

UNIDAD 12 - B

CICLO FRIGORÍFICO

BIBLIOGRAFÍA:

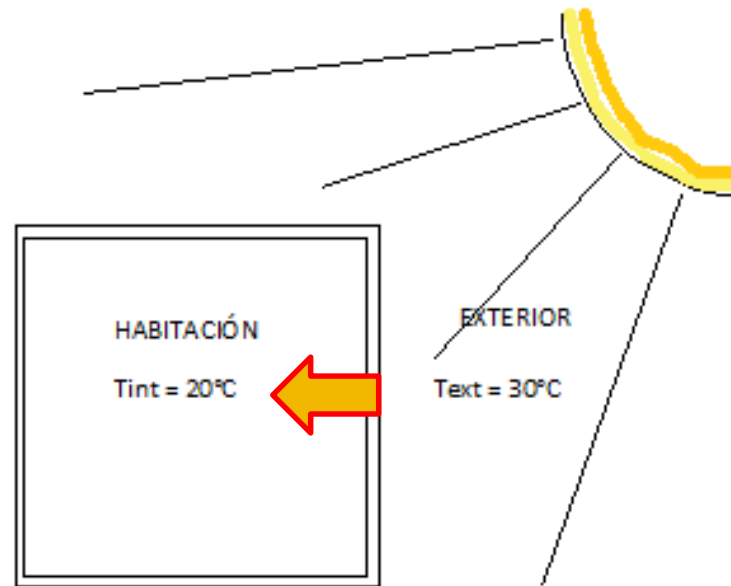
- Guía de Estudio ;
- Cengel, Yunus A. ; Boles, Michael A. "Termodinámica"; 5° Edic.; Edit. Mc Graw Hill; 2006

CICLO FRIGORÍFICO

12.B. Ciclos Frigoríficos. . Ciclos de refrigeración o ciclos frigoríficos. Concepto de maquina frigorífica y de bomba de calor. Ciclo inverso de Carnot. Ciclos a compresión de vapor. Dos fríos. Irreversibilidades. Selección del refrigerante. Mejoras para aumentar la eficiencia. Doble compresión con refrigeración intermedia, subenfriamiento del líquido, reinyección. Casos de aplicación. Sistemas de refrigeración por absorción.



EL CALOR FLUYE ESPONTÁNEAMENTE DESDE LA TEMPERATURA MAYOR HACIA LA TEMPERATURA MENOR



Si se desea que el calor fluya en sentido inverso:

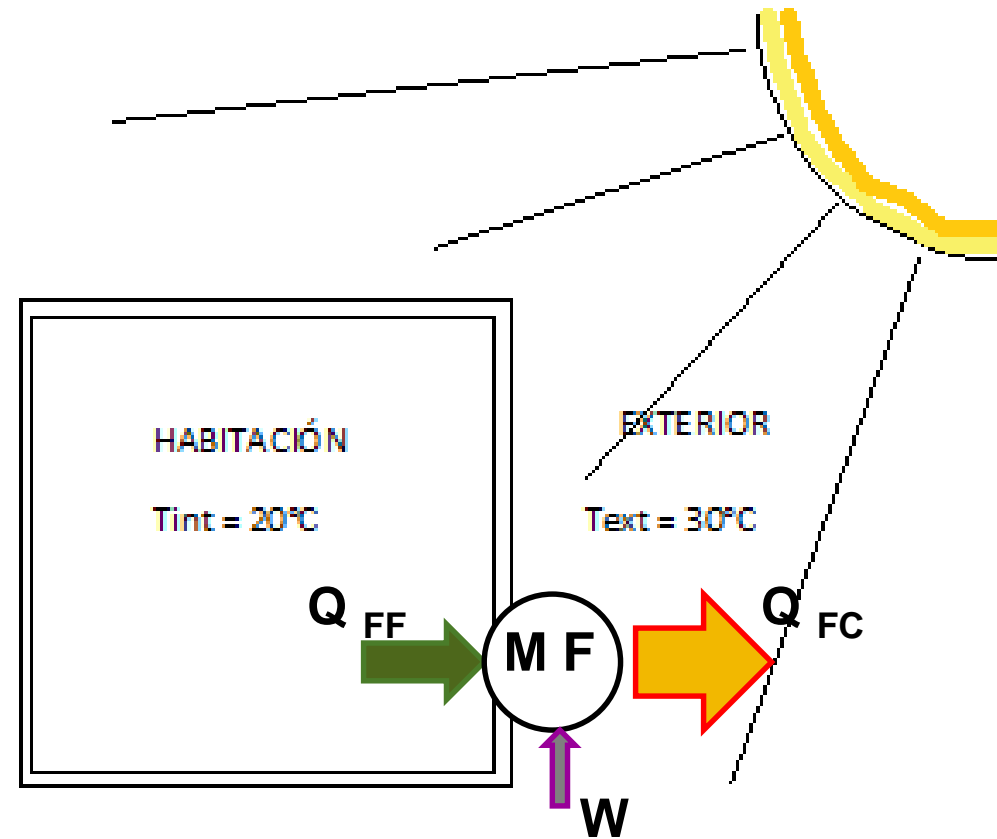
Enunciado de Clausius del Segundo Principio de la Termodinámica

“Es imposible construir un dispositivo que funcione según un ciclo y no produzca otro efecto que el paso de calor de un cuerpo a otro más caliente”.



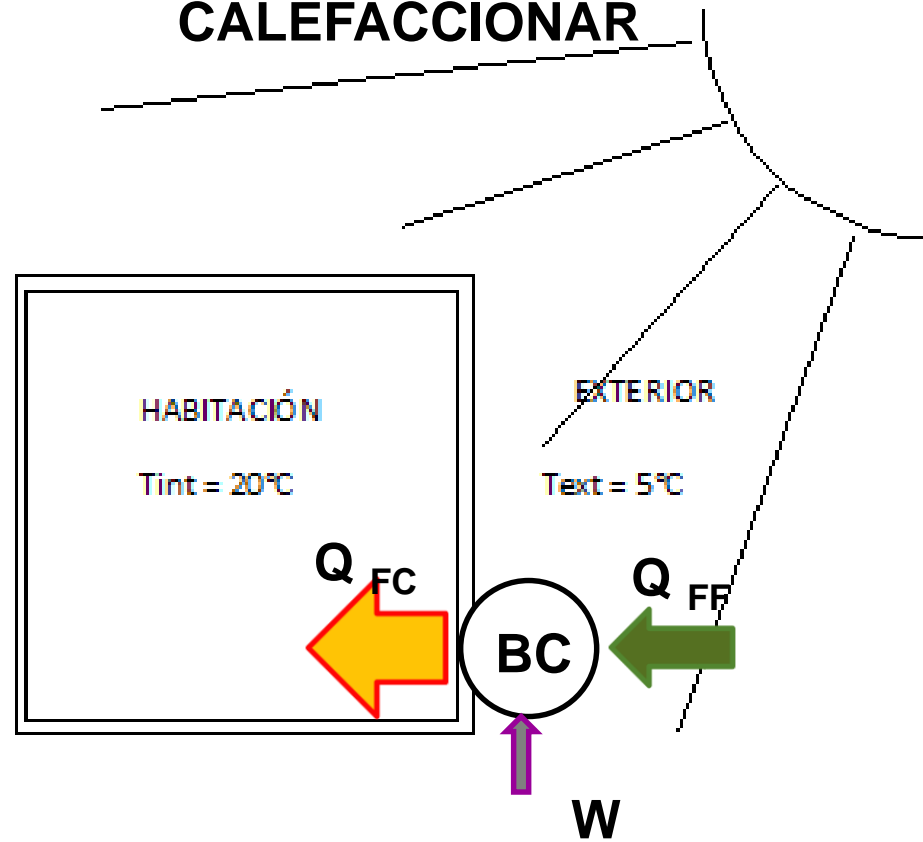
MÁQUINA FRIGORÍFICA

PARA REFRIGERAR

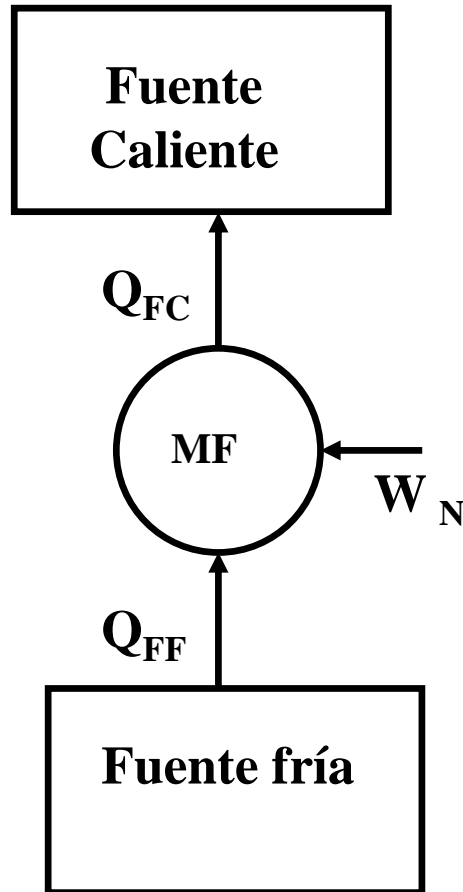


BOMBA DE CALOR

PARA
CALEFACCIONAR



CICLO FRIGORÍFICO



$$\text{COP}_{MF} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía consumida}} = \frac{Q_{FF}}{W_N} = \frac{Q_{FF}}{|Q_{FC}| - Q_{FF}}$$

$$\text{COP}_{BC} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía consumida}} = \frac{Q_{FC}}{W_N} = \frac{|Q_{FC}|}{|Q_{FC}| - Q_{FF}}$$

