

Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA
22 de julio del 2025**Ejercicio 1**

Un calefón de 60 l se modelará como un tanque rígido bien aislado (se despreciarán las pérdidas de calor a través de sus paredes), lleno de agua a presión aproximadamente atmosférica.

Inicialmente el agua del calefón se encuentra a 65°C , cuando una persona comienza a bañarse. Mientras transcurre el baño, 2 l/min de agua a 65°C abandonan el calefón e ingresa agua a 15°C a la misma tasa.

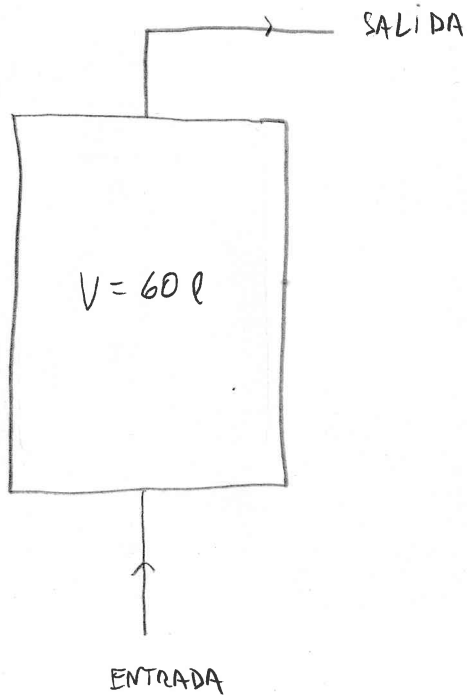
- a) Si el baño dura 10 minutos, ¿cuánto vale la variación de energía en el calefón durante este proceso? Asuma que durante el baño el calefón permanece apagado (no hay aporte de calor).

Luego de un tiempo de terminado el baño, manteniendo el calefón apagado, la temperatura del agua en su interior se uniformiza.

- b) ¿A qué temperatura quedará el agua en el calefón después de ese tiempo?

Para el calentamiento del agua, el calefón cuenta con una resistencia eléctrica que al encenderse le aporta una potencia calorífica de 1,5 kW.

- c) Determine el tiempo de calentamiento necesario para volver a tener la temperatura inicial de 65°C . Exprese el resultado en minutos.
- d) ¿Cuánta energía, en kW h, se consumirá de la red eléctrica durante este proceso de calentamiento? ¿A cuánto ascenderá el consumo asociado a esto al cabo de un mes, si se da un baño como este por día?
- e) Bosquee la temperatura del agua en función del tiempo para el proceso de calentamiento descrito.

Ej 1:

$$a) \quad m_o = \rho V = 1.60$$

$$\rightarrow m_o = 60 \text{ kg}$$

$$t_a = 10 \text{ min}$$

$$\Delta U = \cancel{\dot{Q}} - \cancel{\dot{W}} + m_e h_e - m_s h_s \quad (\text{recipiente rígido})$$

$$\text{Como } m_o \approx m_s \Rightarrow m_e = m_s$$

$$\Rightarrow \Delta U = -m_e (h_s - h_e) = -20 \cdot (272.06 - 62.99) = -20 \cdot 209.07$$

$$m_e = m_e t_a = 2 \cdot 10 \Rightarrow m_e = 20 \text{ kg}$$

$$m_e = \rho \dot{V} \approx 1 \cdot \frac{20}{\text{min}} \Rightarrow m_e \approx 2 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

$$h_s \approx h_f @ 65^\circ\text{C} = 272.06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_e \approx h_f @ 15^\circ\text{C} = 62.99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta U = -4181 \text{ kJ}$$

$$\text{otro / prove: } h_s - h_e \approx C_p \cdot (T_s - T_e)$$

$$C_p = C_p @ 40^\circ\text{C} = 4.181 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$\Rightarrow h_s - h_e \approx 4.181 \cdot (65 - 15) = 4.181 \cdot 50 = 209.05 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



① $\Delta U = m_0(\mu_F - \mu_I) \Rightarrow \mu_F - \mu_I = \frac{\Delta U}{m_0} \Rightarrow \mu_F = \mu_I + \frac{\Delta U}{m_0}$ 2

$\mu_F \approx \mu_f @ T_F$ $= 272,02 + \frac{(-4181)}{60}$

$\mu_I \approx \mu_f @ 65^\circ\text{C} = 272,02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ $= 272,02 - 69,683$

