



## TERMODINÁMICA

Departamento de Física  
Carreras: *Ing. Industrial y Mecánica*

### Trabajo Práctico N° 8: **EXERGÍA**

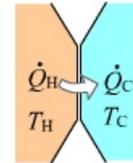
La inspiración existe, pero  
tiene que encontrarte trabajando.

[Pablo Picasso](#) (1881-1973)  
Pintor español

1) Un sistema cerrado operando en estado estacionario, recibe 5000 kW de calor desde una fuente a 1500 K, produce 2000 kW de potencia útil y rechaza el calor remanente a la atmósfera. Determine la velocidad a la cual la exergía (a) entra y (b) sale del sistema. Dibuje un diagrama de flujos de exergía. Asuma temperatura atmosférica  $T_0 = 300$  K.  
R: a) 4 MW, b) 2 MW.

2) Se trasfiere calor desde una fuente térmica a 1500 K a otra fuente a 400 K a una velocidad de 10 kW. Si la temperatura atmosférica es de 300 K, determine la velocidad a la cual la exergía (a) abandona la fuente de alta temperatura y (b) entra a la fuente de baja temperatura. Realice un diagrama de flujos de exergía.

¿Cómo puede explicar la discontinuidad en el resultado?  
R: a) 8 kW, b) 2.5 kW.



3) Una máquina térmica de rendimiento igual a 0.40 opera entre dos fuentes de  $T = \text{cte}$  e iguales a 1000 K y 400 K respectivamente. Si la máquina recibe un flujo calórico de la fuente caliente de 1000 kJ/min y si  $T_0 = 300$  K, calcular:

a) La generación de entropía, b) El rendimiento exergético.

R: a) 0.50 kJ/min.K, b) 0.67

4) Un cilindro de una máquina de combustión interna contiene  $3000 \text{ cm}^3$  de productos gaseosos a 10 bar y  $800^\circ\text{C}$  justo antes de que la válvula de escape se abra. Determine la exergía específica del gas. Modele a los productos de combustión como aire.  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  y  $P_0 = 1 \text{ atm}$ .

R: a) 350.7 kJ/kg.

5) Se desea llevar 2 kg de agua líquida desde 273 K hasta 373 K, sin cambiar de fase. Para ello se plantean dos alternativas:

a) Poniendo en contacto al sistema con una a 373 K ( $T = \text{cte}$ ).

b) Poniendo en contacto al sistema con una fuente a 323 K y luego que se alcanza dicha temperatura, poniéndolo en contacto con otra fuente a 373 K.

Hallar la generación de entropía en los dos casos y comparar los resultados.

Sugerir cómo se podría efectuar el calentamiento de modo tal de lograr la mínima variación entrópica en el proceso.  $c_{\text{agua}} = 4.2 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ .

c) Calcular la  $\Delta \dot{E}x_u$  y el rendimiento exergético para ambas posibilidades.  $T_0 = 273$  K.

R: a) 0.368 kJ/K, b) 0.194 kJ/K, c) (a)  $-23.96 \text{ kcal}$  y 0.56; (b)  $-12.56 \text{ kcal}$  y 0.69.

6) Un dispositivo cilindro-émbolo aislado contiene 30 L de aire a 120 kPa y 27 °C. A través de una resistencia eléctrica insertada en la tapa del cilindro, el gas se calienta durante 5 min en forma isobárica. La potencia eléctrica consumida en ese lapso de tiempo fue de 50 W. El medio ambiente se halla a 27 °C y 100 kPa. Determine la destrucción de exergía que acompañó a este proceso y el rendimiento exergético.

R: -9.98 kJ, 0.334.

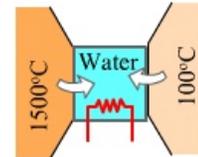
7) Se consideran tres diferentes opciones para elevar la temperatura de 1000 L de agua contenida en un recipiente aislado desde 15 °C hasta 70 °C:

- Usando para calentar una resistencia eléctrica.
- Transfiriendo calor desde una fuente a 1500 °C.
- Transfiriendo calor desde una fuente a 100 °C.

Basándose en un análisis exergético, evalúe la mejor opción.

Asuma condiciones atmosféricas de 100 kPa y 25 °C.

R: Tercer opción.



8) Un tanque rígido aislado contiene 1.5 kg de helio a 30 °C y 500 kPa. Una rueda de paletas con una potencia de 0.1 kW es operada dentro del tanque por 30 min. Determine:

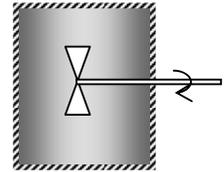
- El trabajo consumido durante el proceso, en kJ.
- La mínima cantidad de trabajo que se requiere para que se pueda completar este proceso.
- La irreversibilidad.

