

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
FRANCISCO DE MIRANDA
COMPLEJO ACADÉMICO PUNTO FIJO
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CÁTEDRA: CONVERSION DE ENERGIA

TEMA2: Ciclos de refrigeración.

- Introducción
- Definiciones
- Reseña Histórica
- Ciclo de Carnot inverso.
- Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
- Sistema de refrigeración en cascada.
- Sistema de refrigeración por compresión en múltiples etapas.
- Otros tipos de sistemas de Refrigeración

INTRODUCCION

Un sistema de refrigeración se utiliza para mantener una región del espacio a una temperatura inferior a la del ambiente. El fluido de trabajo utilizado en el sistema puede permanecer en una sola fase (refrigeración por gas) o puede cambiar de fase (refrigeración por compresión de vapor). La refrigeración suele asociarse a la conservación de los alimentos y al acondicionamiento de aire de edificios. Las bombas de calor, es capaz tanto de enfriar como de calentar con la misma instalación, utilizándose popularmente en edificios residenciales y comerciales. Se puede establecer que la misión del aire acondicionado es la realización de determinadas funciones destinadas a proporcionar durante todo el año, el confort térmico y la calidad del aire interior para la vida de las personas o el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. Como mínimo, las instalaciones deben efectuar los siguientes procesos básicos: *Control de temperatura y humedad, Ventilación y calidad del aire interior, Filtrado y Circulación.*

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

DEFINICION:

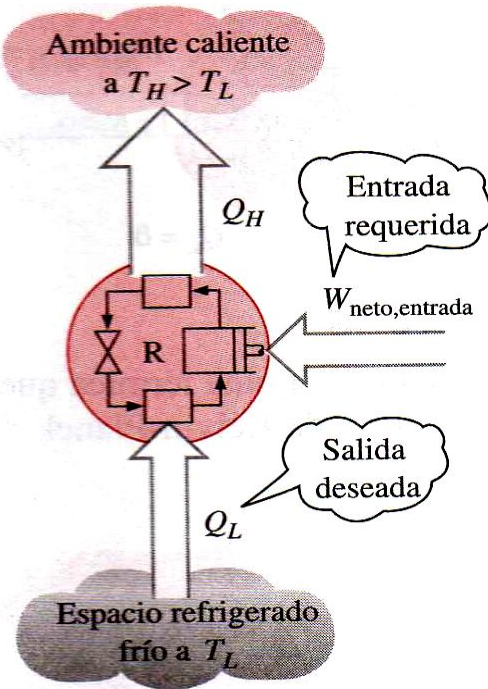
Son dispositivos cíclicos. El fluido de trabajo utilizado en el ciclo de refrigeración se denomina refrigerante. El ciclo de refrigeración que se utiliza con más frecuencia es el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Estos dispositivos están provistos de cuatro componente principales: un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un refrigerador que conforman el ciclo termodinámico por los cuales circula el fluido de trabajo (refrigerante).

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

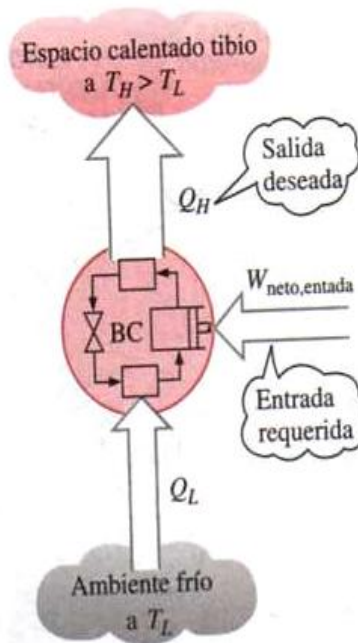
Elementos Principales de las Maquinas Frigoríficas:

- **Compresor:** El refrigerante entra como vapor saturado y se comprime a la presión del condensador. Incrementa la presión del fluido para que pueda condensarse a la presión del condensador y circular por el sistema
- **Condensador:** El refrigerante sale del compresor a una temperatura relativamente alta se enfrían y condensa conforme fluye por el serpentín liberando calor hacia el medio exterior.
- **Válvula:** El refrigerante sale del condensador y entra a la válvula donde su presión y su temperatura desciende drásticamente, debido a la estrangulación.
- **Evaporador:** El refrigerante entra al evaporador donde absorbe calor del espacio refrigerado evaporándose y luego repetir el proceso.

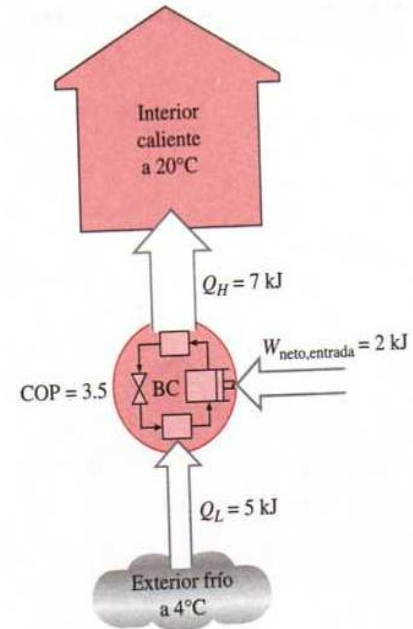
Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):



