

Profesor Cátedra: María del Carmen Thomsen Solís; Miguel Herrera Marchant; Ignacio Cancino Manríquez; Iván Fredes Peñaloza; Francisco Ramírez Cuevas; Eduardo Barrera Robles; Luis Campos González.

Nombre:

Duración 120 min.

Viernes 8 de julio de 2022

PROBLEMA N° 1. (3.0 puntos)

Una bomba centrífuga con un rodete de diámetro $\phi 330$ mm girando a 2900 rpm transporta agua a 20°C ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) desde el depósito A al depósito B. El depósito A está abierto a la atmósfera ($P_{\text{atm}} = 1.0 \text{ bar}$), mientras que el B se encuentra a una presión manométrica de 4 bar, como se muestra en la figura adjunta.

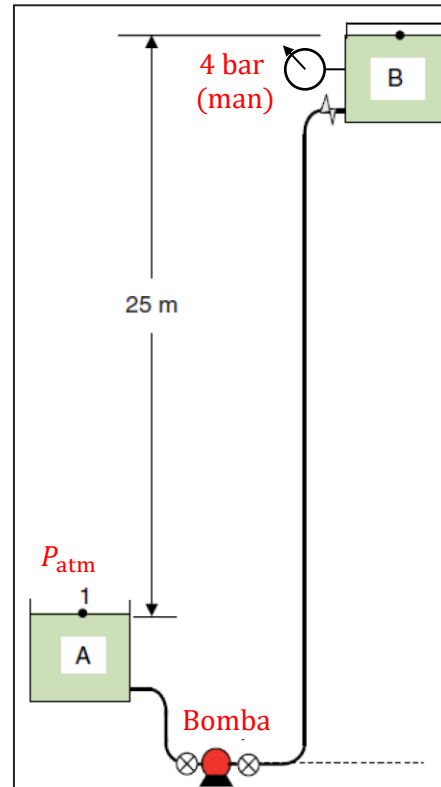
La tubería correspondiente a la línea de succión tiene 12 cm de diámetro interior y 7 m de largo; la tubería en la línea de impulsión tiene 12 cm de diámetro interior y 200 m de largo.

La línea de aspiración tiene 2 codos ($K_{90^\circ} = 0,2$) y 1 válvula ($K_v = 2,0$) y el coeficiente de pérdida en la entrada de la tubería de aspiración es $K_i = 0,1$. La línea de impulsión tiene 2 codos ($K_{90^\circ} = 0,2$) y 1 válvula ($K_v = 2,0$) y el coeficiente de pérdida en la salida de la tubería de impulsión es $K_i = 0,1$.

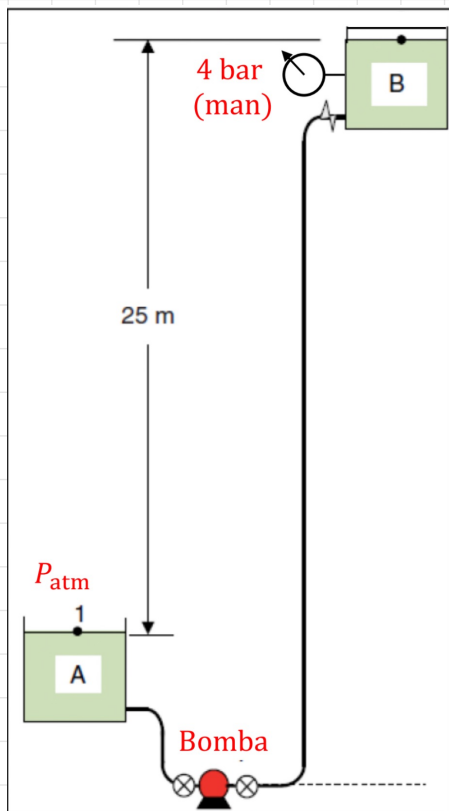
La tubería es de acero comercial cuya rugosidad es de 0,045 mm.

