

Refrigeración y Bombas de calor

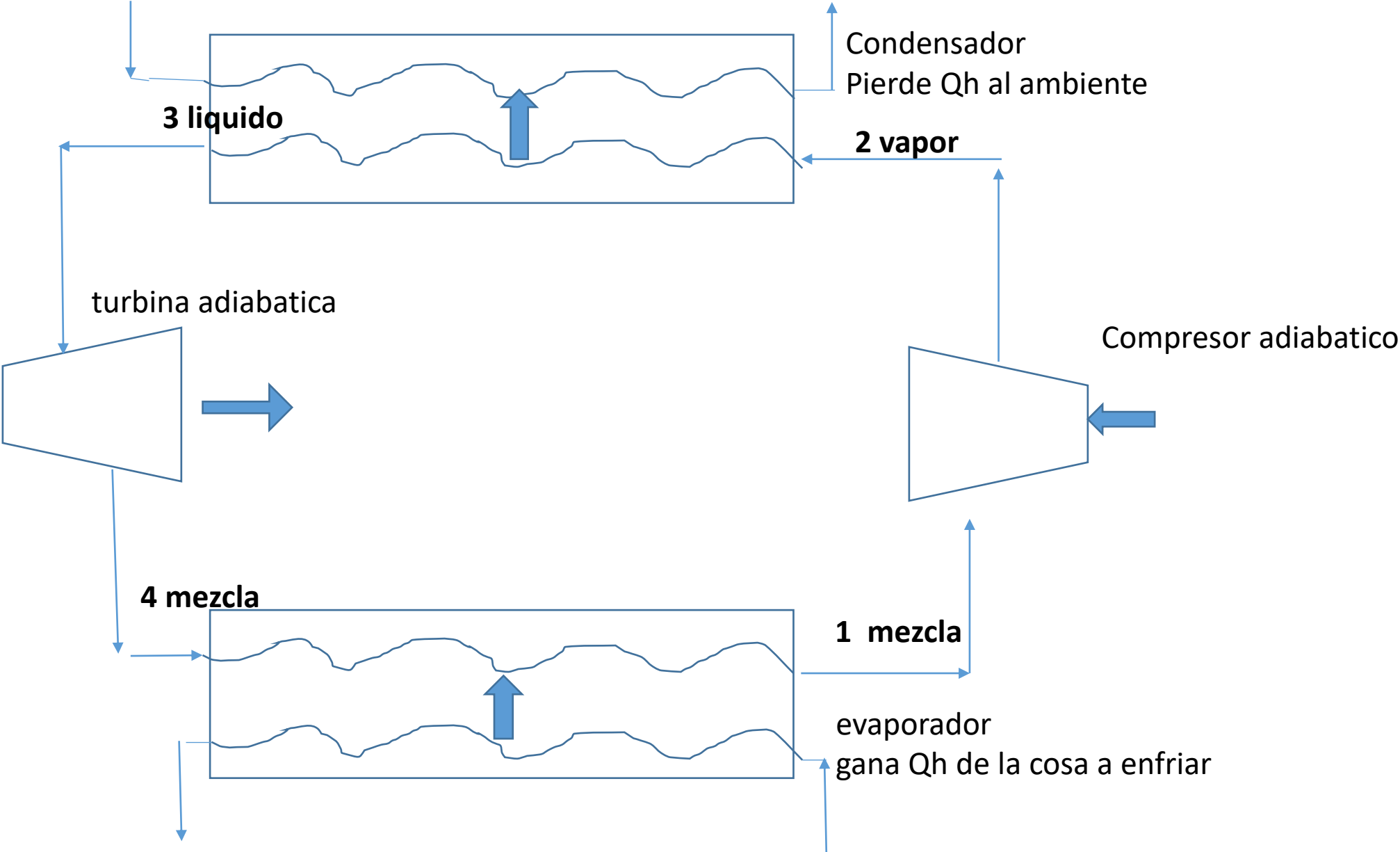
Ciclos por compresión de vapor de Refrigerante (NO agua):
El ciclo teórico es el de Carnot

Ciclos reales

Refrigerantes

Refrigeradores y Bombas de calor tienen los mismos componentes, pero distinto uso.

