

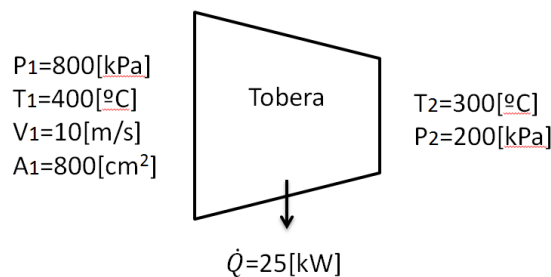
EJERCICIO N°2

PARTE EJERCICIOS

PREGUNTA 1

A una tobera entra vapor de agua a 800[kPa], 400[°C] y 10[m/s], y sale a 300[°C] y 200[kPa] mientras pierde calor a una tasa de 25[kW]. El área de entrada es de 800[cm²]. Determine:

- La velocidad de salida V_2
- Flujo volumétrico de vapor a la salida de la tobera



SOLUCIÓN:

Balance de energía:

$$-\dot{Q}_{salida} = \dot{m}(h_2 - h_1) + \dot{m}\left(\frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2}\right) \quad (*)$$

Utilizando tablas de vapor sobrecalentado:

$$800[\text{kPa}] = 0.80[\text{MPa}] \text{ a } 400[^\circ\text{C}] \rightarrow h_1 = 3267.7 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$200[\text{kPa}] = 0.20[\text{MPa}] \text{ a } 300[^\circ\text{C}] \rightarrow h_2 = 3072.1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Obtener $\dot{m}$:

-Usando gases ideales:

$$PV = \frac{m}{PM}RT \rightarrow Pv = \frac{RT}{PM} \rightarrow v = \frac{RT}{PM \cdot P}$$

$$v = \frac{0.082 \left[\frac{\text{lt atm}}{\text{mol K}} \right] \cdot 673[\text{K}]}{18 \left[\frac{\text{gr}}{\text{gmol}} \right] \cdot 800[\text{kPa}] \cdot \frac{1}{102 \left[\frac{\text{kPa}}{\text{atm}} \right]}} = 0.39 \left[\frac{\text{lt}}{\text{gr}} \right] = 0.39 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

$$\dot{m} = \frac{V_1 A_1}{v_1} = \frac{10 \left[\frac{m}{s} \right] \cdot 0.08 [m^2]}{0.39 \left[\frac{m^3}{kg} \right]} = 2.05 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

-Usando tablas, considerando las propiedades en la entrada de la tobera:

$$\dot{m} = \rho_1 A_1 \vec{v}_1 = \frac{A \vec{v}_1}{\hat{v}_1}$$

$$800 [kPa] = 0.80 [MPa] \text{ a } 400 [^\circ C] \rightarrow \hat{v}_1 = 0.38429 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

$$\dot{m} = \frac{800 [cm^2] \cdot \frac{1 [m^2]}{10000 [cm^2]} \cdot 10 \left[\frac{m}{s} \right]}{0.38429 \left[\frac{m^3}{kg} \right]} = 2.08 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

De la ecuación (*)

$$-25 \left[\frac{kJ}{s} \right] = 2.05 \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot (3072.1 - 3267.7) \left[\frac{kJ}{kg} \right] + 2.05 \left[\frac{kg}{s} \right] \left(\frac{V_2^2}{2} - \frac{10^2}{2} \right) \left[\frac{m^2}{s^2} \right] \cdot \frac{1 \left[\frac{kJ}{kg} \right]}{1000 \left[\frac{m^2}{s^2} \right]}$$

$$2.05 V_2^2 = 205 + 2000 \cdot 2.05 \cdot 195.6 - 25 \cdot 2000$$

a) $V_2 = 606 \left[\frac{m}{s} \right]$

b) $\text{Flujo másico} \left[\frac{m^3}{s} \right] = \dot{m} \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot v_2 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$

-Usando gases ideales:

$$v_2 = \frac{R T_2}{PM \cdot P_2} = \frac{0.082 \cdot 573}{18 \cdot \left(\frac{200}{102} \right)} = 1.33 \left[\frac{lt}{gr} \right] = 1.33 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

$$\text{Flujo másico} = 2.05 \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot 1.33 \left[\frac{m^3}{kg} \right] = 2.73 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

-Usando tablas, considerando las propiedades en la salida de la tobera y conservación del flujo másico:

$$\dot{m} = \rho_2 \dot{V}_2 \rightarrow \dot{V}_2 = \frac{\dot{m}}{\rho_2} \rightarrow \dot{V}_2 = \dot{m} \hat{v}_2$$

$$200 [kPa] = 0.20 [MPa] \text{ a } 300 [^\circ C] \rightarrow \hat{v}_2 = 1.31623 \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

$$\dot{V}_2 = 2.08 \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot 1.31623 \left[\frac{m^3}{kg} \right] = 2.74 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