Se pide:

1. La expresión correspondiente a la curva de instalación del sistema; altura manométrica (H_m) en función del caudal (Q).
2. Proyección de la curva de instalación sobre el ábaco adjunto; (evaluar como mínimo 4 puntos para la proyección de la curva).
3. Identificar el punto de funcionamiento: indicando H_m , Q , Rendimiento, potencia de accionamiento (\dot{W}_{bhp}), y potencia útil (\dot{W}_{util})



Problema 1.



(0.1)
 $P_1 = 1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $V_1 = 0 \text{ m/s}$
 $Z_1 = 0 \text{ m}$

Identificar P_{man} (0.2) (0.1)
 $P_2 = 4 \text{ bar (man)} = 5 \text{ bar} = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $V_2 = 0 \text{ m/s}$
 $Z_2 = 0$

Balace de energia

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_m = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L$$

Ec. completa (0.3)
 $H_m = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{Z_2 - Z_1}{25 \text{ m}} + \left(f \frac{L}{D} + \sum k_i \right) \frac{V^2}{2g}$
 $\frac{4 \times 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} \quad 1725 \text{ (0.1)} \quad 5.0 \text{ (0.1)}$
 40.8 m (0.2)

1) $H_m = 65.8 \text{ m} + (1725 \cdot f + 5.0) \frac{V^2}{2g}$
 * con $V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$ 0.2
 $Re_D = \frac{V \cdot D}{\nu}$; $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{D} = 3.74 \times 10^{-4}$ 0.2
 $f = 0.25 \left[\log \left(\frac{\epsilon_r}{9.7} + \frac{5.74}{Re_D^{0.9}} \right) \right]^{-2}$
 Sistema completo (0.5)

2)

$Q (\text{m}^3/\text{h})$	$V (\text{m/s})$	Re	f	$h_L (\text{m})$	$H_m (\text{m})$	
0	0	0	∞	0	65.8	0.1
120	2.947	3.52×10^5	0.0173	15.48	81.3	0.1
200	4.912	5.87×10^5	0.0168	41.80	107.6	0.1
280	6.877	8.22×10^5	0.0165	80.81	146.6	0.1

3)

De la curva (0.3)