(NO SE LLAMAN “RENDIMIENTOS” PORQUE SON >1)

RELACIÓN ENTRE COP_{BC} Y COP_{MF}

$$COP_{BC} = Q_{FC} / (Q_{FC} - Q_{FF}) \quad (1)$$

$$COP_{MF} = Q_{FF} / (Q_{FC} - Q_{FF}) \quad (2)$$

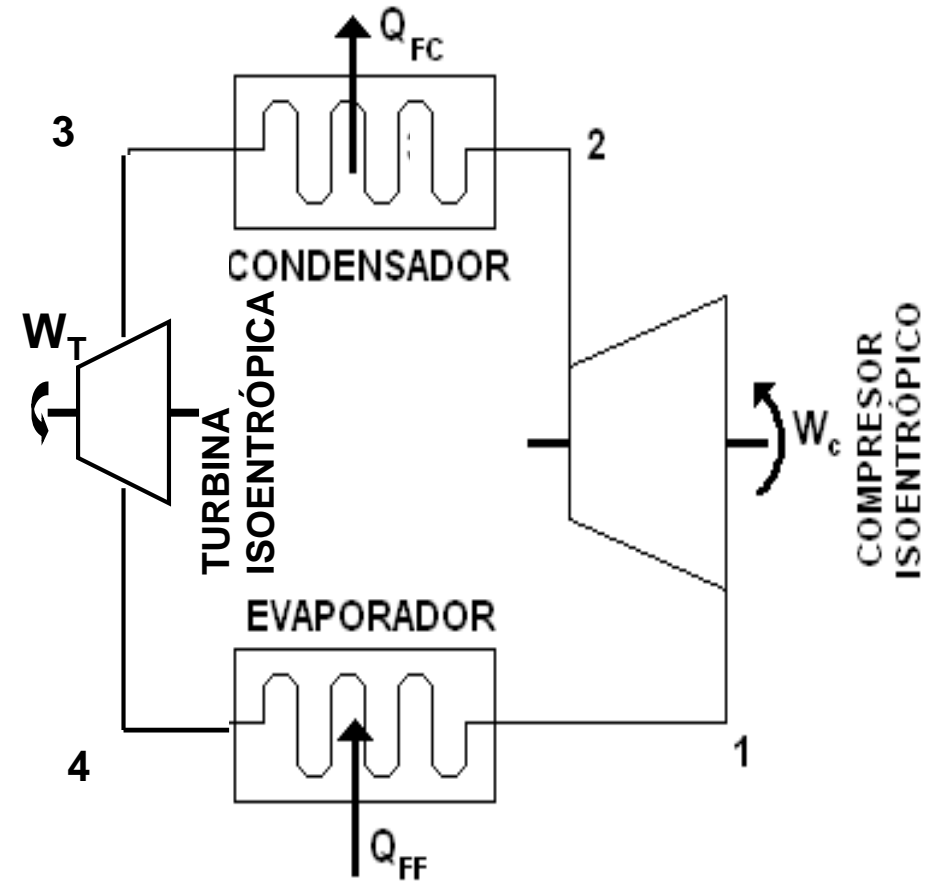
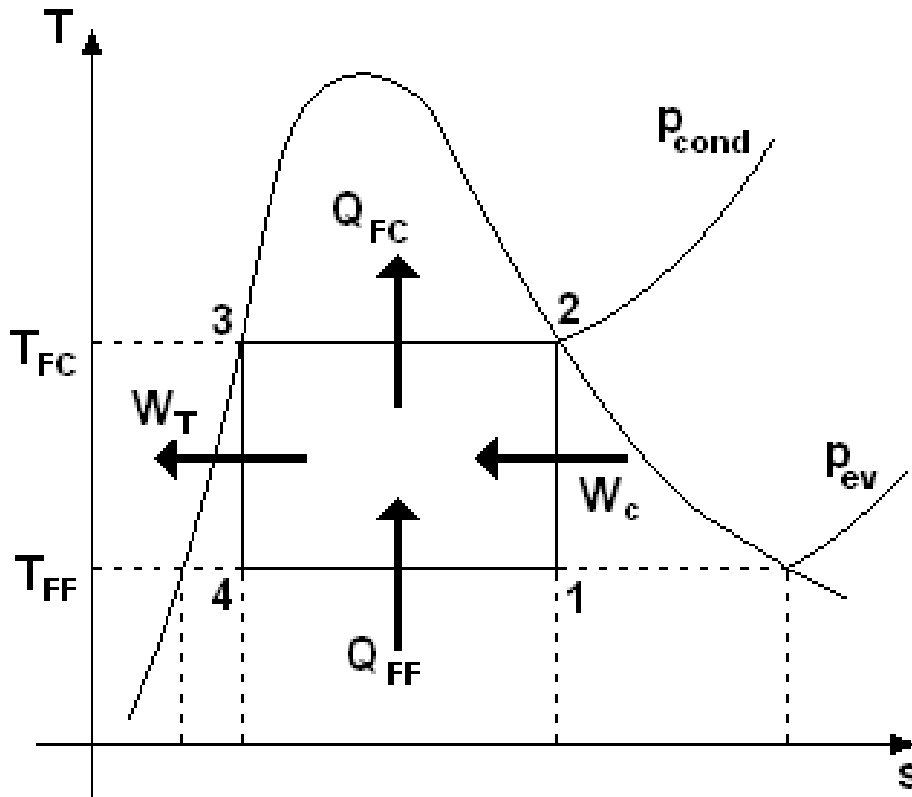
$$COP_{BC} = 1 / (1 - Q_{FF} / Q_{FC}) \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{De (1)} \quad Q_{FC} - Q_{FF} = Q_{FC} / COP_{BC} \\ \text{De (2)} \quad Q_{FC} - Q_{FF} = Q_{FF} / COP_{MF} \end{array} \right\} Q_{FC} / COP_{BC} = Q_{FF} / COP_{MF} \quad ; \quad Q_{FF} / Q_{FC} = COP_{MF} / COP_{BC} \quad (4)$$

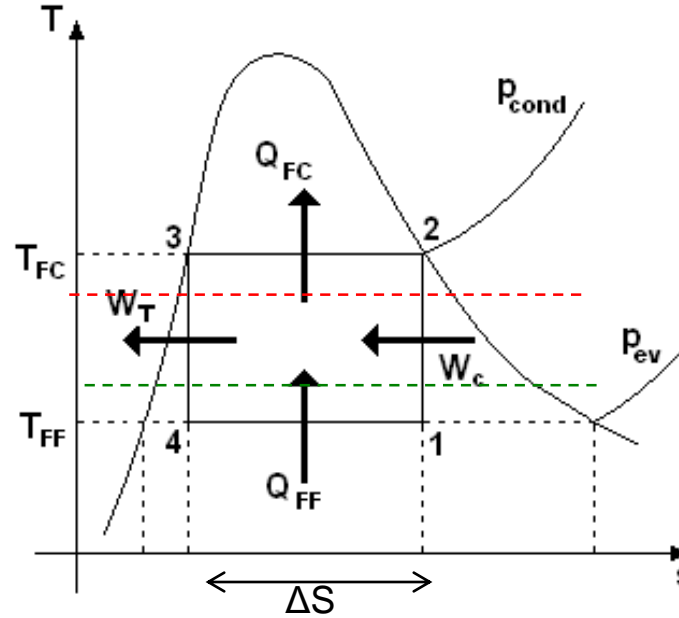
$$\text{Reempl (4) en (3)} \quad COP_{BC} = 1 / (1 - COP_{MF} / COP_{BC}) = COP_{BC} / (COP_{BC} - COP_{MF})$$

$$COP_{BC} - COP_{MF} = 1$$

CICLO INVERSO DE CARNOT : MÁXIMA EFICIENCIA



CICLO INVERSO DE CARNOT



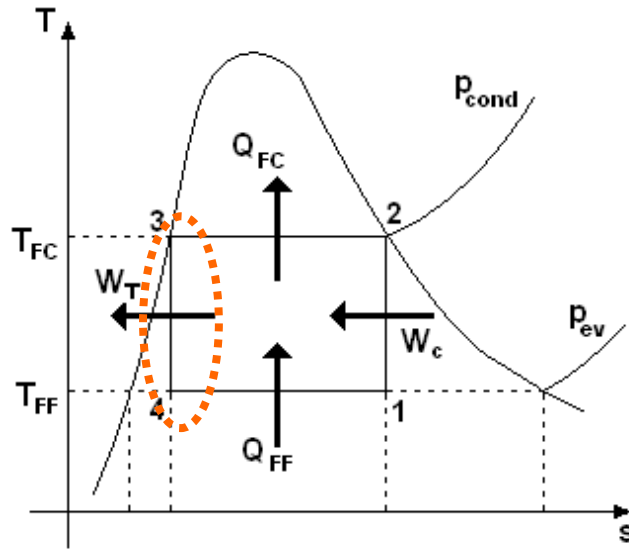
$$COP_{MFCarnot} = \frac{Q_{FF}}{|Q_{FC}| - Q_{FF}} = \frac{\Delta S T_{FF}}{\Delta S T_{FC} - \Delta S T_{FF}} = \frac{T_{FF}}{T_{FC} - T_{FF}}$$

$$COP_{BCCarnot} = \frac{|Q_{FC}|}{|Q_{FC}| - Q_{FF}} = \frac{\Delta S T_{FC}}{\Delta S T_{FC} - \Delta S T_{FF}} = \frac{T_{FC}}{T_{FC} - T_{FF}}$$

EJ: Si $T_{FF}=0^{\circ}\text{C}=273^{\circ}\text{K}$ Y $T_{FC}=30^{\circ}\text{C}=303^{\circ}\text{K}$; $COP_{MFC}=9,1$; $CPF_{BCC}=10,1$

CUANTO MENOR SEA ($T_{FC} - T_{FF}$) MAYOR COP !!!