REFRIGERADOR

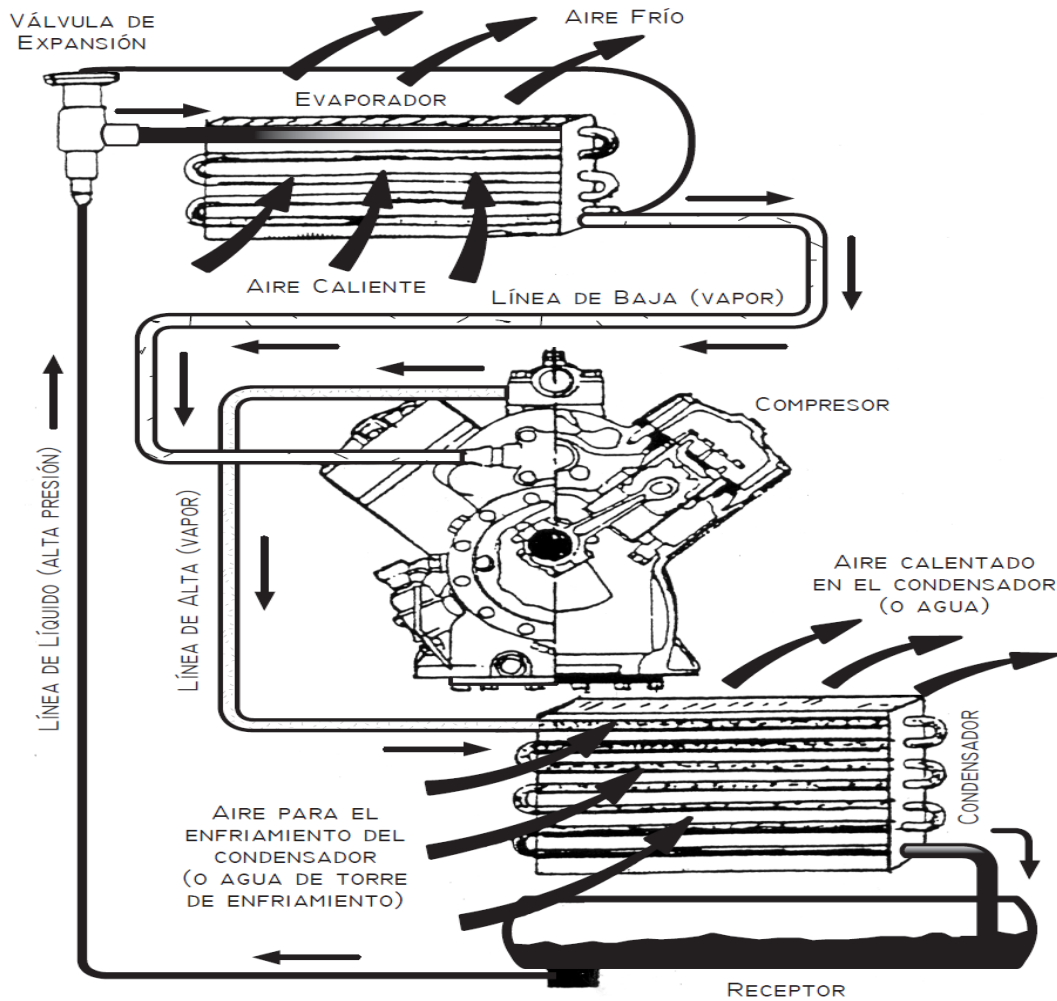


BOMBA DE CALOR



Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:



Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Estos elementos, están incorporados en un circuito cerrado vinculados por medio de tuberías de interconexión, que permiten hacer circular el fluido refrigerante durante el ciclo, de forma continua, empleando ventiladores en el evaporador y condensador, para favorecer la transferencia del calor mediante la circulación forzada del aire.

Compresores:

El compresor constituye uno de los puntos de división entre el lado de baja presión y el lado de alta presión del circuito de refrigeración, dado que recibe vapor refrigerante a baja presión y baja temperatura proveniente del evaporador y la descarga a alta presión y temperatura en el condensador. Según la forma de funcionamiento los compresores pueden clasificarse en:

- *Alternativo*
- *Rotativo*
- *Centrífugo*
- *Axihelicoidal o tornillo*
- *Espiral o scroll*

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Compresores alternativos: Son similares en muchos aspectos a un motor de automóvil en la que el pistón al moverse alternativamente, produce la succión en la carrera descendente y la compresión en la ascendente. Cuando el pistón se mueve hacia abajo, la presión de succión obliga al vapor refrigerante a penetrar dentro del cilindro a través de una *válvula de succión*, pero tan pronto el pistón se mueve hacia arriba, la presión dentro del cilindro crece y obliga a cerrarse a la válvula de succión, disminuyendo su volumen.

Cuando la presión del gas llega a ser mayor que la presión en el condensador, se abre una *válvula de descarga* y prácticamente todo el vapor es forzado fuera del pistón a medida que este se aproxima el final de la carrera. Cuando menor es el volumen final que quede ocupado por vapor dentro del cilindro cuando el pistón está en su punto final del recorrido, mayor es el aprovechamiento que se obtiene, denominado *rendimiento volumétrico*. En cuanto el pistón comienza su carrera descendente, la presión baja y cierra la válvula de descarga, hasta llegar al punto en que ha descendido tanto que es menor que la del lado del evaporador o presión de succión y provoca la apertura de la válvula de succión, repitiéndose el proceso en forma permanente. Las presiones de baja y alta, o sea en la succión y en la descarga del compresor respectivamente, están relacionados entre sí, y dependen además de las condiciones de funcionamiento del equipo.

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

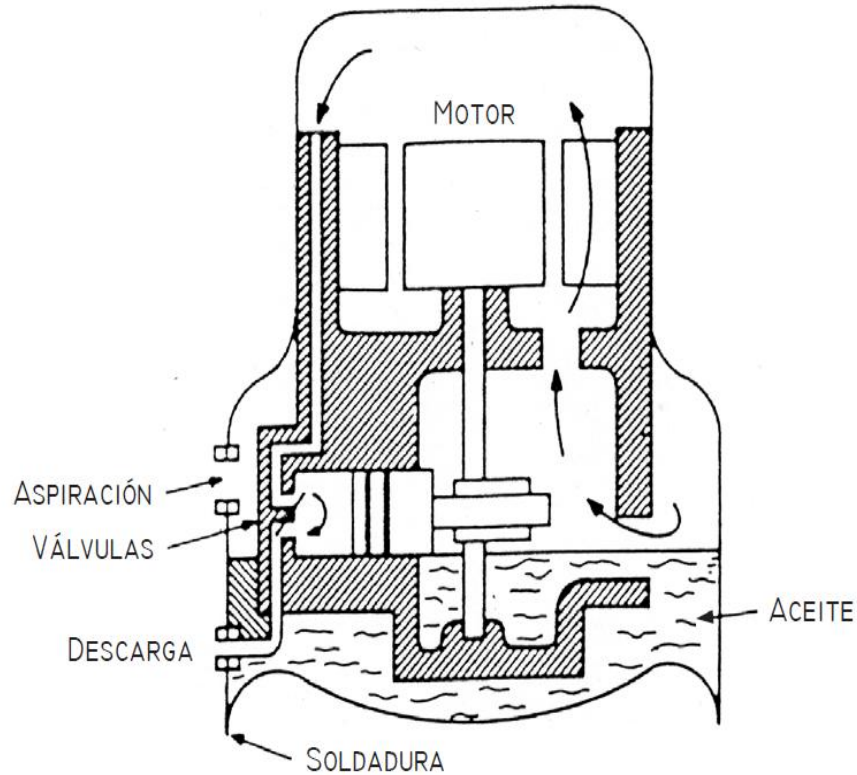
Compresores alternativos: Los compresores pueden ser:

- *Herméticos o blindados*
- *Semiherméticos*
- *Abiertos*

Los compresores son *hermético o blindados* cuando el compresor y motor están incluidos en una carcasa herméticamente sellada *donde el motor eléctrico está* refrigerado por los vapores de refrigerante que pasan sobre las bobinas inmediatamente después de entrar en la carcasa del motocompresor, llevándose consigo el calor proveniente de las pérdidas eléctricas del motor el cual es disipado después en el condensador. Los *semiherméticos* son *similares a los anteriores pero el motor y el compresor* no se encuentran en una carcasa sellada y en los *abiertos* el motor y el compresor están separados completamente, vinculados en forma directa o mediante poleas y correas.

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:



Compresor hermético

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Condensadores: Se puede considerar el funcionamiento de un condensador dividido en tres partes fundamentales.