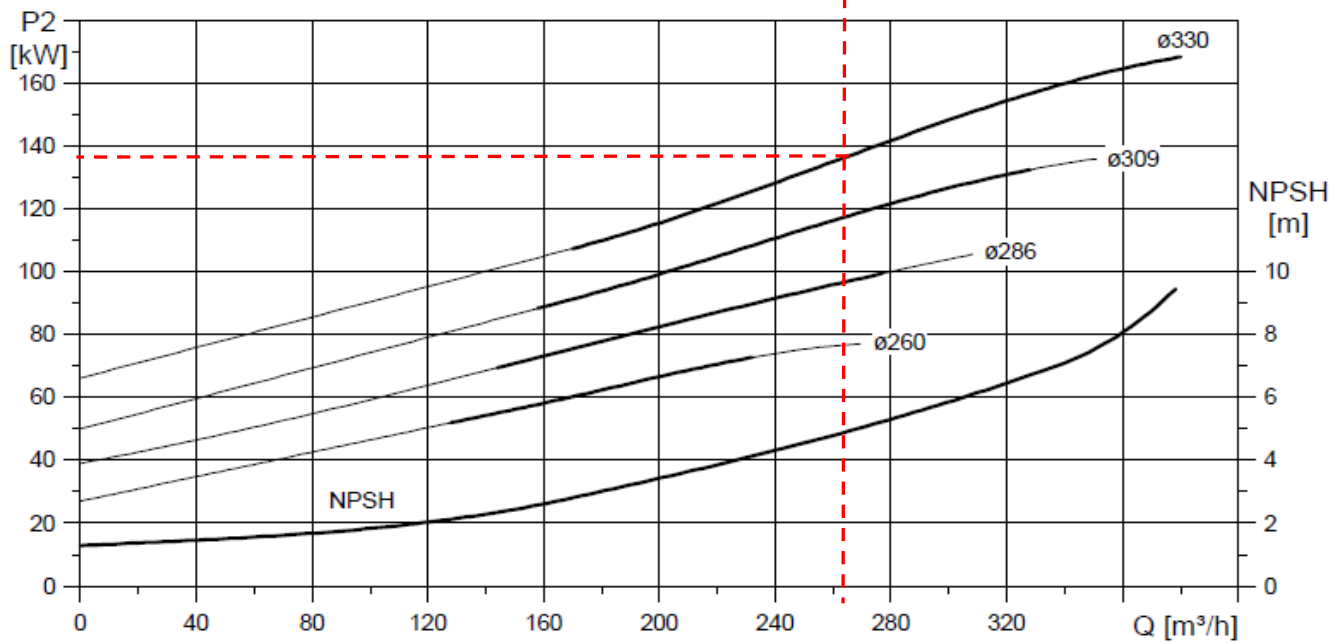
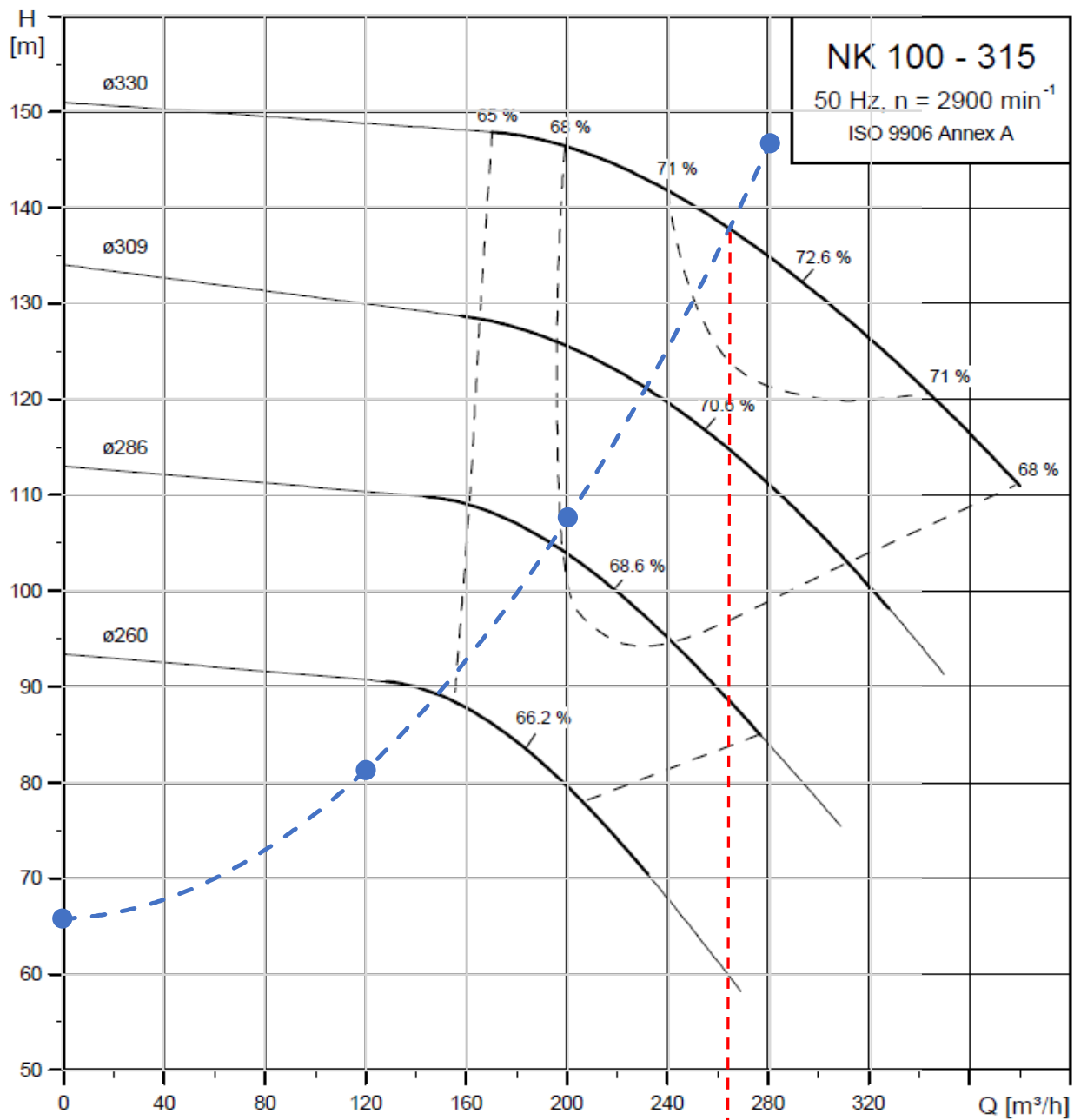
$Q = 263 \text{ m}^3/\text{h}$