DIFICULTADES PARA MATERIALIZAR EL CICLO INVERSO DE CARNOT EN UNA MÁQUINA REAL



EXPANSIÓN ISOENTRÓPICA DE VAPOR HÚMEDO:

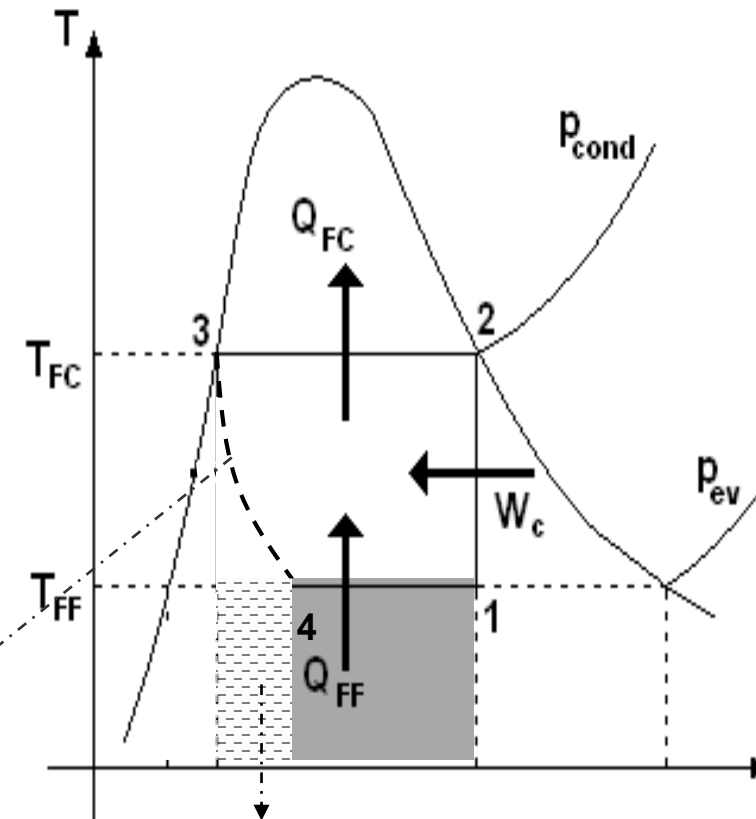
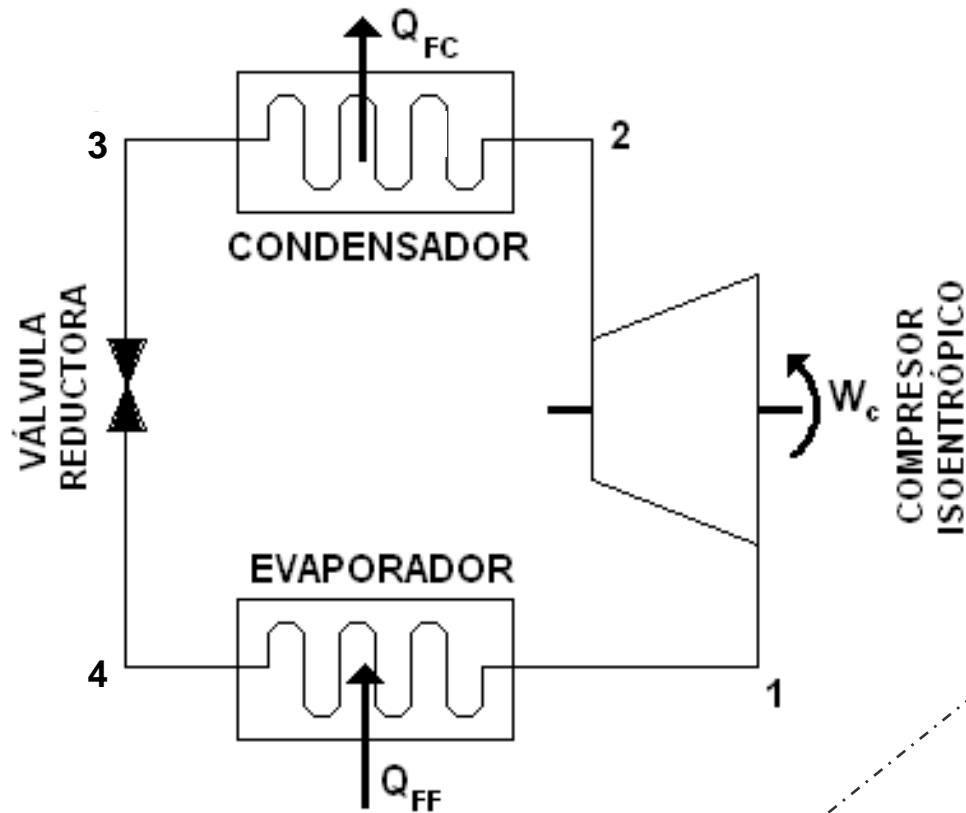
- EXPANSIÓN CON ALTO PORCENTAJE DE HUMEDAD
- W_T ES PEQUEÑO FRENTE A LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN DE LA TUBINA

PARA DISMINUIR LA PRESIÓN DESDE P_{COND} HASTA P_{EV} SIMPLEMENTE SE COLOCA UN DISPOSITIVO QUE GENERE PÉRDIDA DE CARGA:



VÁLVULA REDUCTORA O TUBO CAPILAR

CICLO FRIGORÍFICO A COMPRESIÓN DE VAPOR EN RÉGIMEN HÚMEDO

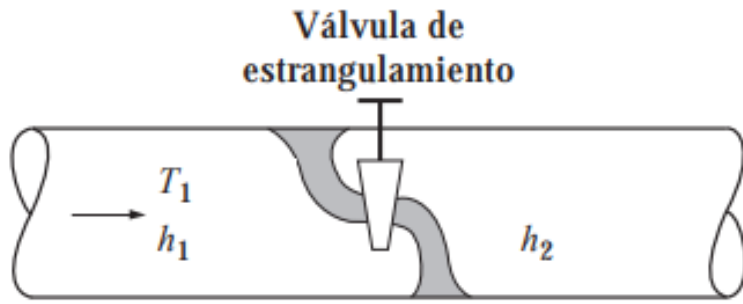


$h_3 = h_4$ (válvula)
IRREVERSIBLE!!

Disminución en Q_{FF}
respecto de Carnot

$<COP$

RECORDANDO: Coeficiente de Joule-Thomson



$$h_1 = h_2$$

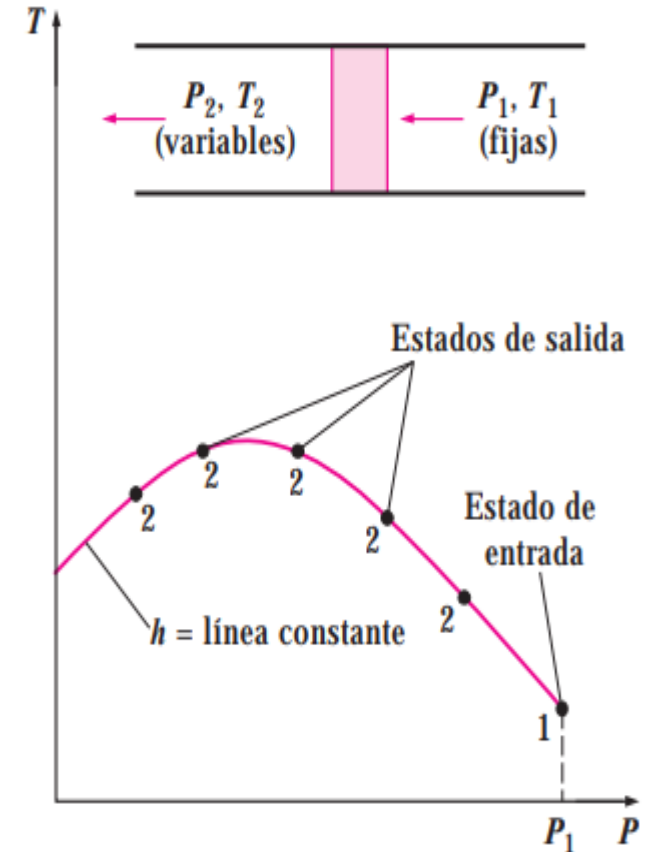
$$u_1 + P_1 v_1 = u_2 + P_2 v_2 \quad T_2 \begin{cases} < T_1 \\ > T_1 \\ = T_1 \end{cases}$$

El comportamiento de la temperatura de un fluido durante un proceso de estrangulamiento (h constante) está descrito por el coeficiente de Joule-Thomson