- *El refrigerante que ingresa al condensador en forma de vapor sobrecalentado y para poder ser condensado debe eliminar el exceso de calor sensible de modo de disminuir su temperatura a la de saturación.*
- *Una vez lograda la temperatura de vapor saturado se produce la condensación o sea el cambio del estado de vapor a la de líquido sin variación de temperatura.*
- *Luego de condensado el líquido sufre un subenfriamiento para lograr reducir la reevaporación del refrigerante en la línea de líquido antes de que éste alcance el dispositivo de expansión y aumentar el efecto refrigerante neto.*

Las cantidades de calor sensible que el condensador debe eliminar para enfriar el sobrecalentamiento y producir el subenfriamiento es reducida comparada con la que tiene que eliminar para condensar el vapor saturado. Para lograr esos objetivos debe utilizarse un medio mas frío que puede ser el mismo aire exterior o agua reciclada y enfriada mediante una *torre de enfriamiento* y por ello, los condensadores pueden clasificarse en:

- *Enfriados por aire*
- *Enfriados por agua*

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Condensadores enfriados por aire: En la condensación por aire se utilizan serpentines de tubo aleteado que se refrigeran con el aire exterior circulado por medio de un ventilador, por lo que se debe tener la posibilidad de ubicar el equipo próximo a una fuente de aire exterior. El rendimiento de este sistema es menor que los de agua, pero es un muy sencillo y representa una ventaja por ser el costo de mantenimiento menor.

Condensadores enfriados por agua: Utilizan el agua como fluido receptor del calor de condensación del refrigerante, y son vinculados mediante cañerías y bomba a una *torre de enfriamiento para eliminación del calor al exterior y volver a reutilizarla*, pudiendo clasificarse los condensadores en:

- *Tubo en tubo*
- *Multitubular con envolvente*

Los del tipo *tubo en tubo*, están formados por un arrollamiento de dos tubos concéntricos en los que por uno circula el refrigerante y por el otro, en sentido contrario a contracorriente, el agua para enfriar el refrigerante. Los *multitubulares* o *serpentín con casco envolvente*, están compuestos por un haz tubular o un serpentín dentro de una carcasa, donde el agua circula por el serpentín tubos y el fluido refrigerante por el envolvente.

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Existen sistemas de condensación denominados *condensadores evaporativos*, consistentes en un *serpentín aleteado* situado en el interior de un recinto por el cual circula el refrigerante y en sentido a contracorriente una cortina de agua y un caudal de aire forzado por un ventilador. Su aplicación es como condensador remoto. La condensación por agua requiere caudales importantes que no suelen estar disponibles, y existen normativas locales que no autorizan la utilización de agua de red para estas aplicaciones por el importante consumo que supone, por lo que es indispensable el reciclaje del agua mediante las torres de enfriamiento.

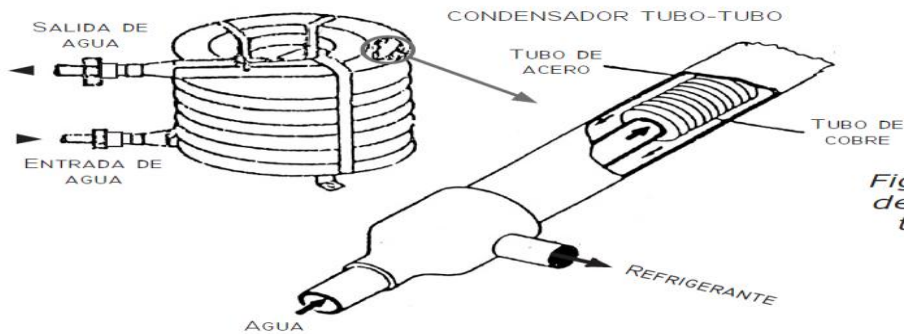
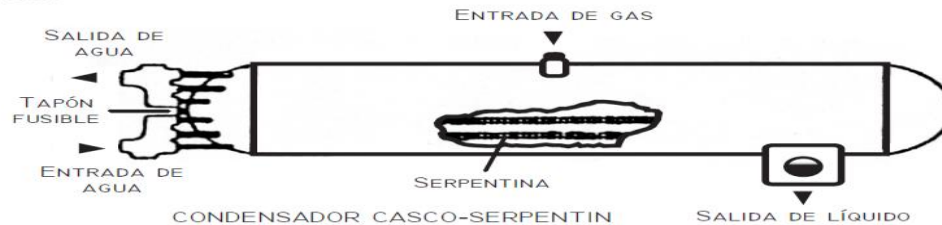


Fig. 5.8: Detalle de condensador tubo en tubo

Fig. 5.9: Detalle de condensador casco y serpentín



Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Válvula de Expansión: Su misión es reducir la presión y además, regular el sobrecalentamiento del gas en la línea de succión, para evitar que llegue líquido no evaporado al compresor. La más común es la válvula de *expansión termostática*, que consta de un diafragma en la que actúa por un lado a la presión de un resorte y la salida del evaporador mediante un tubo de vinculación y por el otro la presión de un bulbo termostático fijado a la línea de succión, a la salida del evaporador. De esa manera, si sube la carga calorífica en el evaporador, aumenta la temperatura del gas, sobrecalentándose por sobre el punto prefijado a la salida del mismo y ello se refleja en el bulbo que aumenta la presión de un lado del diafragma, por lo que se abre la válvula, permitiendo así, el paso de mayor cantidad de refrigerante líquido.

Tubo Capilar: El tubo capilar es el dispositivo de expansión más sencillo consistiendo en un tubo de longitud más o menos grande cuyo diámetro interior es considerablemente más pequeño que aquel que se usa para la línea del líquido del mismo sistema. El capilar adecuado para cada equipo sólo es posible obtenerlo después de rigurosos cálculos y ensayos en calorímetros especiales y su ventaja principal reside es su sencillez debido a no existir mecanismo alguno y la carga de refrigeración debe ser exacta pues diferencias más o en menos pueden alterar el correcto funcionamiento del sistema.

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

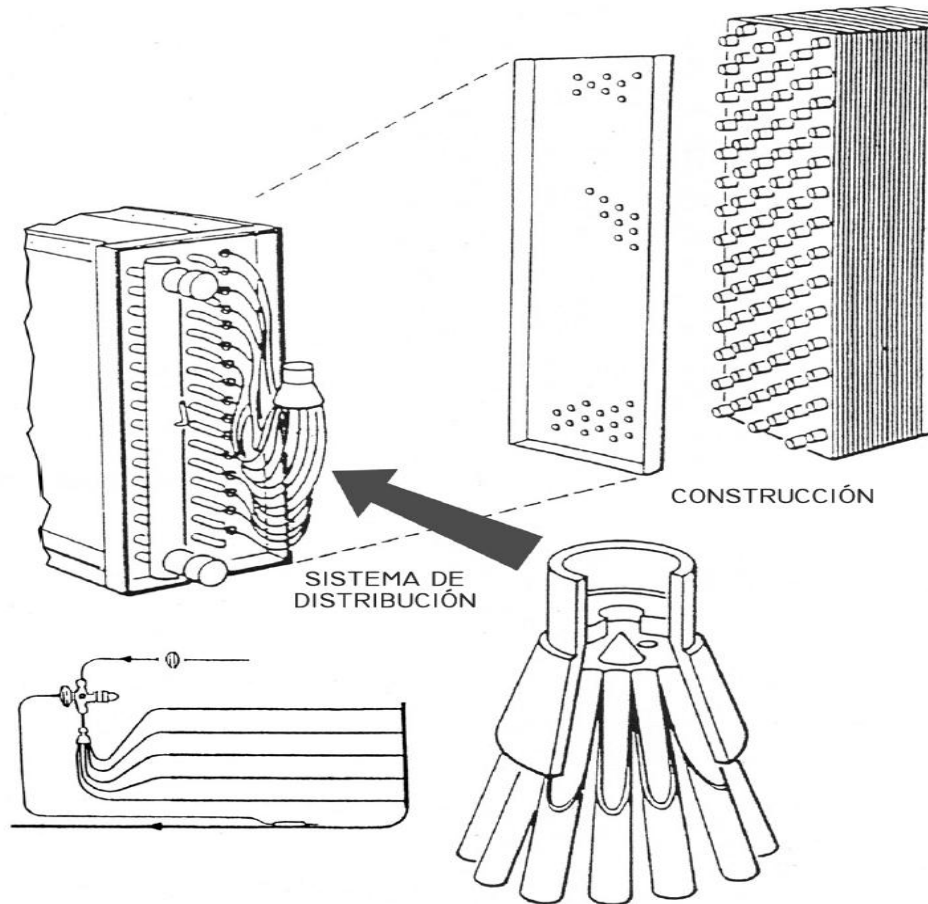
Consideraciones Mecánicas:

Evaporador: Una vez que el líquido ha pasado por el dispositivo de expansión, el evaporador constituye el serpentín que en la zona a baja presión, produce la reducción de temperatura y quita la humedad del aire que mediante un ventilador circula exteriormente a través de él. Tanto las válvulas de expansión como los capilares van en general provistos de un distribuidor de líquido, para asegurar la correcta distribución del líquido por todo el evaporador. El calor absorbido del aire ambiente, hace que el líquido se vaporice, proceso que debe terminar antes de haber alcanzado la salida del serpentín, de manera que el vapor se recaliente para asegurar una vaporización completa antes de la entrada al compresor, permitiendo además un mayor rendimiento del ciclo del refrigerante. La humedad extraída por condensación del aire es recogida en una bandeja y eliminada, ya sea por cañería a un desagüe o por dispersión en el aire por el ventilador del condensador en los equipos de ventana.

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Consideraciones Mecánicas:

Evaporador



Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Reseña Histórica de los Sistemas de Refrigeración por compresión de Vapor:

Los primeros pasos en la refrigeración por compresión de vapor comienzan a partir de 1834 cuando el ingles Jacob Perkins recibió la patente para el desarrollo de una maquina de hielo, la cual utilizaba como refrigerante el éter, nunca se utilizo comercialmente. Alexander Twining en 1850 diseño y construyo maquinas de hielo por compresión de vapor las cuales utilizaban éter etílico como refrigerante, este es un refrigerante utilizable comercialmente. Las primeras maquinas eran grandes y poco eficientes. El fin principal para el desarrollo de estas maquinas consistía principalmente en producir hielo, preparar cerveza y para la conservación de alimentos. Para el año de 1890 se empiezan a utilizar sistemas de control y motores eléctricos y ya para 1930 empieza el uso comercial de los refrigeradores, los cuales son más pequeños, eficientes y accesibles económicamente.

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Refrigerantes:

Las dos temperaturas elegidas para los procesos de evaporación y condensación determinan las presiones de funcionamiento del ciclo para un refrigerante dado. La elección de un refrigerante depende en parte de la relación presión-temperatura de saturación en el intervalo de interés.

Al comienzo los sistemas de refrigeración utilizaban sustancias químicas como el dióxido de azufre, amoníaco y éter etílico, estos eran refrigerantes altamente tóxicos, los cuales al producirse fugas podían causar desenlaces fatales. Por lo que llevo a partir de los años 30 al desarrollo y utilización de sustancias denominadas compuestos clorofluorocarbonatos (CFC). Los más importantes son R-11, R-12, R-22 Y R-502. Los CFC se han descubierto que destruyen la capa de ozono, a partir de los años 80 comenzaron los estudios por utilizar un refrigerante menos contaminante. El cual llevo al desarrollo del R-134a el cual no es agresivo con el ambiente porque sus moléculas no contienen cloro. El problema de utilizar nuevos refrigerantes en un sistema es el hecho de puede que sea necesario el rediseño de los compresores.

REFRIGERANTES

Refrigerantes:

La siguiente tabla proporciona las siglas o formas abreviadas de los nombres de muchos fluidos refrigerantes usados en la actualidad

Sigla	Nombre químico	Sigla	Nombre químico
R-11	Triclorofluorometano – CCl ₃ F	R-227	Heptafluoropropano
R-12	Diclorodifluorometano – CCl ₂ F ₂	R-290	Propano – CH ₃ -CH ₂ -CH ₃
R-13	Clorotrifluorometano – CClF ₃	R-C318	Octafluorociclobutano
R-13B1	Bromotrifluorometano – CBrF ₃	R-407A	Mezcla de R-32, R-125 y R-134a (1)
R-14	Tetrafluoruro de carbono – CF ₄	R-407B	Mezcla de R-32, R-125 y R-134a (2)
R-21	Diclorofluorometano – CHCl ₂ F	R-407C	Mezcla de R-32, R-125 y R-134a (3)
R-22	Clorodifluorometano – CClF ₂	R-410A	Mezcla de R-32 y R-125 al 50% en peso
R-23	Trifluorometano – CHF ₃	R-500	Azeótropo de R-12 y R-152 ^a
R-32	Difluoroetano – C ₂ H ₄ F ₂	R-502	Azeótropo de R-12 y R-115
R-40	Cloruro de metilo – CClH ₃	R-503	Azeótropo de R-23 y R-13
R-40	Metano – CH ₄	R-504	Azeótropo de R-32 y R-115
R-113	Triclorotrifluoroetano – CCl ₂ F-CClF ₂	R-507	Mezcla de R-125 y R-143a 50% en peso
R-114	Diclorotetrafluoroetano – CClF ₂ -CClF ₂	R-600	n-Butano
R-115	Cloropentafluoroetano – CClF ₂ -CF ₃	R-600a	Isobutano
R-125	Pentafluoroetano – CHF ₂ -CF ₃	R-717	Amoníaco – NH ₃
R-134 ^a	Tetrafluoroetano – CHF ₂ -CHF ₂	R-744	Dióxido de carbono – CO ₂
R-126	1,3-dicloro-1,1,2,2,3,3-hexafluoropropano	R-1150	Etileno – CH ₂ =CH ₂
R-142b	Clorodifluoroetano	R-1270	Propileno
R-152 ^a	Difluoroetano	HX4	Mezcla R-32, R-125, R-143m y R-134a (4)
R-170	Etano – CH ₃ -CH ₃	MHC 50	Mezcla de R-290 y R-600a (5)
		CARE 50	Mezcla de R-170 y R-290 6/94 moles %

Maquinas Frigoríficas (Refrigeradores):

Eficiencia o Desempeño:

$$\text{COPR} = \frac{\text{SALIDA DESEADA}}{\text{ENTRADA REQUERIDA}} \Rightarrow \frac{\text{EFECTO DE ENFRIAMIENTO}}{\text{TRABAJO}} \Rightarrow \frac{QL}{W_{\text{NETO,ENTRA}}}$$

$$\text{COPBC} = \frac{\text{SALIDA DESEADA}}{\text{ENTRADA REQUERIDA}} \Rightarrow \frac{\text{EFECTO DE CALENTAMIENTO}}{\text{TRABAJO}} \Rightarrow \frac{QH}{W_{\text{NETO,ENTRA}}}$$

Capacidad de enfriamiento:

Es la tasa de calor extraído del espacio refrigerado (\dot{Q}_{evap}), se expresa a menudo en **toneladas de refrigeración**. Una tonelada de refrigerante es equivalente a **211 KJ/min o 200 BTU/min**.