PROBLEMA 2

Uso de las tablas de vapor para determinar propiedades

Para el agua, determine las propiedades faltantes y las descripciones de fase en la siguiente tabla:

	T [°C]	P [kPa]	u [kJ/kg]	x	Descripción de fase
a)	120.21	200	1719.26	0.6	Mezcla Saturada líquido-vapor
b)	125	232.23	1600	0.53	Mezcla Saturada líquido-vapor
c)	395.19	1000	2950	-	Vapor Sobrecalentado
d)	75	500	313.99	-	Líquido Comprimido
e)	172.94	850	731.00	0.0	Líquido Saturado

Solución:

- a) Dado que $x=0.6$, significa que un 60% de la masa se encuentra en fase de vapor y el 40% restante en fase líquida, por lo tanto corresponde a una mezcla saturada de líquido-vapor a una presión de 200 kPa. Usando la tabla A-5:

$$T = T_{sat@200 \text{ kPa}} = 120.21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Además se obtiene que $u_{liq} = 504.50 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}$ y $u_{vap} = 2024.6 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}$, entonces la energía interna de la mezcla corresponde a:

$$u_{mezcla} = x \cdot u_{vap} + (1 - x)u_{liq}$$

$$u_{mezcla} = 1719.26 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}$$

- b) Como se conoce la temperatura y la energía interna, a priori no se conoce que tabla ocupar para conocer las propiedades faltantes, ya que no se puede saber si se encuentra en fase vapor, líquido o una mezcla de ambas. Para determinar su ubicación se comprueba los valores de la energía interna en la tabla de agua saturada (A-4) a 125°C. Con esto se obtiene $u_{vap} = 2534.3 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}$ y $u_{liq} = 524.83 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}$, y recordando:

$$\begin{aligned} \text{si } u < u_{liq} & \text{ Se tiene líquido comprimido} \\ \text{si } u_{liq} \leq u \leq u_{vap} & \text{ Se tiene vapor húmedo} \\ \text{si } u > u_{vap} & \text{ se tiene vapor sobrecalentado} \end{aligned}$$

Dado que u en este caso es 1600, se tiene vapor húmedo a 125°C, donde la presión debe ser la presión de saturación a 125°C:

$$P = P_{sat@125^{\circ}\text{C}} = 232.23 \text{ kPa}$$

Y el título de la mezcla se obtiene a partir de:

$$x = \frac{u - u_{liq}}{u_{vap} - u_{liq}} = \frac{1600 \frac{kJ}{kg} - 524.83 \frac{kJ}{kg}}{2534.3 \frac{kJ}{kg} - 524.83 \frac{kJ}{kg}} = 0.535$$

- c) Este caso, similar a b), pero se da la presión en vez de la temperatura. Se lee los valores de u_{vap} , u_{liq} en la tabla de agua saturada a 1MPa (A-6). $u_{vap} = 2582.8 \frac{kJ}{kg}$ y $u_{liq} = 761.39 \frac{kJ}{kg}$, como u que buscamos es mayor que u_{vap} , nos encontramos con vapor sobrecalentado. Con esto se determina la temperatura mediante interpolación lineal.

$$T = 395.2^{\circ}C$$

- d) En este caso se entrega la temperatura y la presión, pero no sabemos en qué región nos encontramos (líquido comprimido, vapor húmedo, vapor sobrecalentado), para tener una referencia nos basamos en las tablas de agua saturado a 500 kPa (Tabla A-5), donde se obtiene $T_{sat} = 151.83^{\circ}C$, recordando:

si $T < T_{sat}$ Se tiene líquido comprimido

si $T = T_{sat}$ Se tiene vapor húmedo

si $T > T_{sat}$ se tiene vapor sobrecalentado

Dado que $T = 75^{\circ}C$, la muestra se encuentra como líquido comprimido, con esto se calcula la energía interna, como el líquido saturado a la misma temperatura (Tabla A-4).

$$u \cong u_{liq@75^{\circ}C} = 313.99 \frac{kJ}{kg}$$

- e) Como se indica que $x=0$, indica que es líquido saturado a 850 kPa, entonces la temperatura corresponde a las temperatura de saturación y la energía interna de líquido saturado.

$$T = T_{sat@850kPa} = 172.94^{\circ}C$$

$$u = u_{liq@850kPa} = 731.0 \frac{kJ}{kg}$$