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h$$

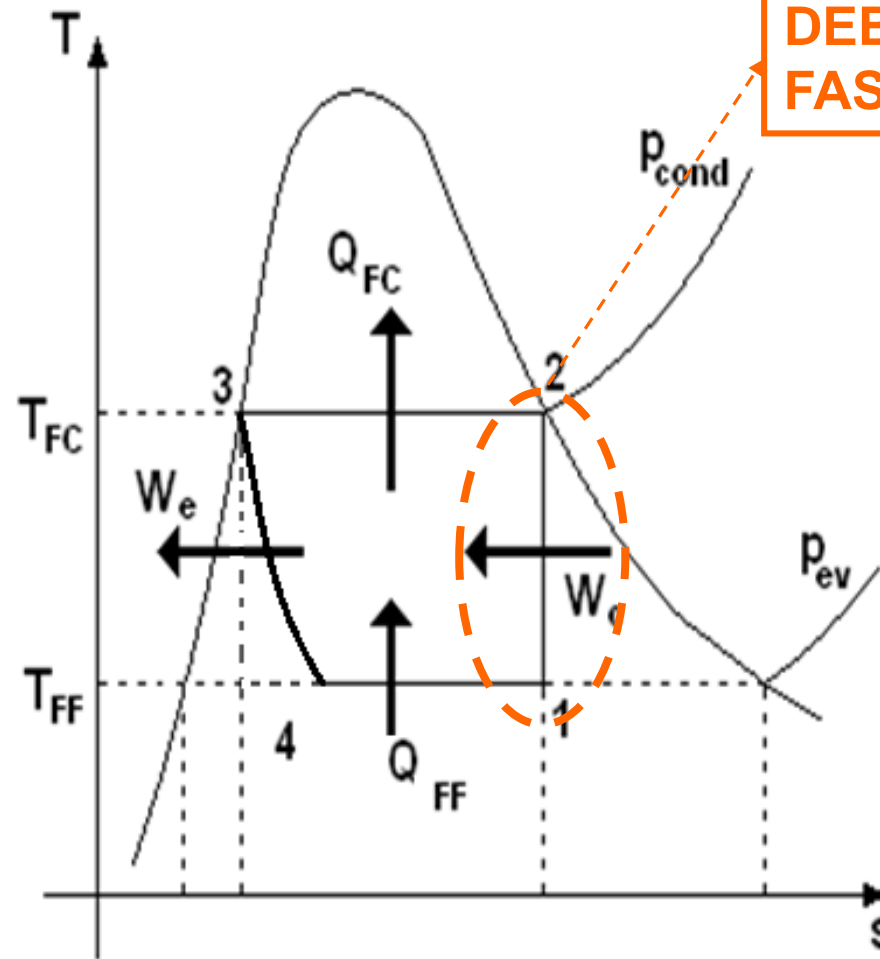
$$\mu_{JT} \begin{cases} < 0 & \text{la temperatura aumenta} \\ = 0 & \text{la temperatura permanece constante} \\ > 0 & \text{la temperatura disminuye} \end{cases}$$

(En cada curva de $h=\text{cte}$, se va cambiando el tapón poroso, pero se mantienen las condiciones de entrada)



El coeficiente de Joule-Thomson es una medida del cambio en la temperatura con la presión durante un proceso de entalpía constante, o sea, representa la pendiente de las líneas h constante en un diagrama $T - P$. Los fluidos frigorígenos trabajan en la zona en que $\mu_{JT} > 0$

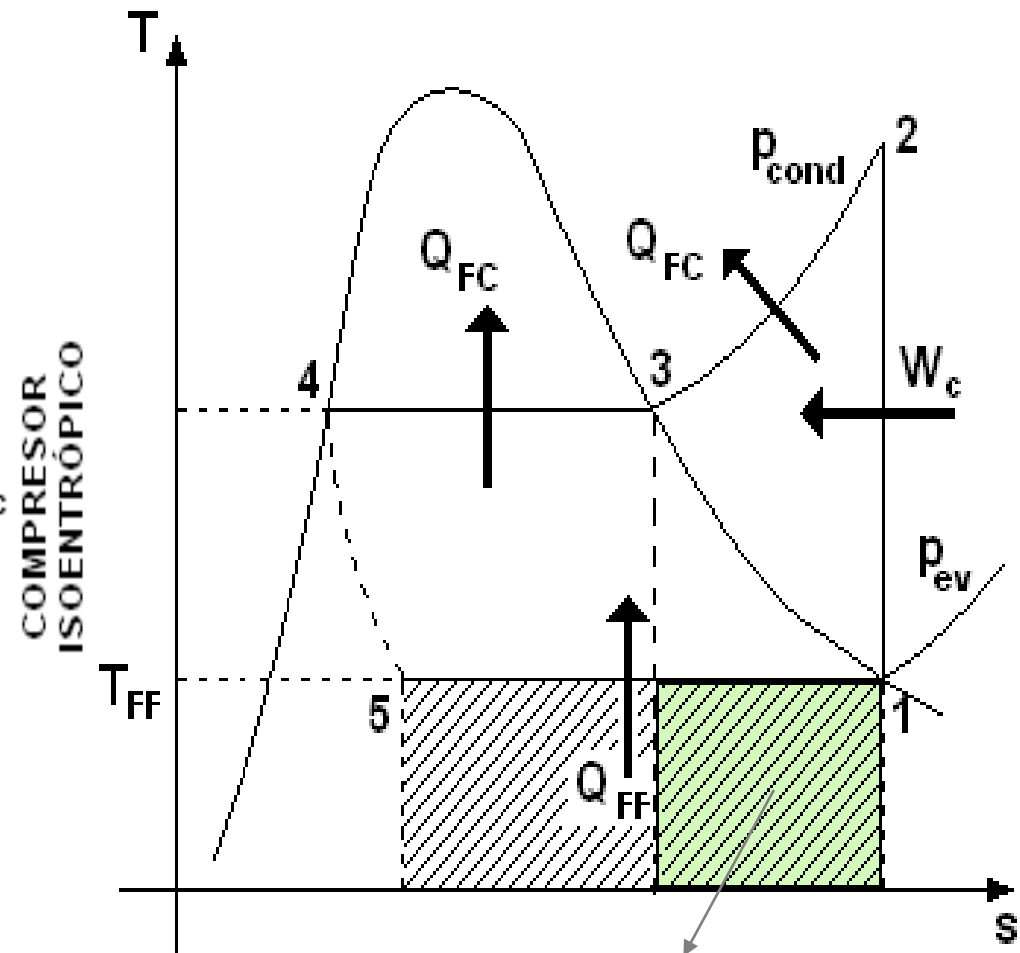
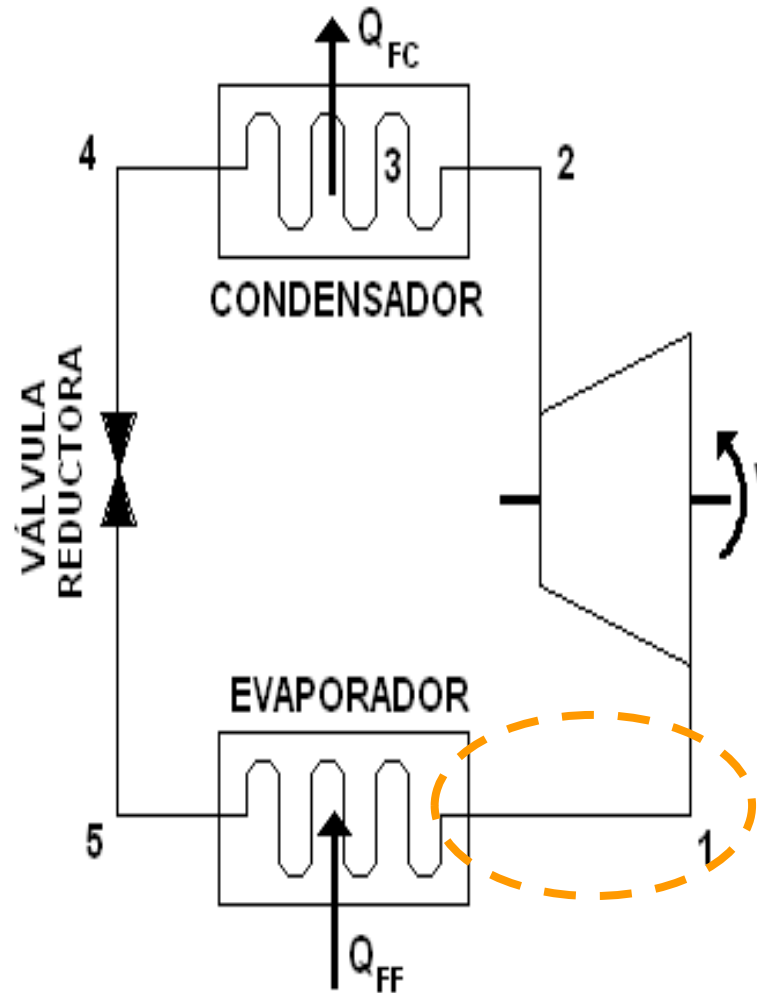
CICLO FRIGORÍFICO A COMPRESIÓN DE VAPOR EN RÉGIMEN HÚMEDO



INCONVENIENTE:
EL COMPRESOR
DEBE MANEJAR DOS
FASES...