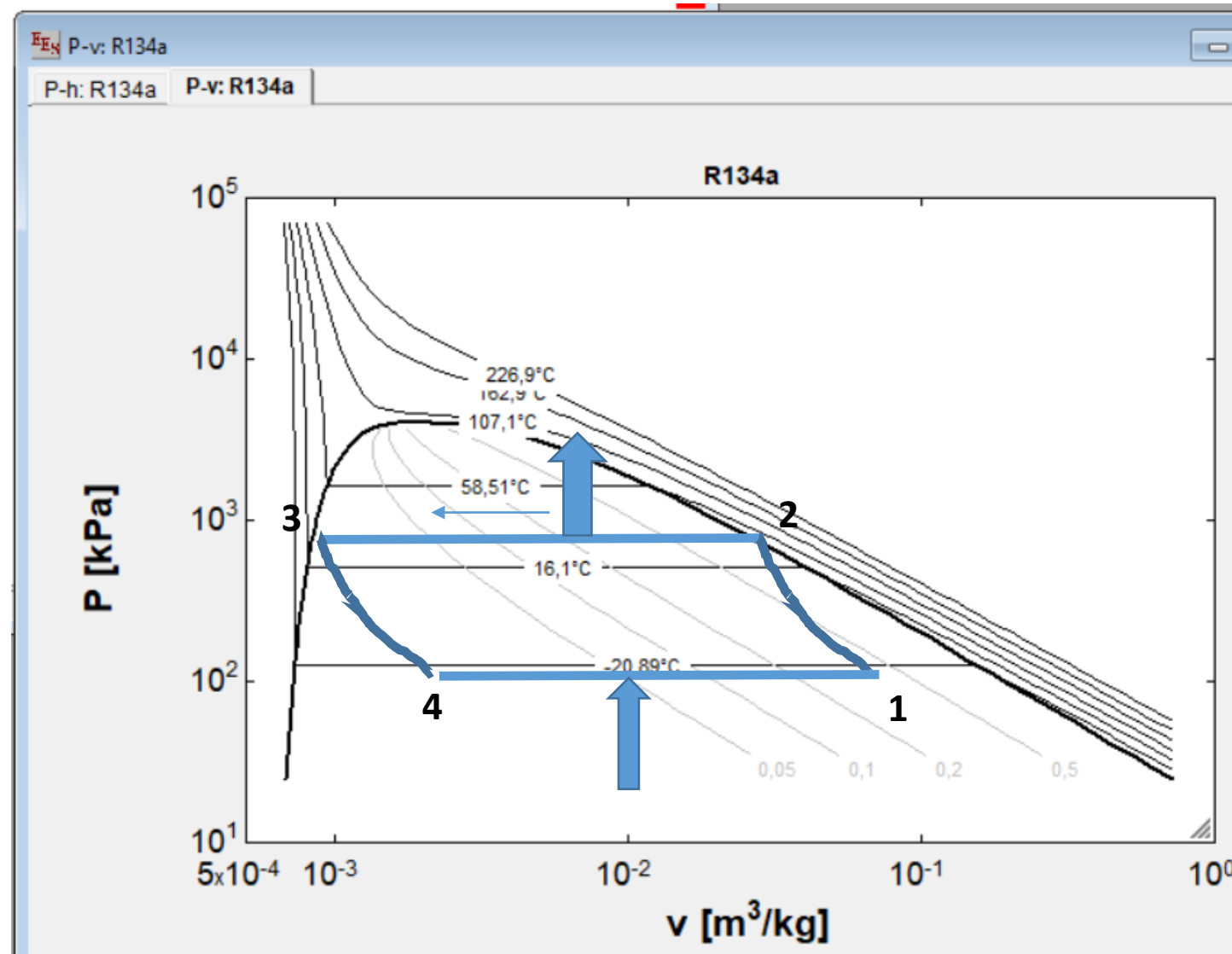
Ciclo de Carnot



Refrigerador o bomba de calor de Carnot

Refrigerante:
R134

Tabla de vapor
del R134



Condensador:

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_3 - h_2) < 0$$

Turbina:

$$\dot{W}_{Turbina} = \dot{m}(h_3 - h_4) > 0$$

Evaporador:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}(h_1 - h_4) > 0$$

Compresor:

$$\dot{W}_{compresor} = \dot{m}(h_1 - h_2) < 0$$

Coeficientes de Rendimiento COP ciclos CARNOT

Refrigerador reversible

$$\beta = COP = \frac{Q_c}{|W_{neto}|} = \frac{\dot{Q}_c}{|\dot{Q}_h| - \dot{Q}_c} = \frac{1}{\frac{|\dot{Q}_h|}{\dot{Q}_c} - 1} = \frac{1}{\frac{T_h}{T_c} - 1} = \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

COP REFRIGERADOR Carnot

Bomba de calor Reversible:

$$\gamma = COP = \frac{|\dot{Q}_h|}{|W_{neto}|} = \frac{|\dot{Q}_h|}{|\dot{Q}_h| - \dot{Q}_c} = \frac{1}{1 - \frac{\dot{Q}_c}{|\dot{Q}_h|}} = \frac{1}{1 - \frac{T_c}{T_h}} = \frac{T_h}{T_h - T_c}$$