Como $\mu_f @ 45^\circ\text{C} = 188,44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
 $\mu_f @ 50^\circ\text{C} = 209,32 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ $\Rightarrow \mu_F = 202,34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$\Rightarrow T_F$ está entre 45°C y 50°C

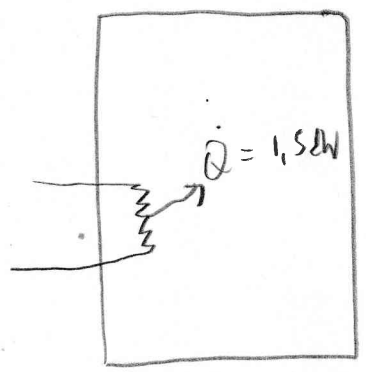
$\frac{\mu_F - \mu_f @ 45^\circ\text{C}}{\mu_f @ 50^\circ\text{C} - \mu_f @ 45^\circ\text{C}} = \frac{202,34 - 188,44}{209,32 - 188,44} = \frac{13,9}{20,88} = 0,6657 \Rightarrow T_F - 45^\circ\text{C} = 0,6657 \cdot (50 - 45)$
 $= 0,6657 \cdot 5$
 $= 3,33^\circ\text{C}$

$\Rightarrow T_F = 48,3^\circ\text{C}$



Otra forma: $\mu_F - \mu_I = C \cdot (T_F - T_I)$
 $\Rightarrow T_F - T_I = \frac{\mu_F - \mu_I}{C} = \frac{-69,683}{4,182}$
 $= -16,66^\circ\text{C}$

②



Como el sistema vuelve al estado inicial $\Rightarrow$
 la variación de energía es igual y opuesta a la
 de la parte ① $\Rightarrow \Delta U = 4181 \text{ kJ}$

$\Delta U = Q - W = \dot{Q} t_c \Rightarrow t_c = \frac{\Delta U}{\dot{Q}}$

Como $\dot{Q} = \frac{Q}{t_c} \Rightarrow Q = \dot{Q} t_c$

$\Rightarrow t_c = \frac{4181}{1,5} \Rightarrow t_c = 2787 \text{ s} = 46,5 \text{ min} = 0,774 \text{ h}$ 3/8

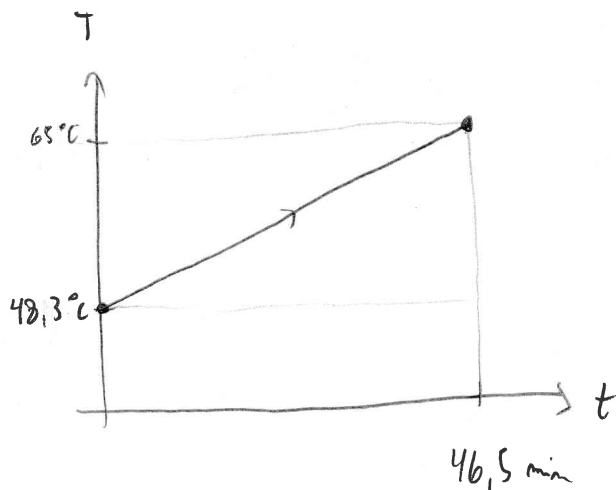
④ $Q = \dot{Q} \cdot t_c = 1,5 \cdot 0,774 \Rightarrow Q = 1,16 \text{ kWh}$

3

$Q_{mes} = 30 \cdot Q = 30 \cdot 1,16 \Rightarrow Q_{mes} = 34,8 \text{ kWh}$



⑤



Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA**22 de julio del 2025****Ejercicio 2**

Un compresor de una planta frigorífica que utiliza el refrigerante R-134a, toma vapor saturado a -32°C y le eleva su presión hasta los 10 bar, alcanzando en este proceso una temperatura de descarga de 70°C .

- a) Determine la potencia específica (kJ/kg) consumida por el compresor.
- b) ¿Cuánto vale su eficiencia isoentrópica?

