

1.- Ciclo de Carnot.

$$Q_H = Q_L + W_{\text{neto,sal}}$$

1.1.- Eficiencia de un ciclo de Carnot.

$$\eta_t = \frac{W_{\text{neto,sal}}}{Q_H} \quad \eta_t = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \quad \eta_t = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

1.2.- Eficiencia de un ciclo de Carnot que genera la máxima potencia:

$$\eta_t = 1 - \sqrt{\frac{T_L}{T_H}}$$

2.- Máquinas térmicas.

Refrigerador.

$$COP = \frac{Q_L}{W_{\text{neto,gn}}} \quad COP = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} \quad COP = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

Bomba de calor.

$$COP = \frac{Q_H}{W_{\text{neto,gn}}} \quad COP = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} \quad COP = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

Independientemente de la máquina térmica (Refrigerador o Bomba de Calor).

$$\frac{Q_L}{W_{\text{neto,gn}}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad \frac{Q_H}{W_{\text{neto,gn}}} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

3.- Comparación de eficiencias.

Las eficiencias térmicas de máquinas térmicas reales y reversibles que operan entre los mismos límites de temperatura se comparan de la manera siguiente:

$$\eta_{t,\text{rev}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \eta_t = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$\eta_t < \eta_{t,\text{rev}}$ Máquina térmica irreversible.

$\eta_t = \eta_{t,\text{rev}}$ Máquina térmica reversible.

$\eta_t > \eta_{t,\text{rev}}$ Máquina térmica imposible.

4.- Comparación de Coeficiente de Operación.

Refrigerador.

$$COP_{\text{rev}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad COP = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

Bomba de calor.

$$COP_{\text{rev}} = \frac{T_H}{T_H - T_L} \quad COP = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L}$$

Los coeficientes de funcionamiento de refrigeradores y bombas de calor reales y reversibles (como el de Carnot) que funcionen entre los mismos límites de temperatura pueden compararse como sigue:

$COP < COP_{\text{rev}}$ Refrigerador irreversible.

$COP = COP_{\text{rev}}$ Refrigerador reversible.

$COP > COP_{\text{rev}}$ Refrigerador imposible.

5.- Proceso internamente reversible.

$$\Delta S = \frac{Q}{T_0}$$

Q = Transferencia de calor en el proceso reversible internamente.

T_0 = Temperatura absoluta constante del sistema.

6.- Principio de aumento de entropía.

$S_{\text{gen}} > 0$ Proceso irreversible.

$S_{\text{gen}} = 0$ Proceso reversible.

$S_{\text{gen}} < 0$ Proceso imposible.

7.- Cambio de entropía de sustancias puras.

7.1.- Líquido comprimido y vapor sobrecalentado.

En las regiones del líquido comprimido y de vapor sobrecalentado, los valores se obtienen directamente de las tablas en el estado especificado.

Cuando se carece de datos de líquido comprimido, la entropía del líquido comprimido se calcula por medio de la entropía de líquido saturado a la temperatura dada $s_{@P,T} \cong s_{f@T}$.

7.2.- Mezcla saturada.

En la región de la mezcla saturada, se determina de $s = s_f + x(s_g - s_f)$

Donde x es la calidad y los valores de s_f y s_g se presentan en las tablas de saturación.

7.3.- Durante un proceso.

$$\Delta S = m \Delta s = m(s_2 - s_1)$$

m = Masa.

s_1 = Entropía en el estado inicial.

s_2 = Entropía en el estado final.

7.4.- Proceso isoentrópico.

$$\Delta S = \Delta s = 0$$

7.5.- Proceso adiabático reversible.

$$\Delta S = \Delta s = 0$$

7.6.- Cambio de entropía de sólidos y líquidos.

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \int_1^2 C(T) \frac{dT}{T} \cong C_{\text{pro}} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

7.7.- Cambio de entropía de gases ideales.

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \int_1^2 C_v(T) \frac{dT}{T} + R \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \cong C_{v,\text{pro}} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = \int_1^2 C_v(T) \frac{dT}{T} - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \cong C_{p,\text{pro}} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

7.8.- Proceso isoentrópico de gases ideales.

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)_{s=\text{const}} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} \quad \left(\frac{T_2}{T_1}\right)_{s=\text{const}} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k}$$

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{s=\text{const}} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k$$

7.9.- Requerimientos de entrada de trabajo para tres tipos de procesos.

Isoentrópico ($Pv^k = \text{Constante}$).

$$W_{\text{comp, en}} = \frac{kR(T_2 - T_1)}{k-1} = \frac{kRT_1}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} - 1 \right]$$

Politrópico ($Pv^n = \text{Constante}$)

$$W_{\text{comp, en}} = \frac{nR(T_2 - T_1)}{n-1} = \frac{nRT_1}{n-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(n-1)/n} - 1 \right]$$

Isotérmico ($Pv = \text{Constante}$)

$$W_{\text{comp, en}} = RT \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

8.- Eficiencia isoentrópica de turbinas.

Relación entre la salida de trabajo real de la turbina, y la salida de trabajo que habría alcanzado si el proceso entre el estado de entrada y la presión de salida fuera isoentrópico.

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}}$$

h_1 = Entalpía en el estado de entrada.

h_{2a} = Entalpía en el estado de salida para el proceso real.

h_{2s} = Entalpía en el estado de salida para el proceso isoentrópico.

9.- Eficiencia isoentrópica de Compresores y Bombas.

Relación entre el trabajo de entrada requerido para elevar la presión de un gas a un valor especificado de una manera isoentrópica y el trabajo de entrada real.

$$\eta_C = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1}$$

h_1 = Entalpía en el estado de entrada.

h_{2a} = Entalpía en el estado de salida para el proceso real.

h_{2s} = Entalpía en el estado de salida para el proceso isoentrópico.

10.- Eficiencia isoentrópica de Toberas.

Relación entre la energía cinética real del fluido a la salida de la tobera y el valor de energía cinética a la salida de una tobera isoentrópica para el mismo estado inicial y presión de salida.

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}}$$

h_1 = Entalpía en el estado de entrada.

h_{2a} = Entalpía en el estado de salida para el proceso real.

h_{2s} = Entalpía en el estado de salida para el proceso isoentrópico.

Balance de entropía.

$$S_{\text{entra}} - S_{\text{sale}} + S_{\text{gen}} = \Delta S_{\text{sistema}}$$

11.- Proceso general con flujo estable.

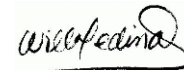
$$\dot{S}_{\text{gen}} = \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e - \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$$

Autor: **MSc. Ing. Williams Medina.**

Teléfono / Whatsapp: **+58-424-9744352**

e-mail: **medinawj@gmail.com**

Twitter: **@medinawj**



El presente formulario está disponible en formato digital en la siguiente dirección:
<https://www.tutoruniversitario.com/>

Puerto La Cruz, abril de 2026.