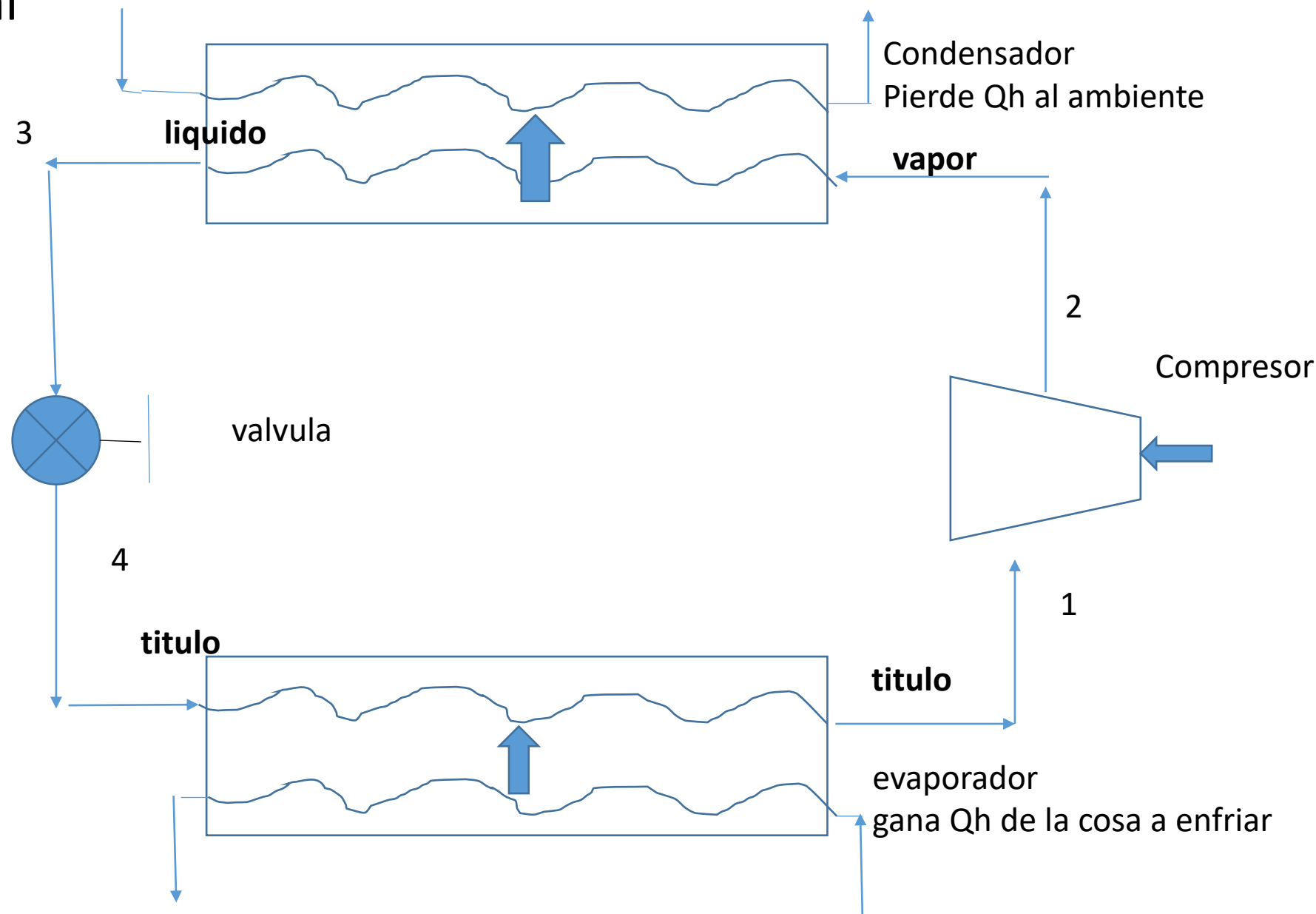
COP BOMBA DE CALOR

Carnot

No tiene sentido la turbina con liquidoj ¿Por qué?

Además la compresión debe ser seca sin titulo ¿Porque?

Ciclo Real



$$\beta = COP = \frac{Q_c}{|W_{Compresor}|} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

COP REFRIGERADOR REAL

$$\gamma = COP = \frac{|Q_H|}{|W_{Compresor}|} = \frac{\dot{m}(h_2 - h_3)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_2 - h_3)}{(h_2 - h_1)}$$