$H_m = 137.3 \text{ m}$

$\dot{W}_{\text{bomba}} = 138 \text{ kW}$

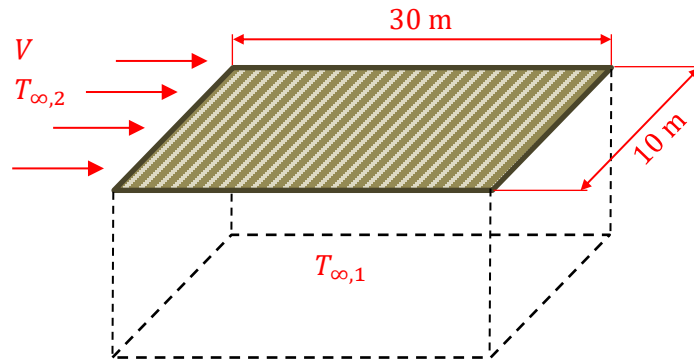
$\eta = 72\%$

$\dot{W}_{\text{util}} = 99.4 \text{ kW}$ (0.3)



PROBLEMA N° 2. (3.0 puntos)

Considere el techo de una casa de dimensiones $10\text{ m} \times 30\text{ m}$, como se indica en la figura. La superficie exterior del techo es enfriada por una corriente de aire, cuya velocidad es $V = 15\text{ m/s}$ y temperatura $T_{\infty,2} = -10^\circ\text{C}$. La dirección de la corriente de aire es paralela al largo mayor, como se muestra en la figura. Se necesita seleccionar un sistema de calefacción para mantener la temperatura al interior de la casa a $T_{\infty,1} = 25^\circ\text{C}$

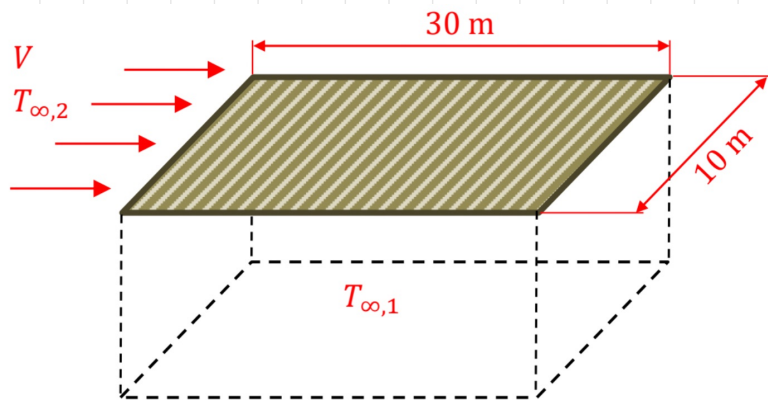


Determinar:

1. Diagrama de resistencias térmicas entre los nodos $T_{\infty,1}$ y $T_{\infty,2}$
2. Coeficiente convectivo del aire al exterior.
3. Calor neto disipado a través del techo.
4. La Temperatura T_s (asuma que temperatura a ambos lados del techo es igual, es decir, ignorar la resistencia térmica del techo).