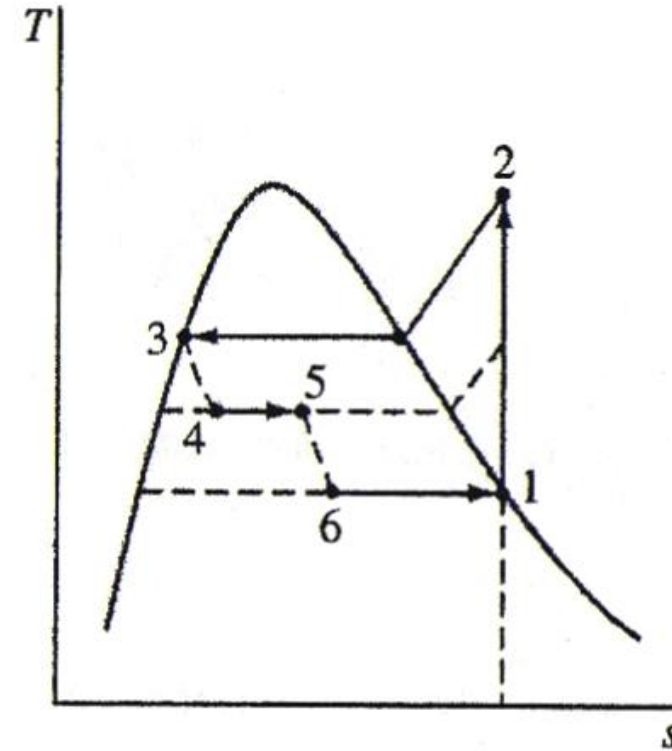
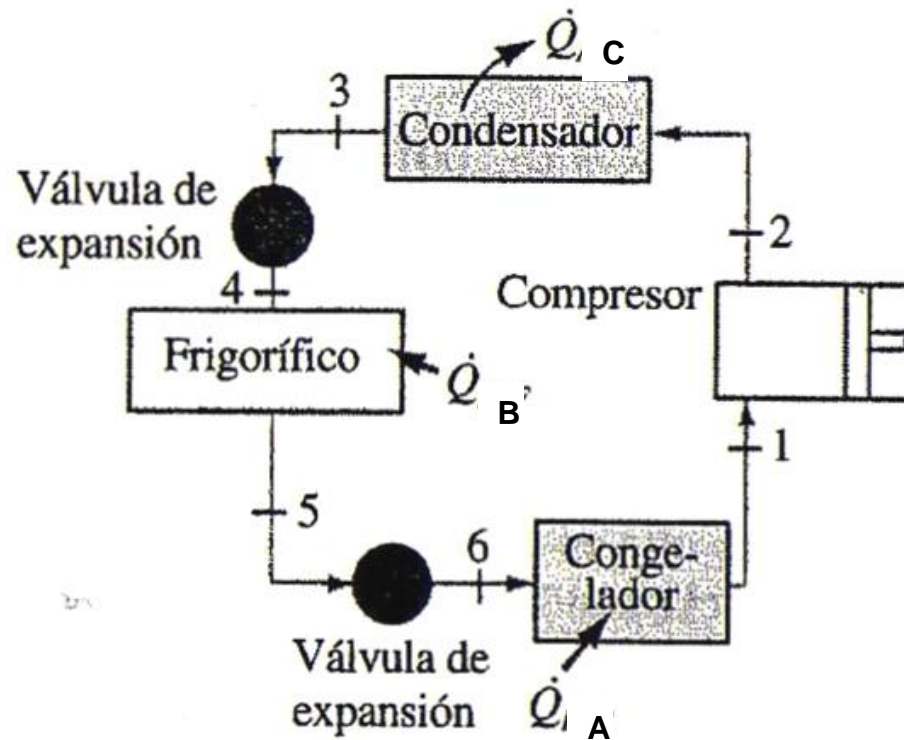