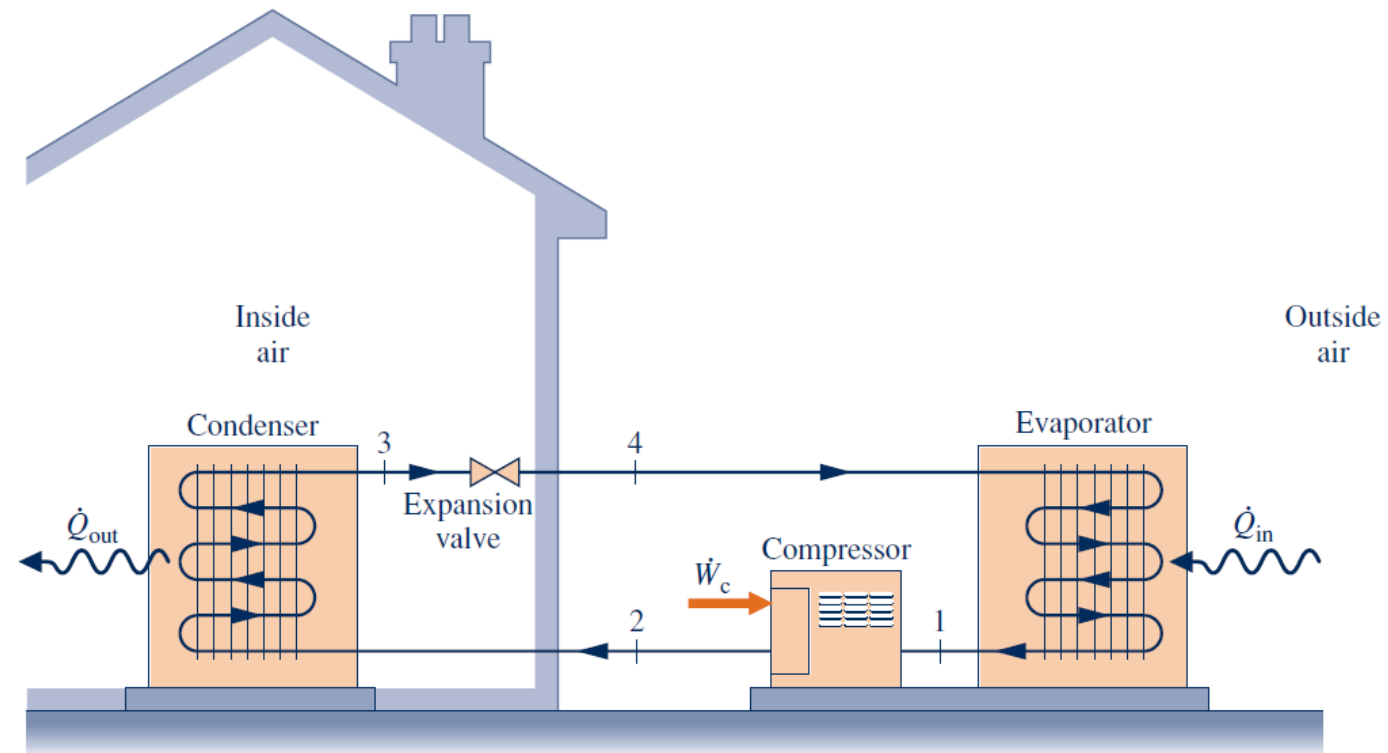
COP BOMBA DE CALOR REAL

$$h_2 = h_1 + (h_{2\,ISO} - h_1)/\eta_{ISO\,compresor}$$