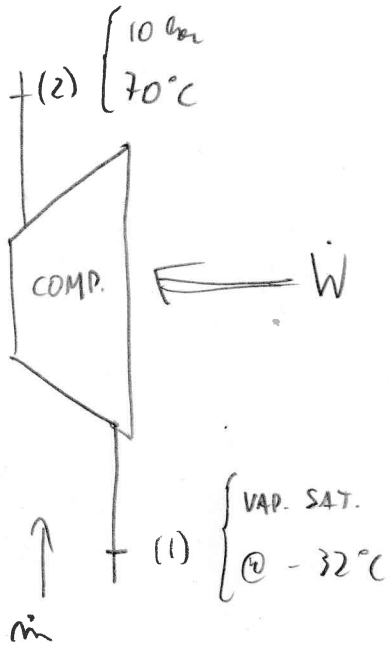


Se quiere realizar la misma compresión (tomar vapor saturado a -32°C y elevar su presión hasta 10 bar) en dos etapas, utilizando dos compresores que tienen la misma eficiencia isoentrópica que el de las partes a) y b). El primero (compresor "de baja") toma vapor saturado a -32°C y lo descarga en un tanque que contiene una mezcla bifásica a 2,8 bar. El segundo (compresor "de alta") toma vapor saturado a 2,8 bar de la parte superior del tanque y lo descarga a una presión de 10 bar.

- c) Halle la temperatura de descarga y la potencia específica consumida por el compresor de baja.
- d) Halle la temperatura de descarga y la potencia específica consumida por el compresor de alta.

Ej 2:

R-134a



$$a) \frac{\dot{W}}{\dot{m}} = w = h_2 - h_1$$

$$h_1 = h_g @ -32^\circ\text{C} = 227,90 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = h(10 \text{ bar}, 70^\circ\text{C}) = 302,34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow w = 302,34 - 227,90 \Rightarrow$$

$$w = 74,44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

2

$$\eta_{\text{ad}} = \frac{\dot{W}_{\text{ideal}}}{\dot{W}} = \frac{w_s}{w} = \frac{53,21}{74,44} \Rightarrow$$

$$\eta_{\text{ad}} = 0,715$$

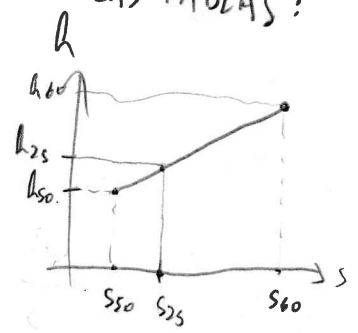
$$w_s = h_{2s} - h_1 = 281,11 - 227,90 \Rightarrow$$

$$w_s = 53,21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{2s} = h(10 \text{ bar}, s_f @ -32^\circ\text{C} = 0,9456 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}) = 281,52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$@ 10 \text{ bar} \left\{ \begin{array}{l} s(50^\circ\text{C}) = 0,9428 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \\ s(60^\circ\text{C}) = 0,9768 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \end{array} \right\} \Rightarrow (2s) \text{ está entre } 50^\circ\text{C} \text{ y } 60^\circ\text{C} :$$

INTERPOLACIÓN EN LAS TABLAS:



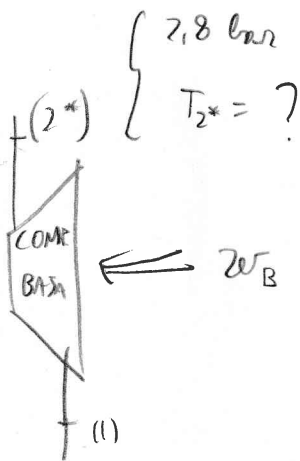
$$\frac{s_{2s} - s_{50}}{s_{60} - s_{50}} = \frac{9456 - 9428}{9768 - 9428} = \frac{28}{340} = \frac{14}{170} = \frac{7}{85} = 0,08235$$

$$\Rightarrow \frac{h_{2s} - h_{50}}{h_{60} - h_{50}} = \frac{s_{2s} - s_{50}}{s_{60} - s_{50}} \Rightarrow h_{2s} = h_{50} + \left(\frac{s_{2s} - s_{50}}{s_{60} - s_{50}} \right) (h_{60} - h_{50}) \Rightarrow h_{2s} = 281,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 280,19 + 0,08235 \cdot (291,36 - 280,19) = 280,19 + 0,9198$$



