$h_{vd} = 3.5 \text{ m}$$

no cavita

Prueba $N = 1650$ rpm

$Q (m^3/h)$	---	2779	3474
$H (m)$	---	175	96.5
$\eta (\%)$	---	62	38
$h_{sv} (m)$	---	2.65	3.44
$H_{inst} (m)$	---	171	228



$$H_f = -0.113 Q_f + 489 = 70 + 13.1 \times 10^{-6} Q_f^2 \rightarrow Q_f = 2799 \text{ m}^3/h$$

$$h_{svr} = 2.67 \text{ m}$$

$$h_{svd} = 2.5 \text{ m} \quad \text{CAVITA}$$

Prueba $N = 1640$ rpm

$Q (m^3/h)$	2762	3453
$H (m)$	172.8	95.4
$\eta (\%)$	62	38
$h_{sv} (m)$	2.62	3.4
$H_{inst} (m)$	170	226

$$H_f = -0.112 Q_f + 482 = 70 + 13.1 \times 10^{-6} Q_f^2 \rightarrow Q_f = 2777 \text{ m}^3/h$$

$$h_{svr} = 2.64 \text{ m}$$

$$h_{svd} = 2.57 \text{ m} \quad \text{CAVITA}$$

Prueba $N = 1635$ rpm

$Q (m^3/h)$	2754	3442
$H (m)$	171.8	94.8
$\eta (\%)$	62	38
h_{sv}	2.61	3.38

$$H_f = -0.112 Q_f + 480 = 70 + 13.1 \times 10^{-6} Q_f^2 \rightarrow Q_f = 2766 \text{ m}^3/h$$

$$h_{svr} = 2.62 \text{ m} \quad \checkmark$$

$$h_{svd} = 2.61 \text{ m}$$

$$\eta = 61.6\%$$

$$N_{max} = 1635 \text{ rpm}$$

3/7

$$2) Q_R = 7000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 70 + (K_{\text{suc}} + K_{\text{t-4}}) Q^2 + K_{\text{A-2}} (nQ)^2 \quad (\eta = N^\circ \text{ BOMBA})$$

$$h_{\text{sv}} = 10.2 - K_{\text{sv}} Q^2 - 3$$

$$Q_R = nQ$$



$$\text{Si } n=2 \rightarrow Q = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{\text{int}} = 54.3 \text{ m}$$

$$h_{\text{svd}} = -0.2 \text{ m} \leftarrow \text{CAVITA !!}$$

$$\text{Si } n=3 \rightarrow Q = 2333.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{\text{int}} = 51.5 \text{ m}$$

$$h_{\text{svd}} = 3.9 \text{ m}$$

INTERSECCION CURVA DE BOMBA A 950 rpm CON CURVA DE SUMINISTRO ($K_s Q^2$)

$$H_s = -0.045 Q_s + 73.6 = 9.4 \times 10^{-5} Q_s^2 \rightarrow Q_s = 987 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{Q_s}{950} = \frac{n Q_R}{N'} \rightarrow N' = \frac{2333.3}{987} \times 950 \rightarrow \underline{N' = 2246 \text{ rpm}}$$

$$\eta = \eta_s = 0.75 \rightarrow P_{\text{tot}} = \frac{3 \times 9800 \times 2333.3 / 3600 \times 51.5}{0.75}$$

$$P_{\text{tot}} = 13 \text{ MW}$$

$$h_{\text{svs}} = 0.53 \text{ m} \rightarrow h_{\text{sv}} = 3.1 \text{ m} < h_{\text{svd}} \leftarrow \underline{\text{NO CAVITA}}$$

SE DEBEN OPERAR 3 BOMBAS

Máquinas Para Fluidos I

Examen – Febrero 2026

Se desea diseñar un ventilador centrífugo de gran porte, para operar en un proceso industrial. Este proceso requiere un caudal de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ y una carga de 500 m de columna de aire, para una velocidad de giro nominal de 1000 rpm.

- a) Estimar el diámetro que debería tener una turbomáquina centrífuga de buen rendimiento operando en estas condiciones.
- b) Continuar con el diseño del ventilador, calculando D_1 y l_1 , utilizando el diámetro estimado en la parte anterior y los siguientes valores recomendados:

$$t_1 = t_2 = 3 \text{ mm} \quad \beta_1 = 20^\circ \quad Q' = 1.25 \text{ m}^3/\text{s} \quad Z = 20$$

$$l_1 = l_2 \quad \beta_2 = 25^\circ \quad \eta_h = 0.89 \text{ (En el caudal de diseño)}$$

- c) Dado que es un equipo muy costoso de fabricar, se decide realizar un ensayo a escala para evaluar el diseño realizado. El diámetro de rotor del modelo será de 475 mm, y el material empleado para su construcción es el mismo que el prototipo. Los resultados del ensayo se presentan en la siguiente tabla expresada a 1000 rpm.