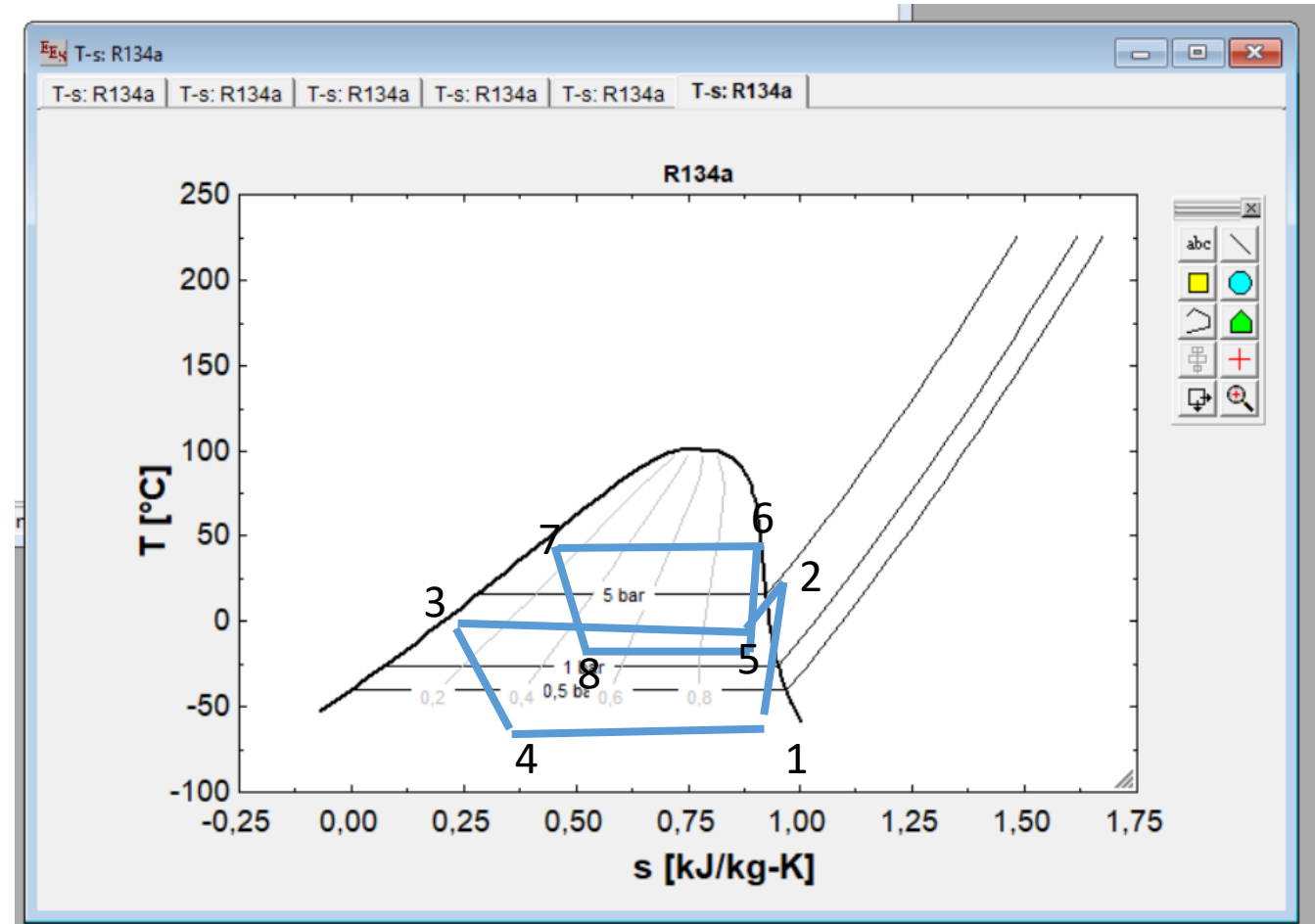
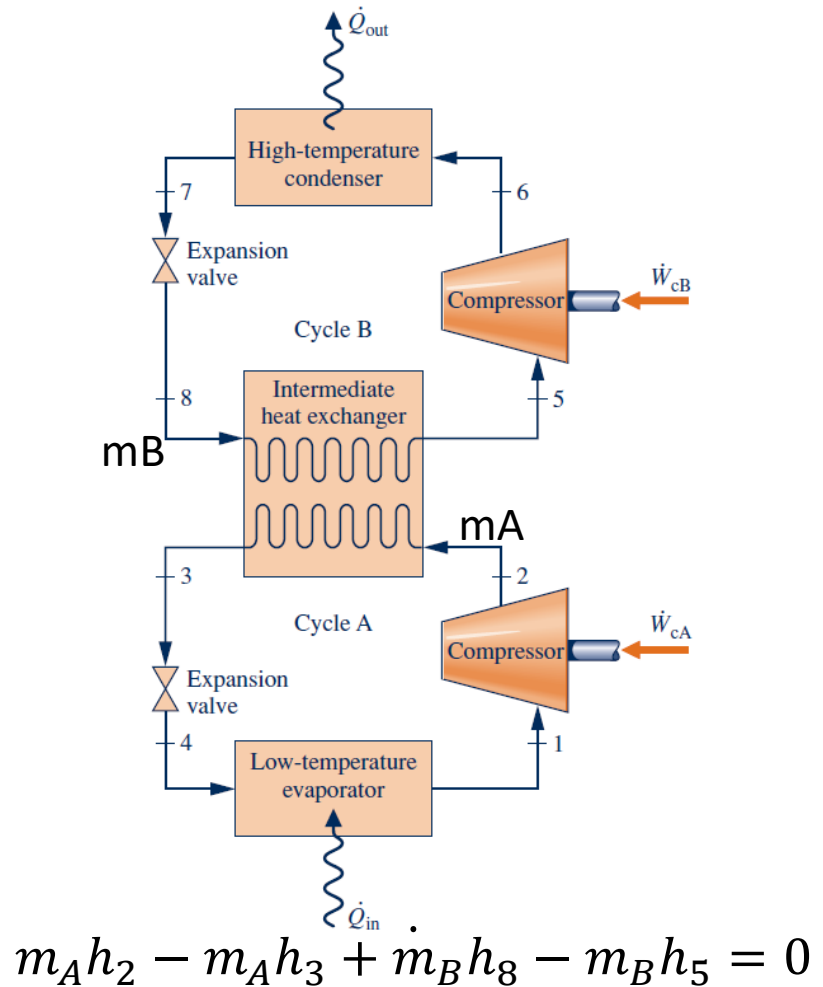
h_1 saturado y h_3 saturado (No siempre)