(C)



$$h_{2s*} = h(2,8 \text{ bar}, 0,9456 \frac{\text{kg}}{\text{kg K}})$$

$$@ 2,8 \text{ bar} \left\{ \begin{array}{l} s(0^\circ\text{C}) = 0,9238 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \\ s(10^\circ\text{C}) = 0,9566 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$\Rightarrow (2s^*)$ está entre 0°C y 10°C :

$$\frac{s_{2s*} - s_0}{s_{10} - s_0} = \frac{9456 - 9238}{9566 - 9238} = \frac{218}{328} = \frac{109}{164}$$

$$\Rightarrow h_{2s*} = h_0 + \frac{s_{2s*} - s_0}{s_{10} - s_0} (h_{10} - h_0) = 247,64 + 0,6646 (256,76 - 247,64)$$

$$= 247,64 + 0,6646 \cdot 9,12 = 247,64 + 6,061 \Rightarrow h_{2s*} = 253,70 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\tau_{\text{ad}} = \frac{h_{2s*} - h_1}{h_{2*} - h_1} \Rightarrow h_{2*} = h_1 + \frac{h_{2s*} - h_1}{\tau_{\text{ad}}} = 227,90 + \frac{253,70 - 227,90}{0,715}$$

$$= 227,9 + \frac{25,8}{0,715} = 227,9 + 36,09$$

$$\Rightarrow h_{2*} = 264,00 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow w_B = h_{2*} - h_1 = 264,00 - 227,90$$

$$\Rightarrow w_B = 36,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



$$= \frac{7,23}{9,15}$$

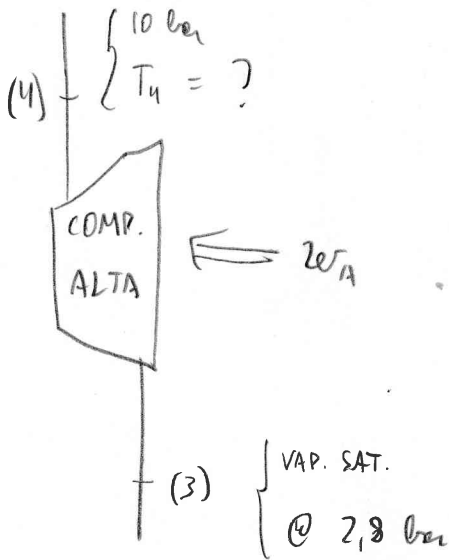
$$@ 2,8 \text{ bar} \left\{ \begin{array}{l} h(10^\circ\text{C}) = 256,76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ h(20^\circ\text{C}) = 265,91 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right\} \Rightarrow T_{2*} \text{ está entre } 10^\circ\text{C} \text{ y } 20^\circ\text{C} : \frac{h_{2*} - h_{10}}{h_{20} - h_{10}} = \frac{264,00 - 256,76}{265,91 - 256,76}$$

$$\Rightarrow T_{2*} = 10 + 0,7806 (20 - 10) = 10 + 7,81 \Rightarrow$$

$$T_{2*} = 17,9^\circ\text{C}$$

718

d)



$$h_{4s} = h(10 \text{ bar}, s_f @ 2,8 \text{ bar} = 0,9197 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}})$$

$$@ 10 \text{ bar} \left\{ \begin{array}{l} s(40^\circ\text{C}) = 0,9066 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \\ s(50^\circ\text{C}) = 0,9428 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$\Rightarrow (4_s)$ está entre 40°C y 50°C :

$$\frac{s_{4s} - s_{40}}{s_{50} - s_{40}} = \frac{9197 - 9066}{9428 - 9066} = \frac{131}{362} = 0,3619$$

$$\Rightarrow h_{4s} = h_{40} + 0,3619 \cdot (h_{50} - h_{40}) = 268,68 + 0,3619 \cdot (280,19 - 268,68) = 268,68 + 4,165$$

$$\Rightarrow h_{4s} = 272,85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow h_4 = h_3 + \frac{h_{4s} - h_3}{\eta_{ad}} = 246,52 + \frac{272,85 - 246,52}{0,715}$$

$$= 246,52 + \frac{26,33}{0,715} = 246,52 + 36,83$$

$$\Rightarrow h_4 = 283,35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow w_A = h_4 - h_3 = 283,35 - 246,52$$

$$\Rightarrow w_A = 36,83 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$@ 10 \text{ bar} \left\{ \begin{array}{l} h(50^\circ\text{C}) = 280,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ h(60^\circ\text{C}) = 291,36 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{array} \right\} \Rightarrow T_4 \text{ está entre } 50^\circ\text{C} \text{ y } 60^\circ\text{C} : \frac{h_4 - h_{50}}{h_{60} - h_{50}} = \frac{283,35 - 280,19}{291,36 - 280,19}$$

$$\Rightarrow T_4 = 50 + 0,2822 \cdot (60 - 50) = 50 + 2,83 \Rightarrow T_4 = 52,8^\circ\text{C}$$



$$= \frac{3,16}{11,17}$$