NOTA: Estime las propiedades del aire en el interior de la casa a 25°C , y del aire al exterior a -10°C .

Problema 2.



$$L = 30 \text{ m}; W = 10 \text{ m}$$

Prop. aire a -10°C (0.1)

$$k_a = 0.02288 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$\nu_a = 1.252 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr_a = 0.7387$$

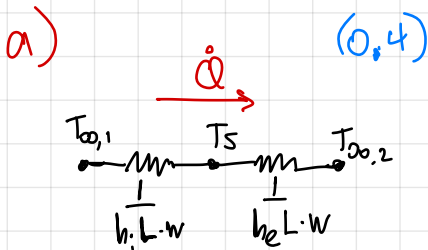
Prop. aire a 25°C (0.1)

$$k_i = 0.02551 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$\nu_i = 1.562 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr_i = 0.7296$$

$$\beta_i = 1/(273 + 25) = 3.356 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$$



$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_i L W} + \frac{1}{h_e L W}}$$

b) Convección forzada aire externo (h_e)

Usamos expresión de placa plana $Nu_L = 0.037 Re_L^{0.8} Pr^{1/3}$ (0.2)

Longitud característica $L_c = L$ (0.2)

$$Re_L = \frac{L \cdot V}{\nu} = 3.59 \times 10^7$$
 (0.1)

$$Nu_L = 37054.8 \rightarrow h_e = \frac{Nu_L \cdot k_e}{L} = 28.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$
 (0.2)

c) Convección natural interna (h_i)

Usamos relación placa horizontal con superficie inferior caliente $Nu = 0.27 Ra^{1/4}$ (0.2)

Longitud característica $L_c = A_s/p = W \cdot L / (2W + 2L) = 3.75 \text{ m}$ (0.2)

No conocemos T_s . Debemos iterar:

Probamos $T_s^* = (T_{\infty,1} + T_{\infty,2})/2 = 7.5^\circ\text{C}$ (0.1)

$$Gr = \frac{g \beta (T_{\infty,1} - T_s^*) L_c^3}{\nu^2} = 1.24 \times 10^{11}$$
 (0.1)

$$Ra = Gr \cdot Pr = 9.08 \times 10^{10}$$
 (0.1)

$$Nu = 148.19$$
 (0.1)

$$h_e = \frac{Nu \cdot k_e}{L_c} = 1.01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$
 (0.2)

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_i L W} + \frac{1}{h_e L W}} = 10220.6 \text{ W}$$
 (0.1)

$\frac{1}{h_i L W} = \frac{1}{3.3 \times 10^{-4} \text{ K/W}} = 3.03 \times 10^3 \text{ K/W}$ (0.1)
 $\frac{1}{h_e L W} = \frac{1}{1.18 \times 10^{-4} \text{ K/W}} = 8.47 \times 10^3 \text{ K/W}$ (0.1)

$$a) \quad \dot{Q} = \frac{T_s - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_2 \cdot w \cdot L}} \Rightarrow T_s = T_{\infty,2} + \frac{\dot{Q}}{h_2 \cdot w \cdot L}$$

(0.2)

$$T_s = -8.79^\circ\text{C} \quad (0.2)$$

* Una segunda iteración repitiendo los pasos en c) y d)
con $T_s^* = -8.79^\circ\text{C}$, nos entregó: $T_s = -8.59^\circ\text{C}$