Suponga que los alrededores están a 100 kPa y 25 °C.

- Cuál será el resultado si la presión inicial fuese de 100 kPa?

Dato:  $c_{v, He} = 3.116 \text{ kJ/kg.K}$

R: a) -180, b) -13.35 kJ, c) 166.65 kJ.



9) Un compresor adiabático de aire opera en estado estacionario. El aire ingresa a  $P_1 = 1.4 \text{ bar}$ ,  $T_1 = 17 \text{ °C}$  y  $C_1 = 70 \text{ m/s}$ , abandonando el compresor a  $P_2 = 4.2 \text{ bar}$ ,  $T_2 = 147 \text{ °C}$  y  $C_2 = 110 \text{ m/s}$ .

Determinar:

- La exergía destruida por kg de aire comprimido.
- Expresar la exergía destruida como porcentaje del trabajo consumido por el compresor.
- Rendimiento exergético.

R: a) -17.3 kJ/kg, b) 12.90 %, c) 0.87.

10) En una turbina entra vapor de agua a 30 bar, 400 °C, con una  $C_1 = 160 \text{ m/s}$ . El vapor sale de la turbina saturado a 100 °C y con una  $C_2 = 100 \text{ m/s}$ . Existe una pérdida de calor hacia el medio exterior de 30 kJ/kg. La temperatura superficial media de la turbina es de 400 K. Si  $T_0 = 295 \text{ K}$  y  $P_0 = 1 \text{ bar}$ , calcular:

- El trabajo desarrollado por cada kg de vapor que circula.
- $\Delta ex_u$ .
- Rendimiento exergético.

Representar el diagrama de flujos de exergía.

R: a) 532.6 kJ/kg, b) -150 kJ/kg, c) 0.78.

11) A una cámara de mezcla no aislada, ingresan dos corrientes A y B de agua y sale una corriente M resultante de la mezcla.

Para la corriente A:  $P_A = 1.50 \text{ bar}$ ,  $T_A = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $\dot{m}_A = 136 \text{ kg/min}$

Para la corriente B:  $P_B = 1.50 \text{ bar}$ , vapor saturado.

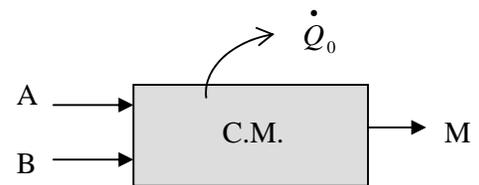
Para la corriente M:  $P_M = 1.50 \text{ bar}$ ,  $T_M = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Pérdidas de calor al medio exterior  $\dot{Q}_0 = -189 \text{ kJ/min}$ .

$T_0 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ . Calcular:

- Caudal masa de B.
- La irreversibilidad del proceso.
- Rendimiento exergético.

Representar el diagrama de flujos de exergía.



R: a) 10.47 kg/min, b) 4992 kJ/min, c) 0.157.

12) En un intercambiador de calor aislado entran 50 kg/s de agua líquida a 0.20 MPa y 90 °C, saliendo a la misma presión y 120 °C. La corriente de agua recibe calor de una corriente de aire caliente que entra al equipo a 680 K y 0.30 MPa y sale a 460 K a la misma presión.

Determinar:

- Cambio de exergía ( $\Delta \dot{E}x$ ) del agua, en kJ/s.
- Cambio de exergía del aire, en kJ/s.
- El cambio de exergía para el proceso global a partir de la generación de entropía, en kJ/s.
- Rendimiento exergético.

La temperatura del los alrededores es  $T_0 = 290 \text{ K}$ .

R: a) 1480, b) -3073, c) -1593, d) 0.48.

13) Un flujo de gas oxígeno entra a una tobera, no aislada, a 3.8 MPa, 387 °C y 10 m/s. A la salida de la tobera las condiciones son 150 kPa, 37 °C y 750 m/s. Si  $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $P_0 = 1 \text{ bar}$ , calcular:

- La transferencia de calor, en kJ/kg, hacia el entorno circundante.
- La destrucción de exergía, en kJ/kg.
- El rendimiento exergético.

Dato:  $c_p \text{ oxígeno} = 0.97 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ .

R: a) -57.23, b) -90.71, c) 0.756

14) A una válvula de estrangulación de un sistema de refrigeración entra R-134a a 1.5 MPa y 50 °C. La válvula se utiliza para crear una presión de salida de 150 kPa. Determine la tasa de destrucción de exergía por unidad de masa de refrigerante. Asuma  $T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

R: -13.9 kJ/kg.