Q [m^3/h]	499	942	1416	1890	2124	2363
P_t [Pa]	446	429	387	283	233	186
Pot [W]	124	185	215	235	240	245

Determinar las curvas $H(Q)$ y $\eta(Q)$ para el ventilador prototipo a 1000 rpm a partir de las curvas relevadas en el modelo y verificar si el prototipo es capaz de cumplir con el requerimiento de carga a $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

- d) Determinar el costo energético anual, considerando que el ventilador opera a $30 \text{ m}^3/\text{s}$ todos los días de 00:00 a 10:00 hrs y de 13:00 a 24:00 hrs.

Considerar los siguientes costos de energía:

Precio de energía [\$/kWh]		
Valle	Llano	Punta
2.433	4.250	5.218

- Horas Valle: de 00:00 a 07:00 hrs.
- Horas Llano: de 07:00 a 18:00 y de 22:00 a 24:00 hrs.
- Horas Punta: de 18:00 a 22:00 hrs.



$$a) \Omega = \frac{\omega_R \cdot Q_R^{1/2}}{(g H_R)^{3/4}} = 0,98$$

$$\text{Cordier} \rightarrow \Delta = 3 = \frac{\pi H^{1/4}}{\pi Q^{1/2}} = \frac{(H g)^{1/4} \cdot D}{Q^{1/2}} \rightarrow \boxed{D = 1,96 \text{ m}}$$

$$b) H_T = \frac{500}{0,89} = 561,8 \text{ m}$$



$$\left. \begin{aligned} H_T &= \frac{u_2}{g} \left(u_2 - \frac{v_{2R}}{\tan(\beta_{2p})} - \frac{\pi u_2 \sin(\beta_{2p})}{z} \right) \\ u_2 &= \frac{2\pi \cdot N}{60} \cdot \frac{D_2}{2} = 102,8 \text{ m/s} \end{aligned} \right\} v_{2R} = 19,8 \text{ m/s}$$

$$Q_R = Q + Q' = 31,25 \text{ m}^3/\text{s} = \pi D_2 \cdot l_2 \cdot \left(1 - \frac{z t_2}{\pi D_2 \sin(\beta_{2p})} \right) \cdot v_{2R}$$

$$\rightarrow \boxed{l_2 = l_1 = 262 \text{ mm}}$$

$$\left. \begin{aligned} Q_R &= \pi l_1 D_1 \left(1 - \frac{z t_1}{\pi D_1 \sin(\beta_{1p})} \right) \cdot v_1 \\ v_1 &= u_1 \cdot \tan(\beta_{1p}) = \frac{2\pi \cdot N}{60} \cdot \frac{D_1}{2} \cdot \tan(\beta_{1p}) \end{aligned} \right\} Q_R = \pi l_1 \left(D_1 - \frac{z t_1}{\pi \sin(\beta_{1p})} \right) \frac{2\pi \cdot N}{60} \cdot \frac{D_1}{2} \cdot \tan(\beta_{1p})$$

$$\rightarrow D_1^2 - D_1 \cdot \frac{z t_1}{\pi \sin \beta_{1p}} - \frac{60 \cdot Q_R}{\pi^2 l_1 N \cdot \tan(\beta_{1p})} = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{D_1 = 1,44 \text{ m}}$$

$$C) \cdot \Pi_Q^M = \Pi_Q^P \Rightarrow Q_P = Q_M \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^3$$

$$\cdot \Pi_H^M = \Pi_H^P \Rightarrow H_P = H_M \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^2$$

$$\cdot \frac{(1-\eta_P)}{(1-\eta_M)} = \left(\frac{D_M}{D_P} \right)^{0,25}$$



$Q [m^3/s]$	9,8	18,5	27,8	37,1	41,7	46,4
$H [m]$	648	624	562	412	339	270
$\eta_{Modelo} [-]$	0,50	0,61	0,71	0,63	0,57	0,50
$\eta_{Prototipo} [-]$	0,65	0,73	0,79	0,74	0,70	0,65

$$\rightarrow A 30 m^3/s : H = 527 m$$

$$d) \text{ En el caudal requerido: } \left. \begin{array}{l} \eta = 0,78 \\ H = 527 m \end{array} \right\} P = \frac{\gamma Q H}{\eta} = 238,4 \text{ kW}$$

• 00:00 a 10:00 $\rightarrow$ 7 horas de valle
3 horas de llano

• 13:00 a 00:00 $\rightarrow$ 7 horas de llano
4 horas de punta

$$\text{Costo Anual} = 365 \cdot (2,433 \cdot 7 + 4,250 \cdot 10 + 5,218 \cdot 4) \cdot 238,4$$

$$\boxed{\text{Costo Anual} = 7,0 \text{ M\$}}$$