CICLO FRIGORÍFICO A COMPRESIÓN DE VAPOR EN RÉGIMEN SECO

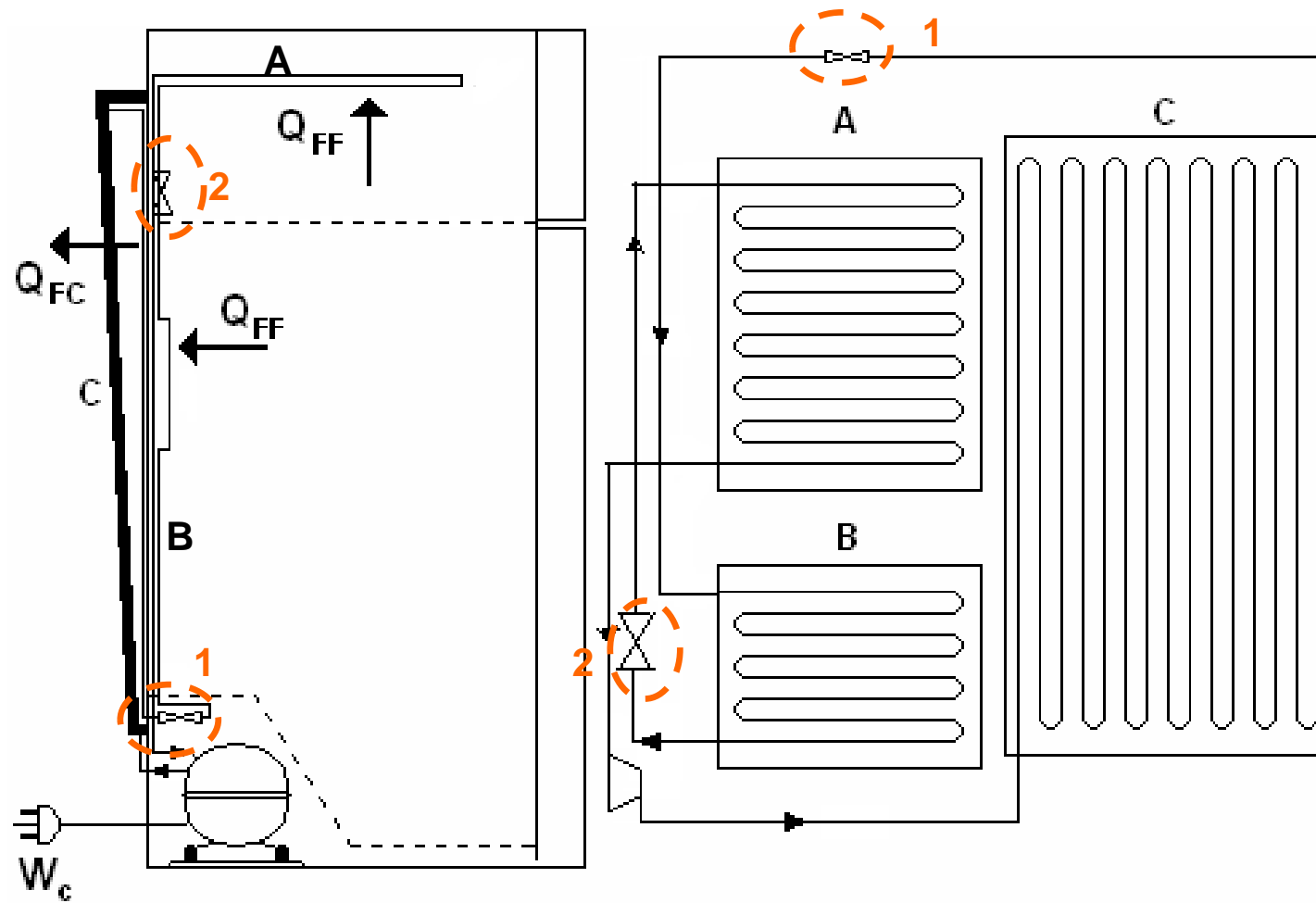


$$COP_{Rseco} < COP_{Rhmedo}$$

CICLO CON DOS FRÍOS

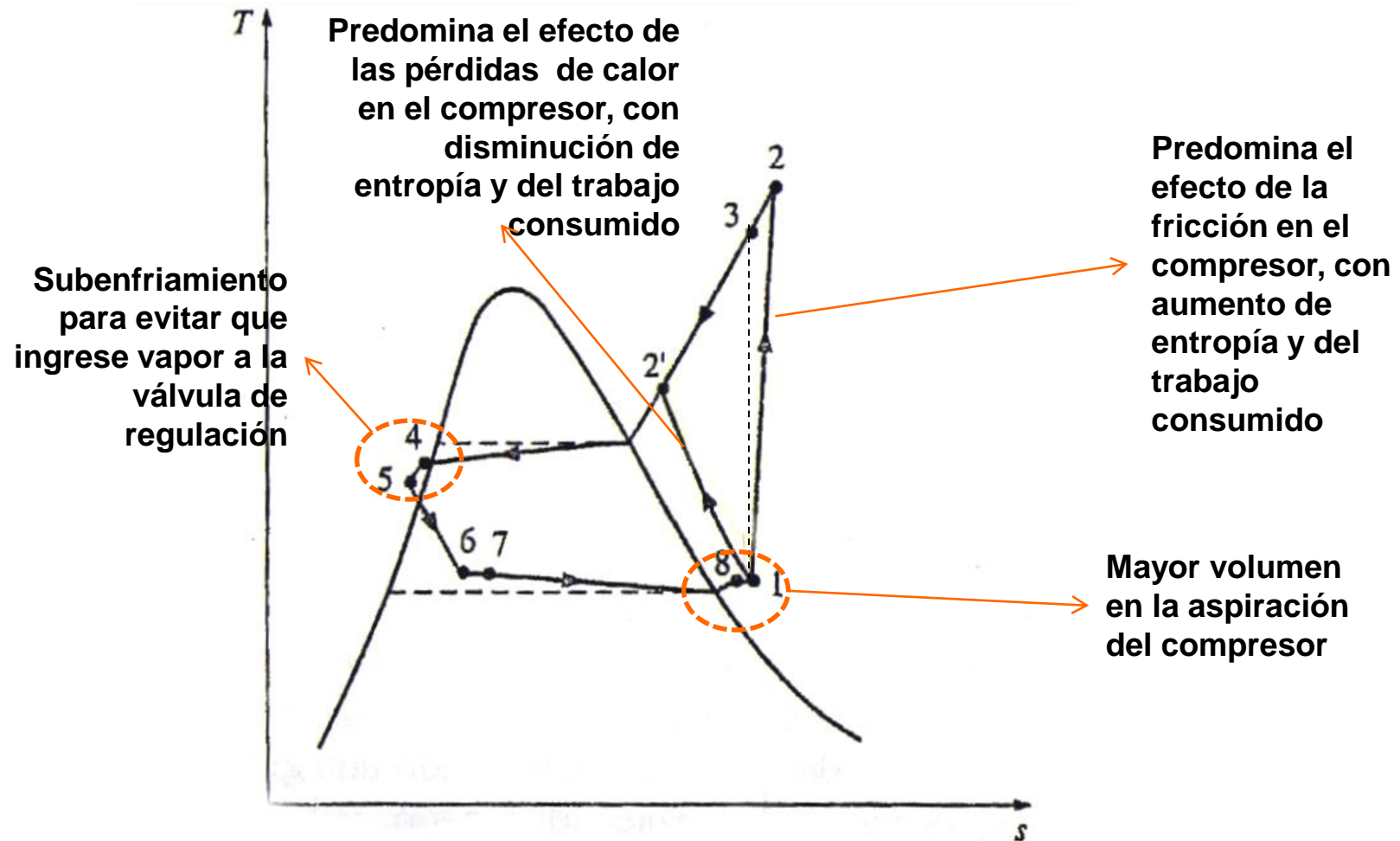


HELADERA DOMÉSTICA: Dos fríos

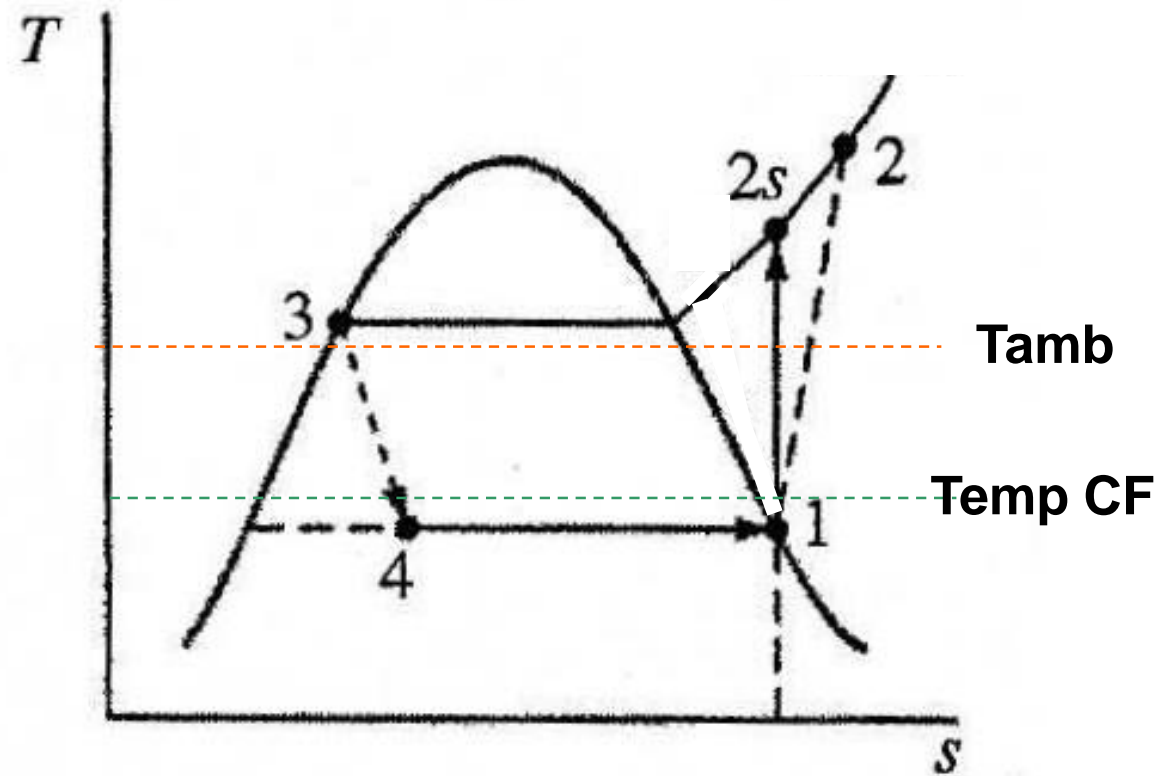


CICLO REAL : IRREVERSIBILIDADES

- TRANSFERENCIAS DE CALOR HACIA O DESDE LOS ALREDEDORES
- FRICCIÓN DEL FLUIDO



CICLO REAL : IRREVERSIBILIDADES EN EL COMPRESOR



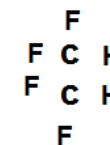
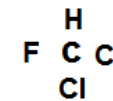
Rendimiento isoentrópico del compresor

$$\left\{ \eta_c = \frac{\text{Trabajo ideal}}{\text{Trabajo real}} = \frac{w_s}{w_c} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \right.$$



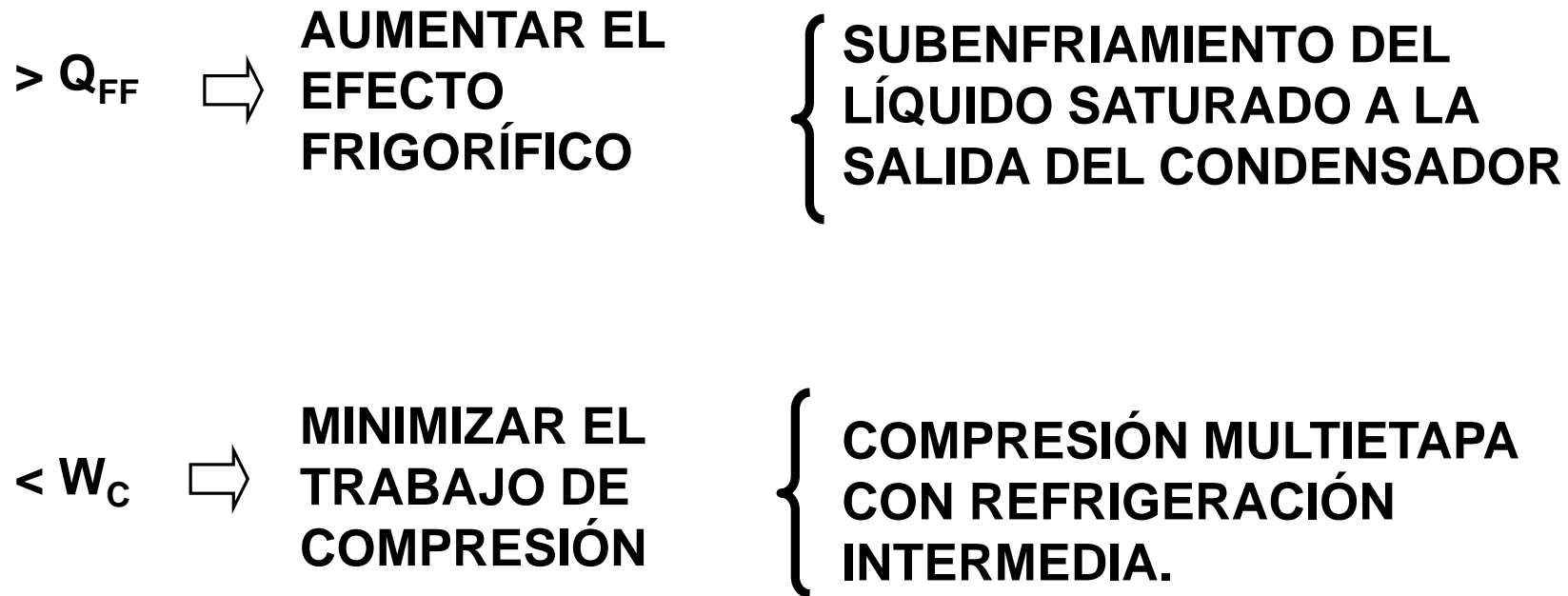
SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE:

- $P_{EVAP} > P_{ATM}$
- $P_{COND} < 20 \text{ bar}$
- T_{EVAP} : 5 A 10 °C MENOR A LA REQUERIDA EN LA CÁMARA A REFRIGERAR
- T_{COND} : 5 A 10 °C MAYOR QUE LA TFC (AMBIENTE, AGUA SUPERFICIAL O SUBTERRÁNEA)
- NO TÓXICO
- NO CORROSIVO
- ALTO PUNTO CRÍTICO
- CALOR LATENTE DE EVAPORACIÓN ALTO
- BAJO COSTO
- NO DAÑAR EL AMBIENTE