$$h_3 = h_4 \quad \text{Valvula}$$

Bomba de calor



Ciclos en cascada



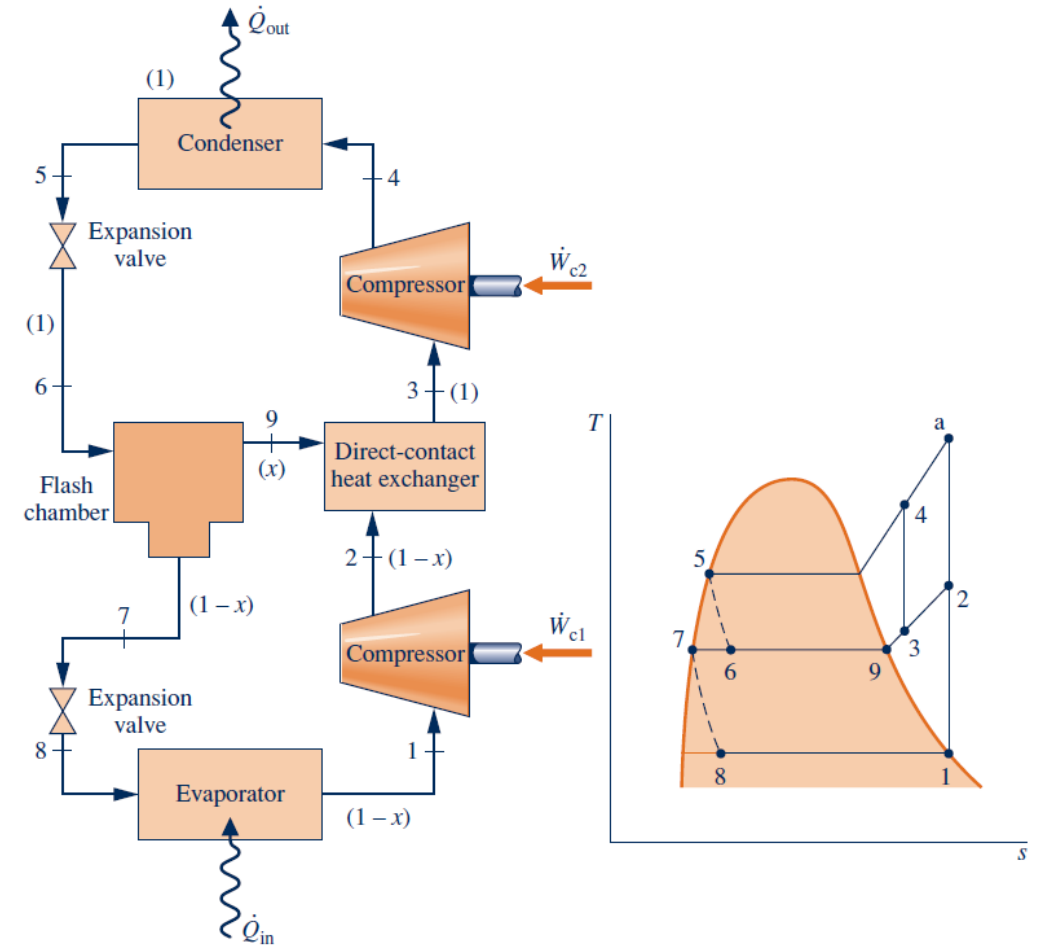
$$\beta = COP = \frac{Q_c}{|W_{Compresor}|} = \frac{\dot{m}_A(h_1 - h_4)}{\dot{m}_A(h_2 - h_1) + \dot{m}_B(h_6 - h_5)}$$

Ciclo con cámara flash e intercambiador abierto

$$P_2 = P_3 = P_9 = P_6 = P_7$$

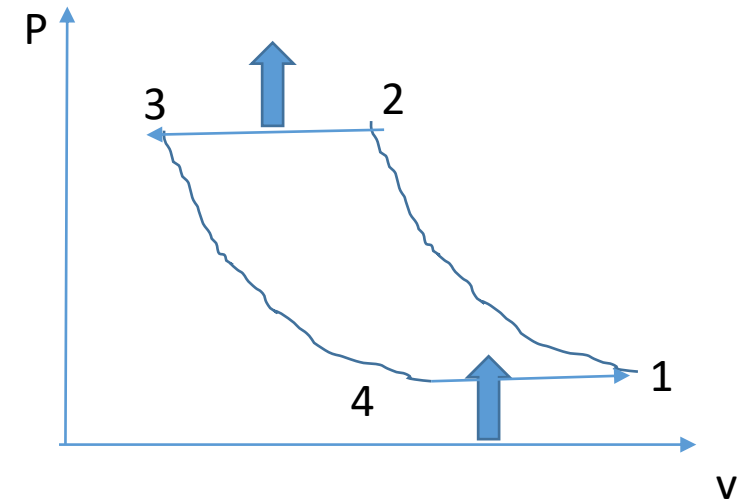
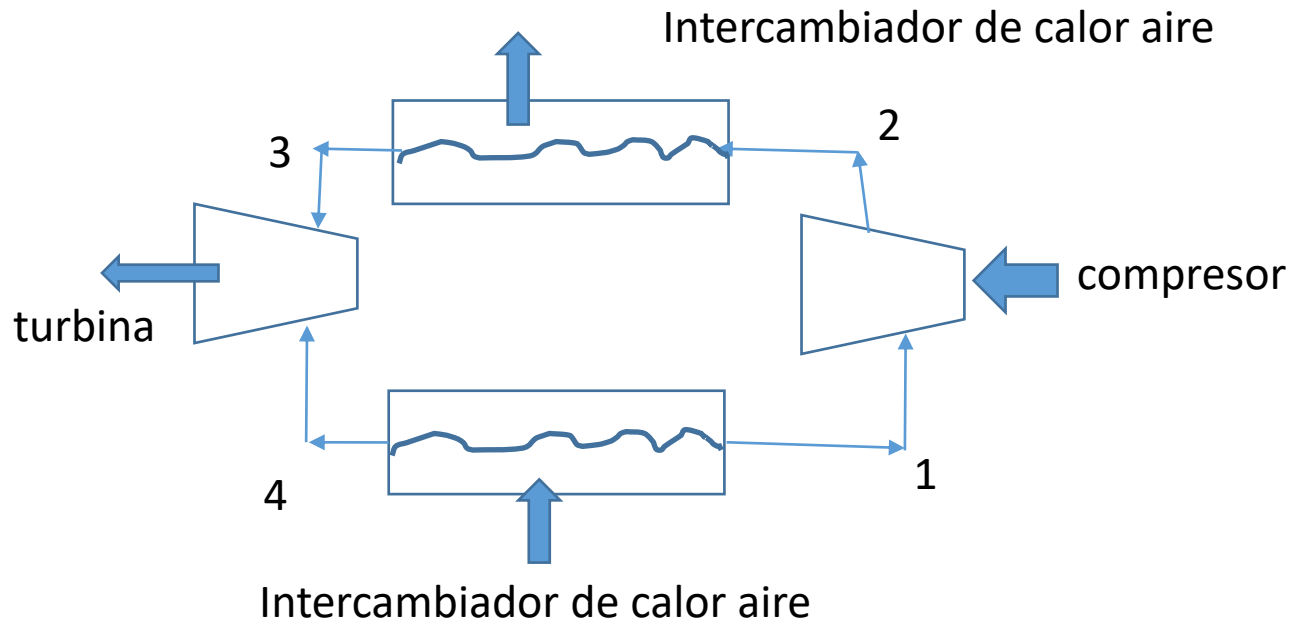
$$xh_9 - h_3 + (1-x)h_2 = 0 \text{ aquí } x \text{ es la fracción del flujo}$$