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo Invertido de Carnot:

El ciclo reversible más eficiente es el ciclo de Carnot y puesto que es un ciclo reversible, los cuatro procesos que comprende el ciclo de Carnot pueden invertirse. Por lo que se invertirán las direcciones de los procesos de transferencia de calor y trabajo. Dando como resultado el ciclo invertido de Carnot.

Procesos que comprende el ciclo invertido de Carnot:

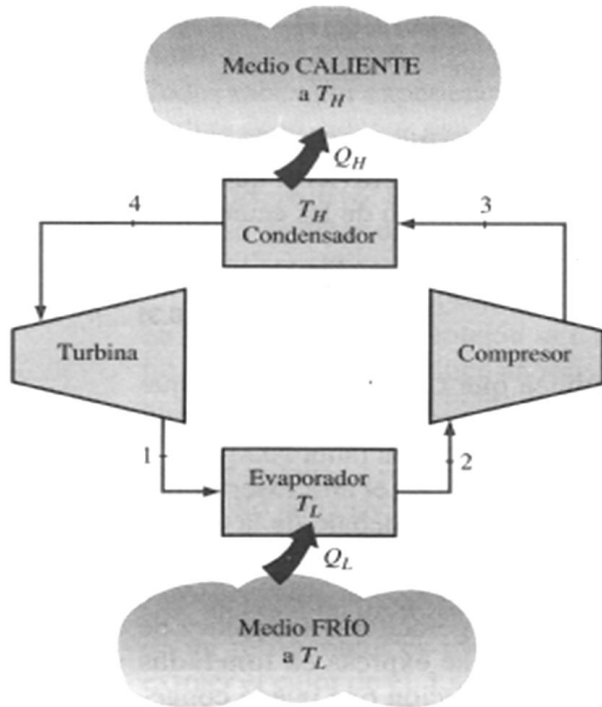
Proceso 1-2: El refrigerante absorbe calor isotermicamente de una fuente a baja temperatura a **TL** en la cantidad **QL**.

Proceso 2-3: Se comprime isentropicamente hasta el estado 3 (la temperatura se eleva hasta **TH**).

Proceso 3-4: Rechazo de calor isotermicamente en un sumidero de alta temperatura a **TH** en la cantidad **QH**.

Proceso 4-1: Se expande isentropicamente hasta el estado 1 (la temperatura descende hasta **TL**).

Ciclos de Refrigeración:



MAQUINA REFRIGERACION CARNOT DE DE

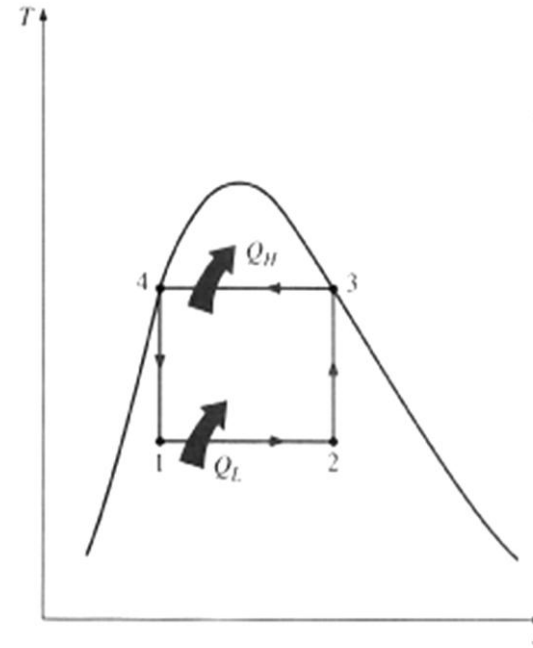


DIAGRAMA TEMPERATURA - ENTROPIA DE CARNOT

Ciclos de Refrigeración:

Coeficiente de Desempeño de Carnot:

El coeficiente de desempeño de los refrigeradores y las bombas de calor se expresan en términos de la temperatura:

$$COP_{Rcarnot} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$$

$$COP_{BCcarnot} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}}$$

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor:

El ciclo de Carnot maneja situaciones impracticables asociadas a algunos de sus procesos, las cuales pudieran eliminarse si se evapora por completo el refrigerante antes que se comprima. Es decir:

Mantener los procesos de suministro y rechazo de calor a temperatura constante.

Para el proceso de compresión deberían intervenir solamente la fase de vapor.

La turbina se sustituye por un dispositivo de estrangulamiento, ya que es más factible su utilización por sus bajos costos y su régimen de mantenimiento (casi nulo).

El ciclo que funciona bajo estas características se le conoce como el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor:

Procesos que experimenta el fluido en un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor:

Proceso 1-2: Compresión isentrópica en un compresor.

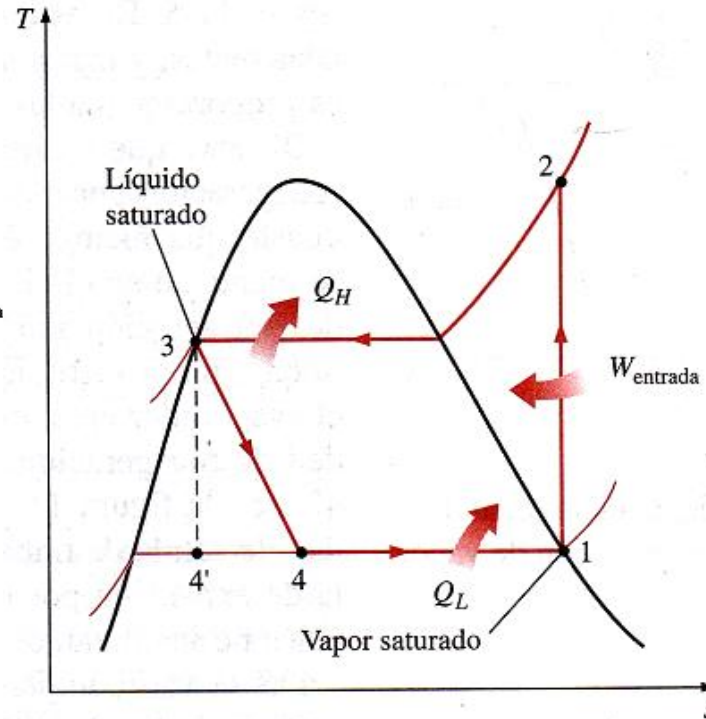
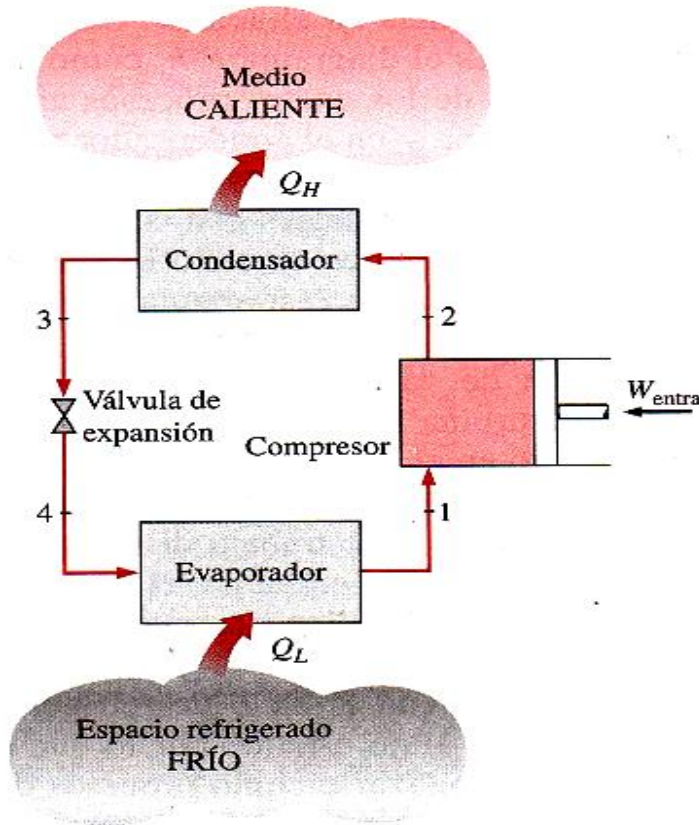
Proceso 2-3: Rechazo de calor a presión constante en el condensador.