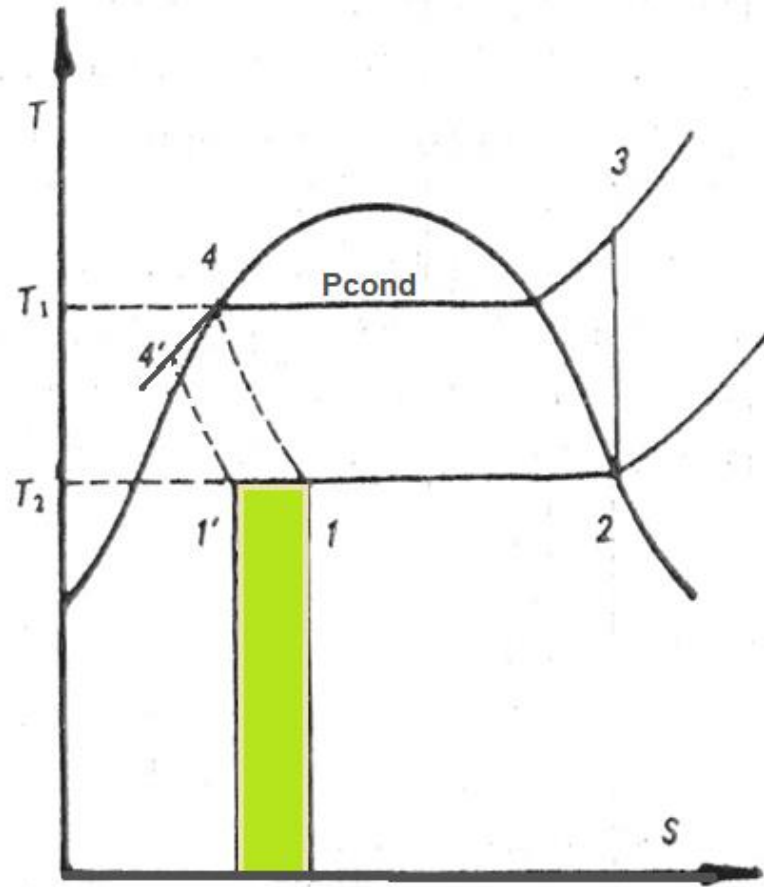


MEJORAS PARA INCREMENTAR EL COP

$$\text{COP}_{\text{MF}} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía consumida}} = \frac{Q_{\text{FF}}}{W_{\text{C}}}$$



SUBENFRIAMIENTO DEL LÍQUIDO SATURADO

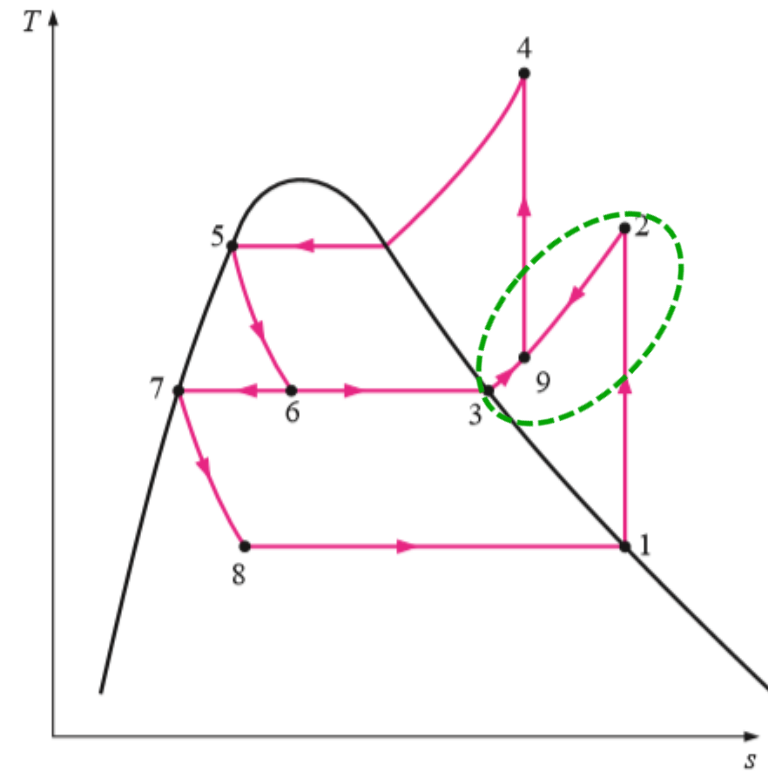
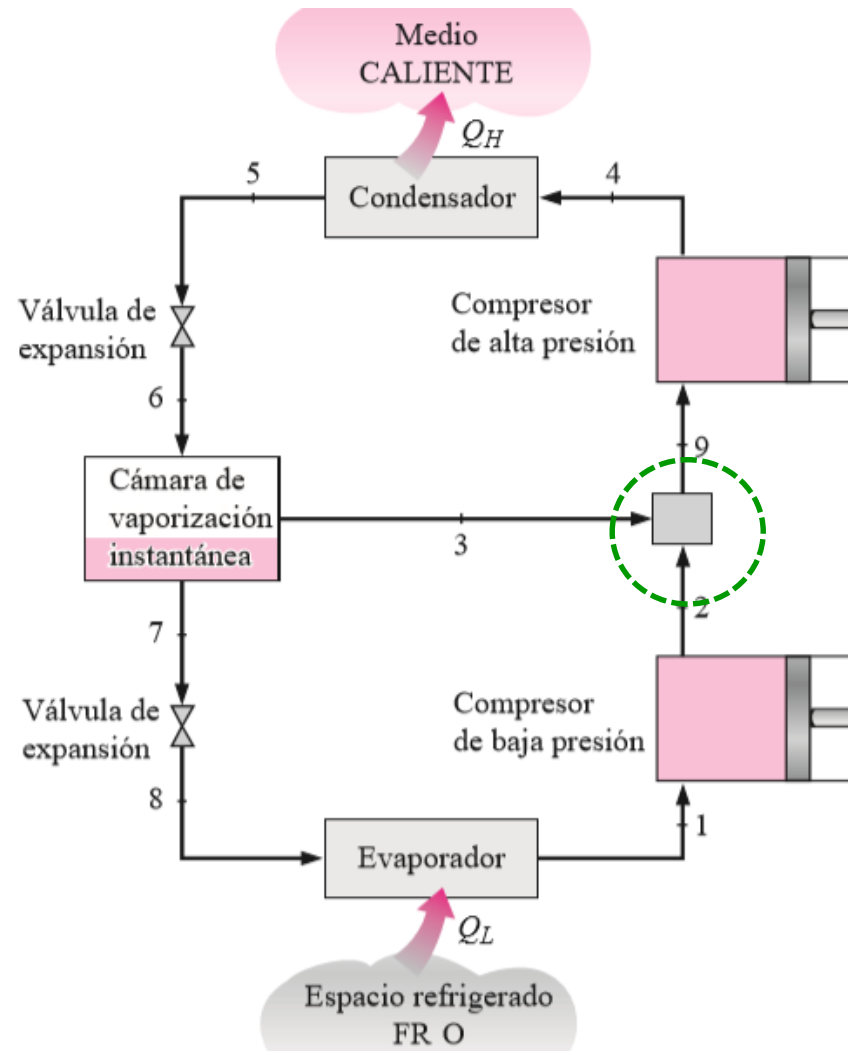