$$h_6 - xh_9 - (1-x)h_7 = 0 \text{ aquí } x \text{ es la fracción de flujo}$$

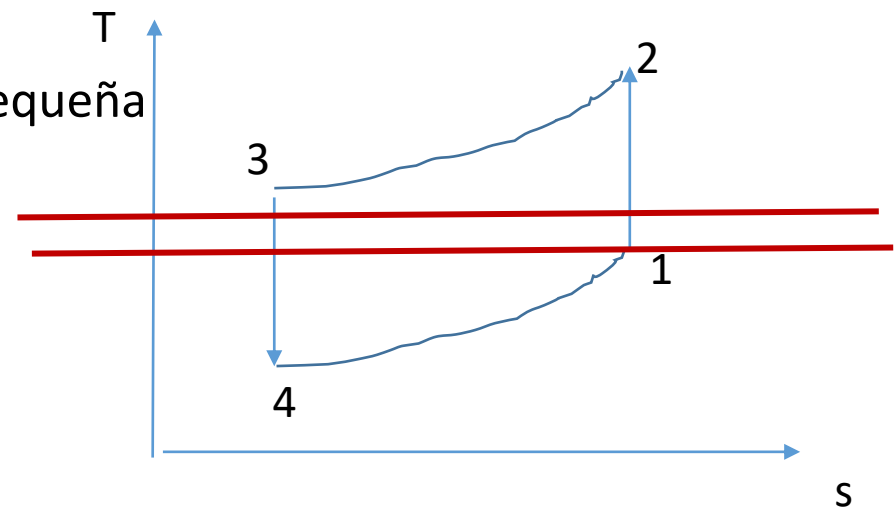


$$\beta = COP = \frac{Q_c}{|W_{Compresor}|} = \frac{(1-x)(h_1 - h_8)}{(1-x)(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)} \text{ aquí } x \text{ es la fracción del flujo}$$

Ciclo Brayton de refrigeración de aire (aviones por ejemplo por seguridad)



Diferencia de temperatura pequeña



Razón de compresión del ciclo:

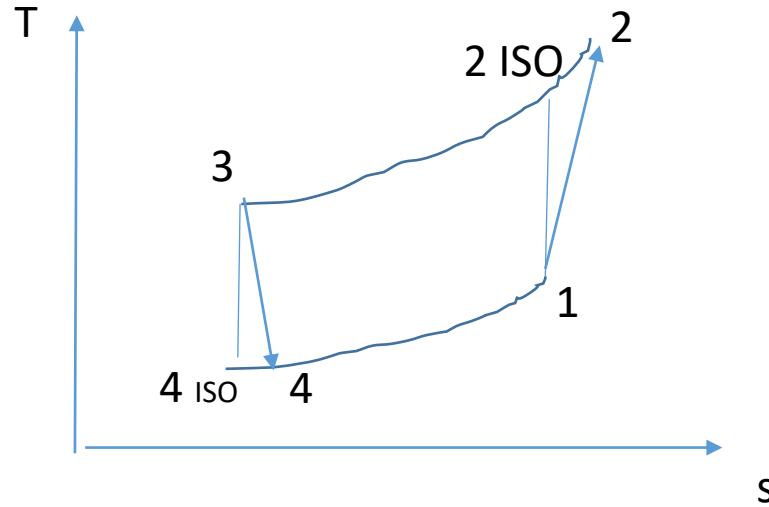
$$R_C = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_3}{P_4}$$