Proceso 3-4: Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.

Proceso 4-1: Absorción de calor a presión constante en el evaporador.

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor:



ESQUEMA DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION POR COMPRESION DE VAPOR

DIAGRAMA TEMPERATURA - ENTROPIA

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor:

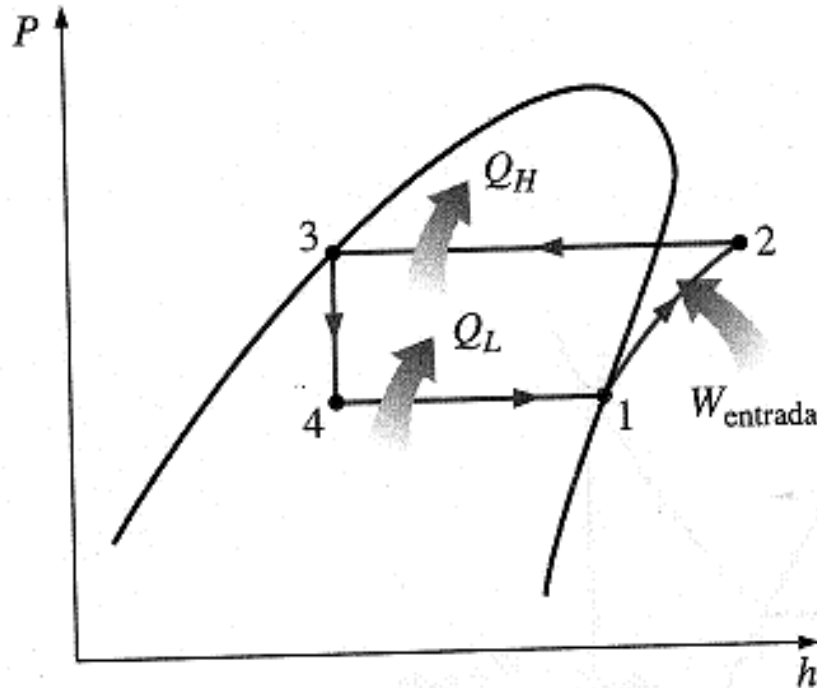


DIAGRAMA PRESION - ENTALPIA

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor:

Los componentes asociados con el ciclo de refrigeración por compresión de vapor son dispositivos de flujo estable. Los cambios en la e_c y e_p del refrigerante son despreciables, entonces:

El Balance de energía se Plantea:

$$(q_{entrada} - q_{salida}) + (w_{entrada} - w_{salida}) = h_e - h_i$$

COP Refrigeradores y Bombas de Calor para el ciclo de refrigeración por compresión de vapor:

$$COP_R = \frac{q_L}{w_{NETO,ENTRADA}} \Rightarrow \frac{q_{evap}}{w_C} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

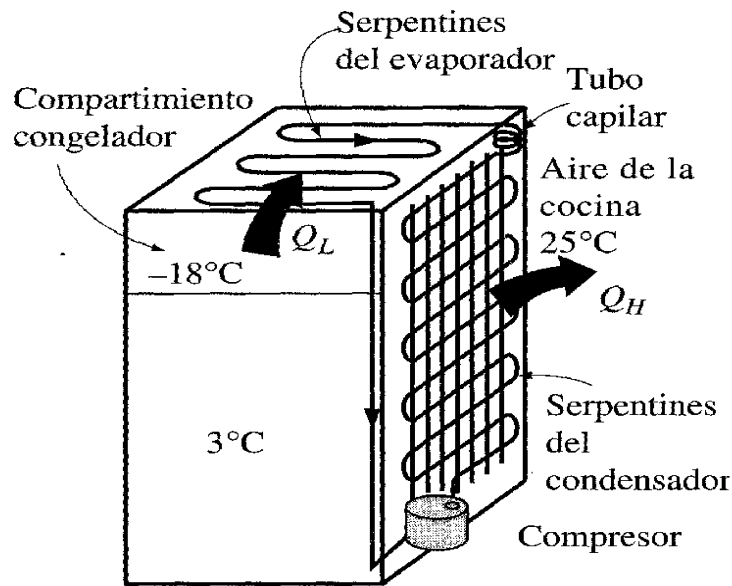
$$COP_{BC} = \frac{q_H}{w_{NETO,ENTRADA}} \Rightarrow \frac{q_{evap}}{w_C} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

Ciclos de Refrigeración:

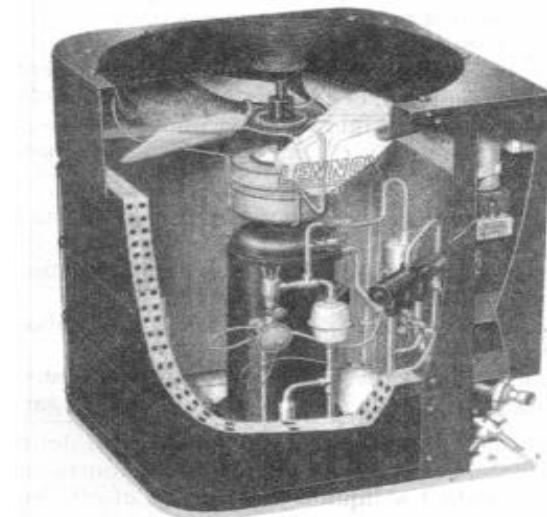
Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor:

Capacidad de Refrigeración:

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$



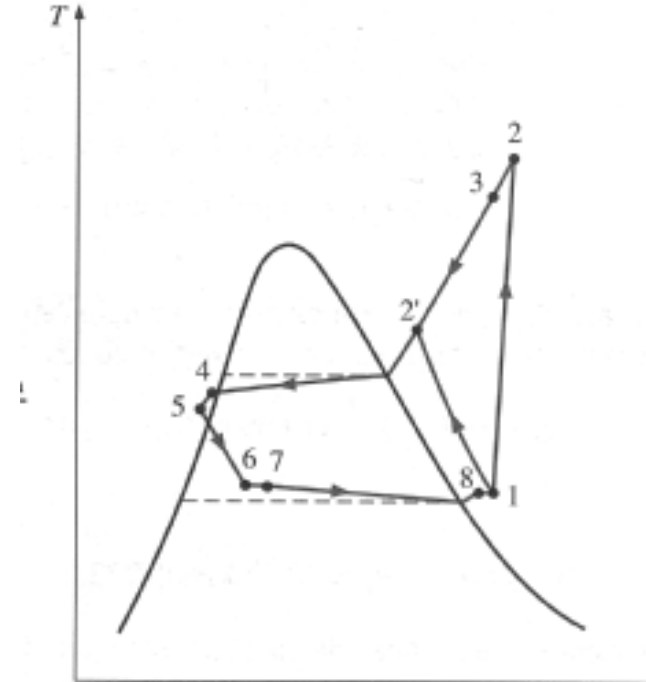
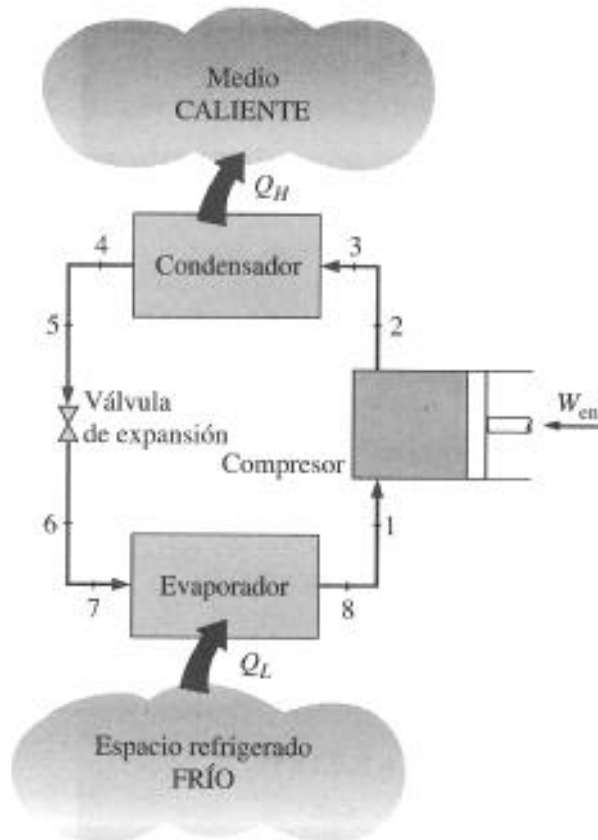
EJEMPLO DE UN REFRIGERADOR DOMESTICO COMUN



UNIDAD EXTERIOR DE UN ACONDICIONADOR DE AIRE POR COMPRESION DE VAPOR (BOMBA DE CALOR) QUE MUESTRA EL COMPRESOR Y EL CONDENSADOR

CICLO REAL DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal de varias maneras, debido principalmente a las irreversibilidades que suceden en varios componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidades son la fricción del fluido (que provoca caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores.



Ciclo Real de Refrigeración por Compresión de Vapor:

Las Irreversibilidades en las corrientes de fluidos que atraviesan al compresor conducen a un aumento de la temperatura del fluido durante el proceso adiabático. Este efecto se acompaña también de un aumento en la temperatura final respecto a la que se alcanzaría en el caso ideal.

Para los casos Reales es mejor trabajar en las siguientes condiciones:

- El refrigerante es sobrecalentado antes de entrar al compresor de forma de asegurar vapor al compresor.
- El refrigerante condensado es subenfriado, por lo difícil de trabajar en la condición de saturación además de reducir el efecto refrigerante.
- El compresor no es isentrópico por lo que puede haber un aumento o disminución de entropía.

Este caso adiabático e irreversible la salida real puede determinarse a partir del rendimiento adiabático del compresor:

$$\eta_c = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo de Refrigeración en Cascada:

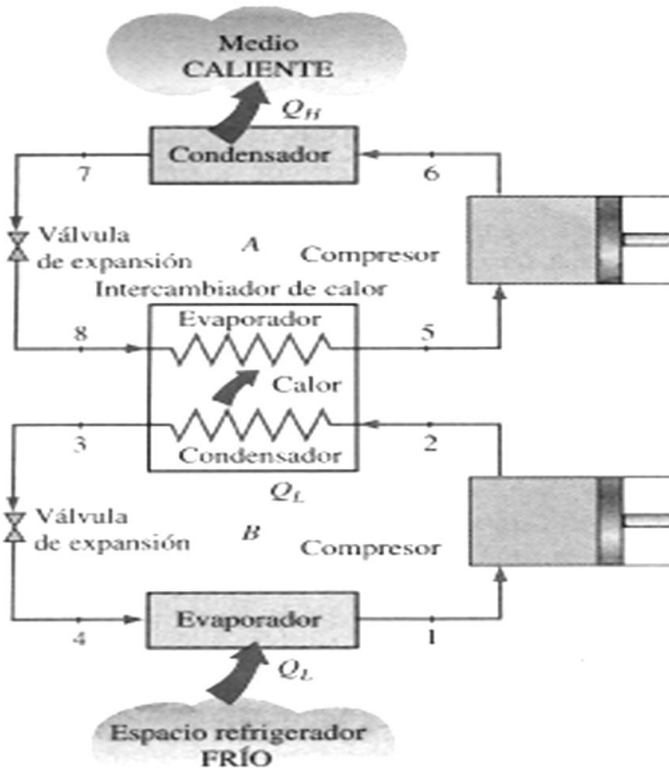
Se utilizan en aplicaciones industriales en las que se necesitan temperaturas moderadamente bajas (comprendidas en el intervalo de -25 a -75 °C (-10 a -100 °F)). Un ciclo en cascada es sencillamente un conjunto de ciclos de compresión de vapor en serie, tal que el condensador de un ciclo de temperatura inferior proporcione calor al evaporador de un ciclo de temperatura mayor.

Características:

- Es como tener ciclos de refrigeración sencillos operando en serie.
- Se utiliza cuando se requiere temperaturas relativamente bajas y un gran diferencial de temperatura. Esto a su vez implica manejar una gran diferencial de presión, que en un compresor reciprocante, afecta negativamente el rendimiento del mismo.
- El calor que desprende el condensador del ciclo inferior es igual al calor que absorbe el calor del ciclo superior.
- El refrigerante del ciclo inferior y superior, pueden ser distintos, ya que nunca se mezclan.