$$COP_{MF} = \frac{Q_{FF}}{W_c} \uparrow$$



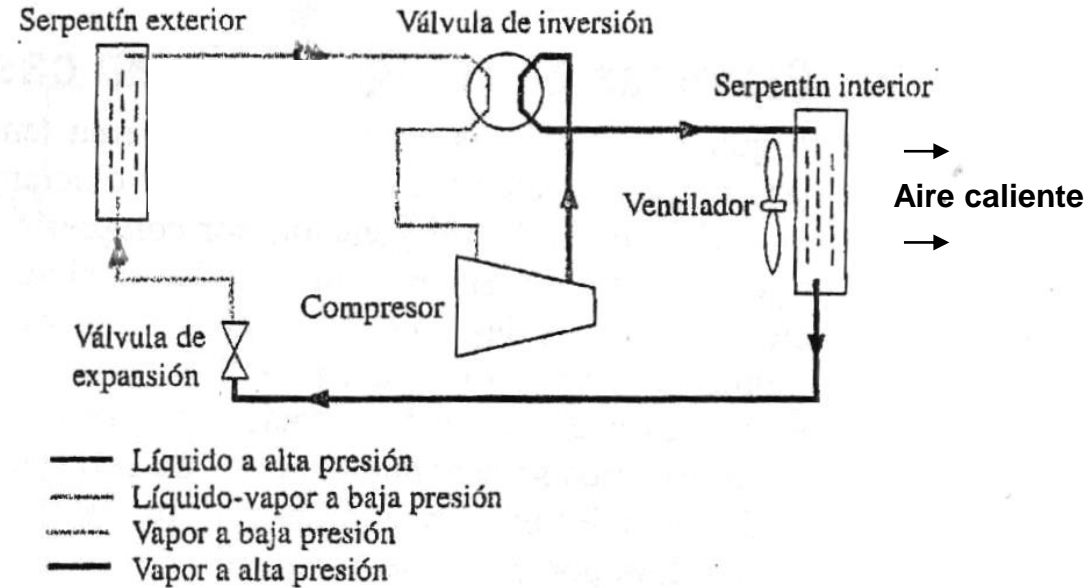


COMPRESIÓN EN DOS ETAPAS CON INTERENFRIAMIENTO POR REINYECCIÓN

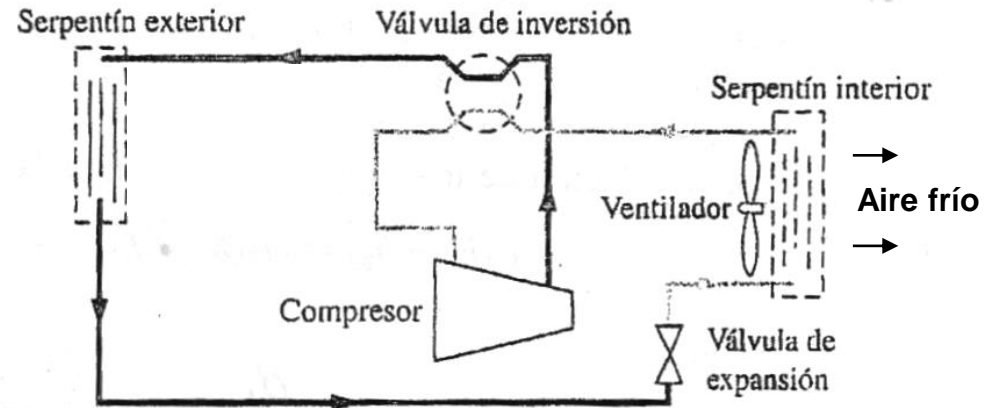


ACONDICIONADOR DE AIRE: BOMBA DE CALOR / MÁQUINA FRIGORÍFICA

OPERACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR-MODO DE CALENTAMIENTO



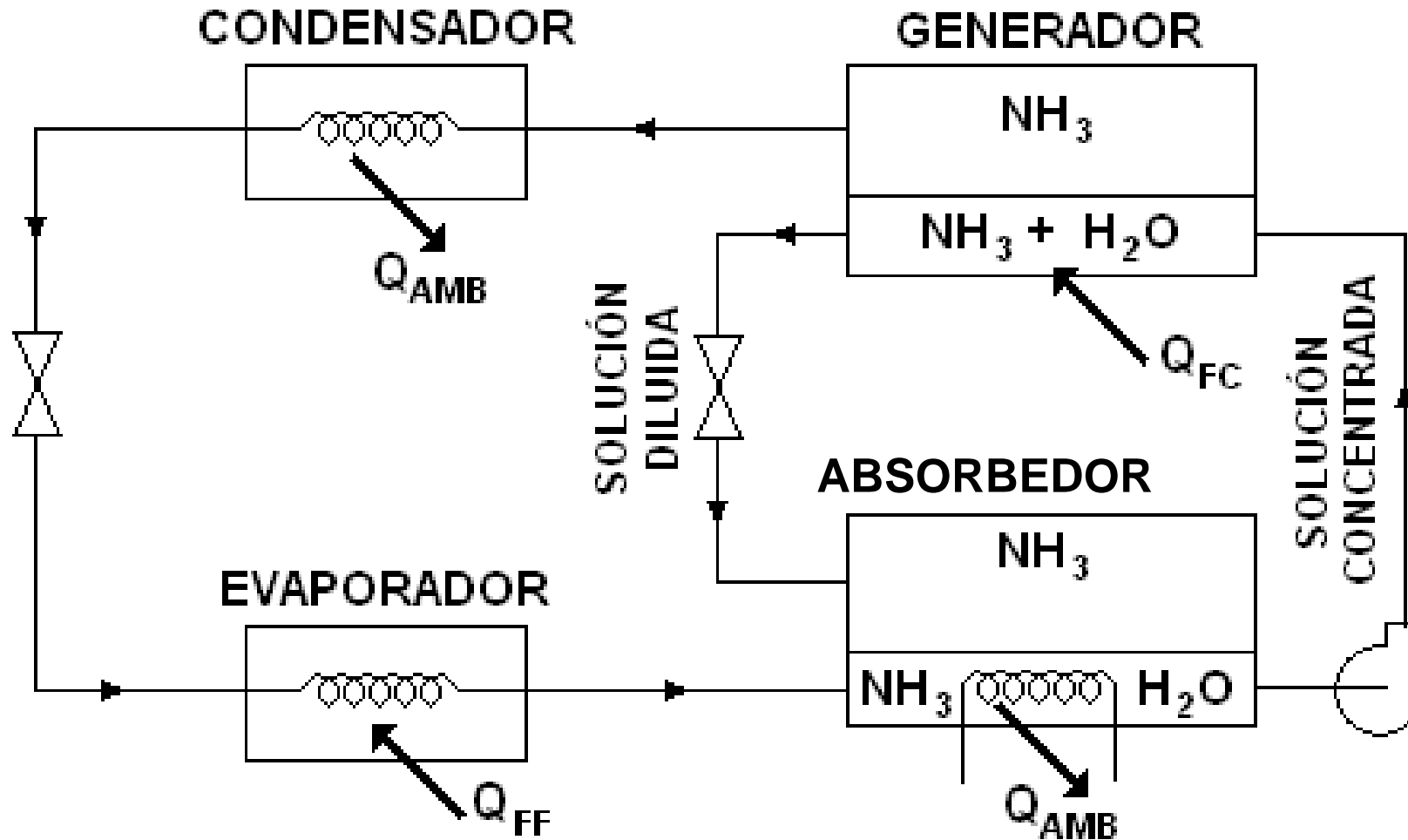
OPERACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR-MODO DE ENFRIAMIENTO



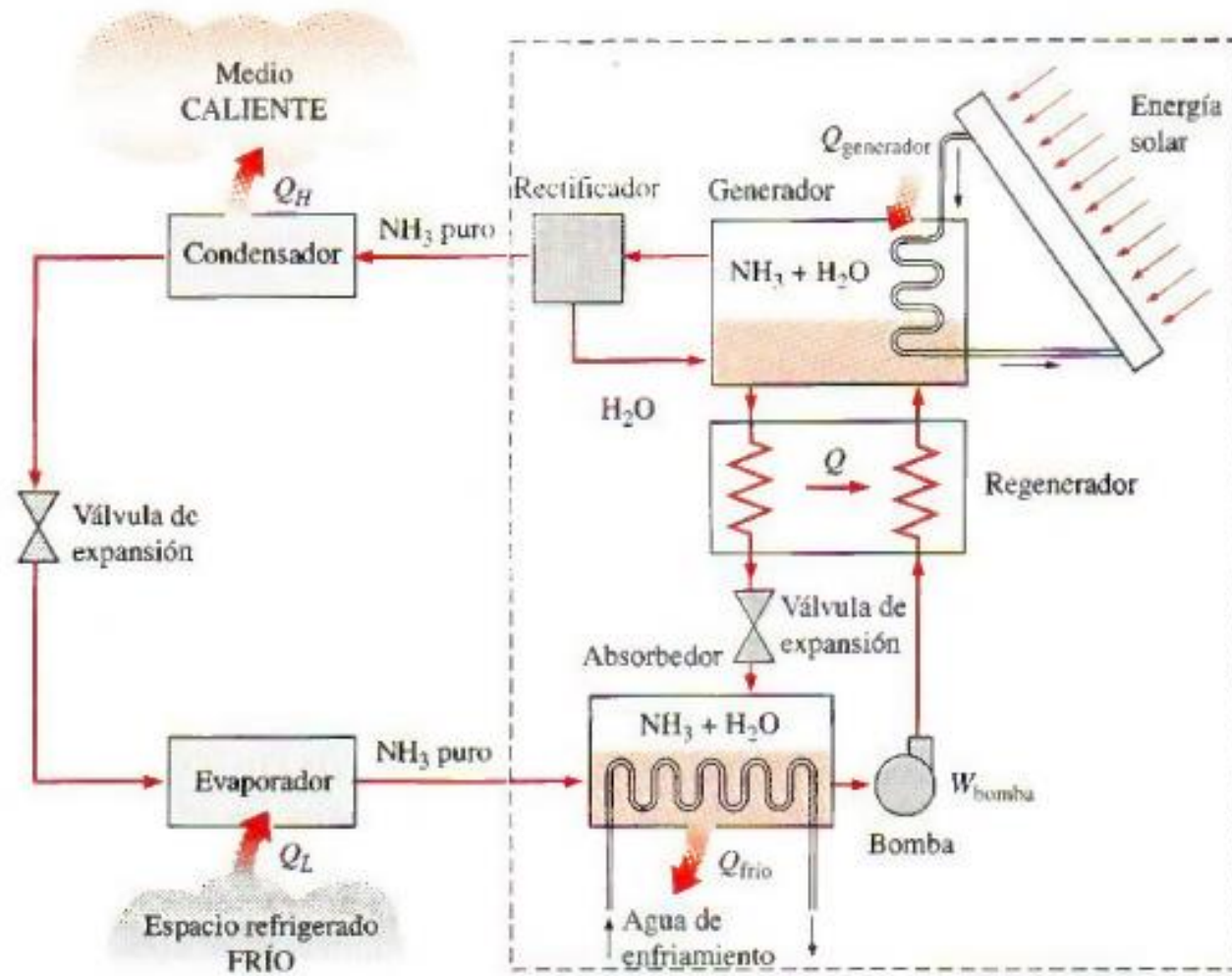


ciclo frigorífico.mp4

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN



SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN



FIN