Irreversibilidades

$$u = C_v T \quad h = C_p T \quad p v = R T \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{7}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 1.4$$

turbina

$$T_4 = T_3 - \eta(T_3 - T_{4 ISO})$$



$$w = \frac{\dot{W}_{helice}}{\dot{m}} = \frac{\gamma R T_1}{1 - \gamma} \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1 \right) < 0$$

compresor:

$$\eta_{comp} = \frac{h_{2 ISO} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{T_{2 ISO} - T_1}{T_2 - T_1}$$

$$P_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_{2 ISO}^\gamma$$

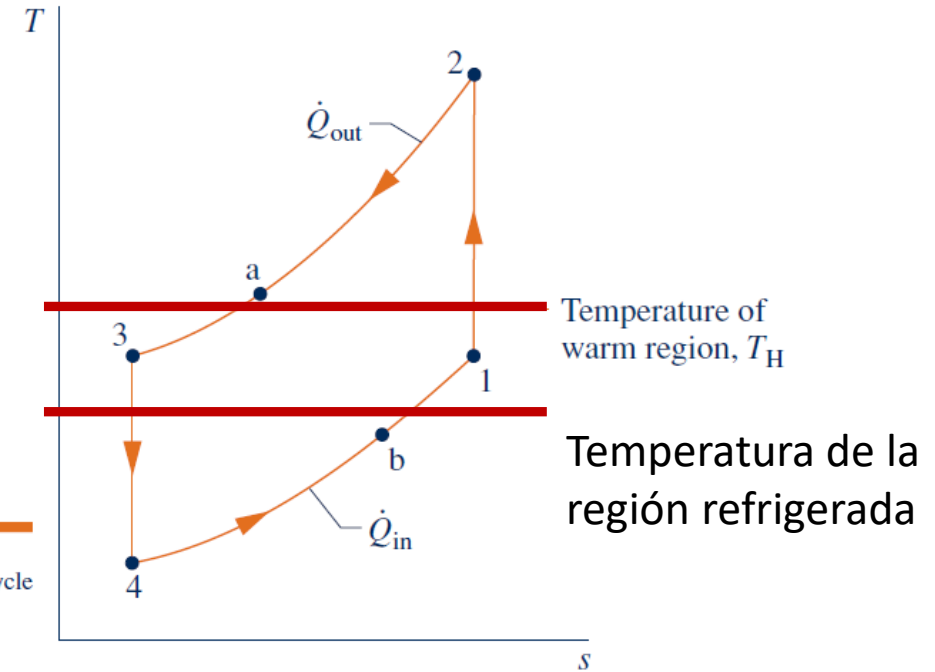
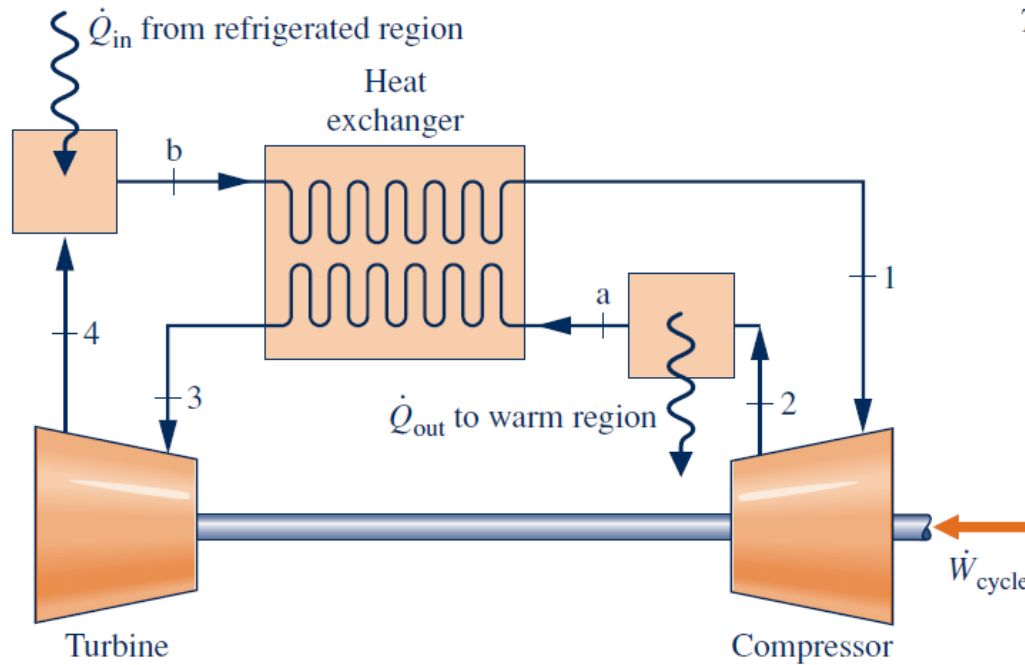
$$\Delta s = C_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{(T_{2 ISO} - T_1)}{\eta}$$

$$P_1^{1-\gamma} T_{4 ISO}^\gamma = P_2^{1-\gamma} T_3^\gamma$$

$$\beta = COP = \frac{Q_c}{W_{Neto}} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1) - (h_3 - h_4)}$$

Brayton modificado



$$T_b - T_1 + T_a - T_3 = 0$$

Ciclo refrigeración por absorción de calor

NH₃ (amoniaco) refrigerante y agua como medio de transporte en vez de **Compresión de vapor**

NH₃ producido es inverso a la TEMPERATURA, por lo que se debe mantener baja: regenerador