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo de Refrigeración en Cascada:



ESQUEMA DE UN CICLO DE REFRIGERACION EN CASCADA

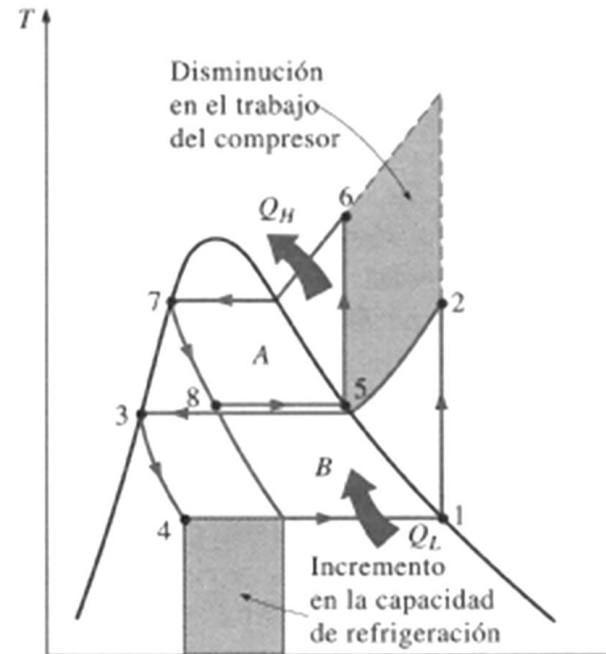


DIAGRAMA TEMPERATURA - ENTROPIA DE UN CICLO DE REFRIGERACION EN CASCADA

Ciclos de Refrigeración:

Ciclo de Refrigeración en Cascada:

El cociente de los flujos masicos en cada ciclo esta determinado por la variación de entalpía de cada fluido al pasar por el intercambiado de calor.

$$\dot{m}_A (h_5 - h_8) = \dot{m}_B (h_2 - h_3) \Rightarrow \frac{\dot{m}_A}{\dot{m}_B} = \frac{h_2 - h_3}{h_5 - h_8}$$

Además

$$COP_{RCASCADA} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{NETO,ENTRADA}} = \frac{\dot{m}_B (h_1 - h_4)}{\dot{m}_A (h_6 - h_5) + \dot{m}_B (h_2 - h_1)}$$

Ciclos de Refrigeración:

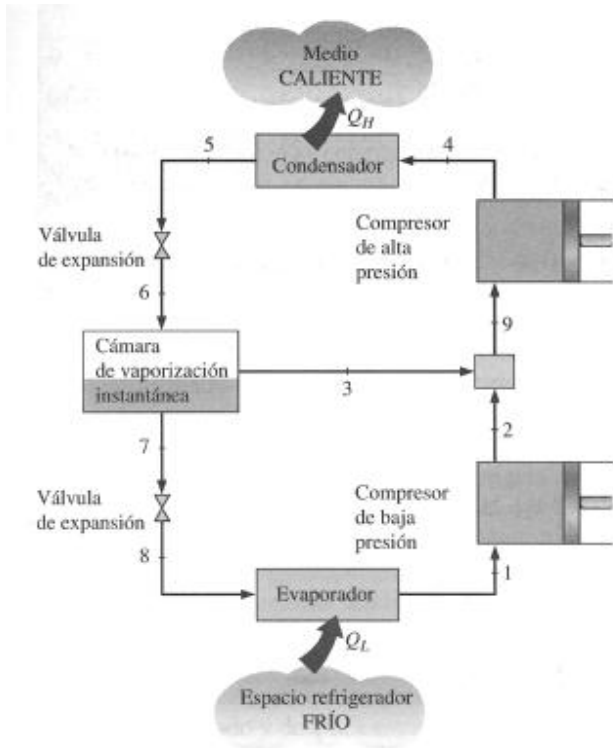
Sistema de Refrigeración por Compresión de Múltiples Etapas:

- El sistema de Refrigeración de Múltiples Etapas puede verse como un sistema de Refrigeración en Cascada, en donde se sustituye el intercambiador entre las etapas por una cámara de mezcla o de evaporación que mejora la transferencia de calor, entre las 2 etapas.
- Necesariamente se debe usar un mismo refrigerante en ambas etapas.
- El proceso de compresión se asemeja a una compresión de 2 etapas con interenfriamiento. Lo cual disminuye el requerimiento de trabajo.

La fracción de vapor que se forma en la cámara de evaporización instantánea es la calidad X del fluido en el estado 6 del diagrama de máquinas, y es la fracción de flujo que pasa por la cámara de mezcla proveniente de la cámara de evaporación instantánea. La fracción de líquido formado es $1-X$, que corresponde a la fracción del flujo total que pasa por el evaporador.

Ciclos de Refrigeración:

Sistema de Refrigeración por Compresión de Múltiples Etapas:



ESQUEMA DE UN CICLO DE REFRIGERACION DE MULTIPLES ETAPAS

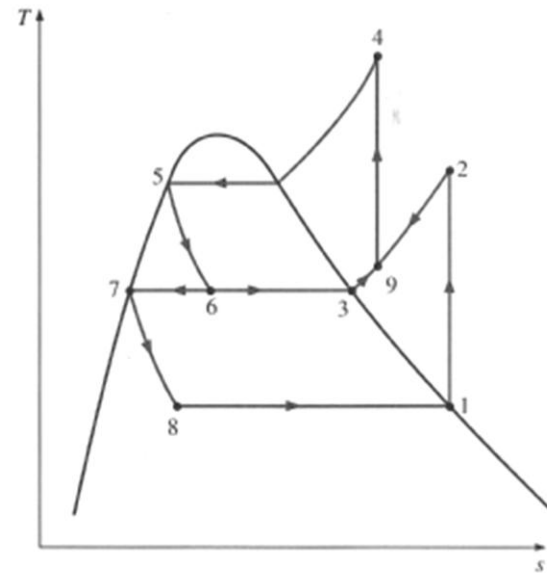


DIAGRAMA TEMPERATURA - ENTROPIA DE UN CICLO DE MULTIPLES ETAPAS

Ciclos de Refrigeración:

Sistema de Refrigeración por Compresión de Múltiples Etapas:

Aplicando el balance de energía en la cámara de mezcla en condiciones adiabáticas para determinar la entalpía a la salida se tiene:

Cámara de Mezcla:

$$\Sigma m_e * h_e = \Sigma m_s * h_s$$

$$m_9 * h_9 = m_2 h_2 + m_3 h_3$$

$$m_9 h_9 = (m_9 - m_3) h_2 + m_3 h_3$$

$$h_9 = (1 - X_6) h_2 + X_6 h_3$$

Evaporador:

El efecto de refrigeración por unidad de masa que atraviesa el evaporador es:

$$Q_L = (1 - X_6)(h_1 - h_8)$$

Ciclos de Refrigeración:

Sistema de Refrigeración por Compresión de Múltiples Etapas:

Compresores:

El trabajo total suministrado al compresor por unidad de masa que atraviesa el condensador es la suma de las dos (2) etapas, es decir:

$$w_{entrada} = w_{compresorI,entrada} + w_{compresorII,entrada} = (1 - X_6)(h_2 - h_1) + (1)(h_4 - h_3)$$

COPR:

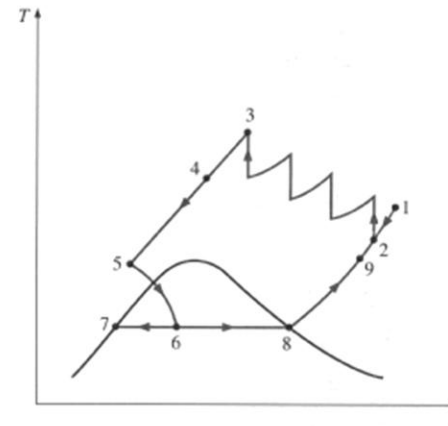
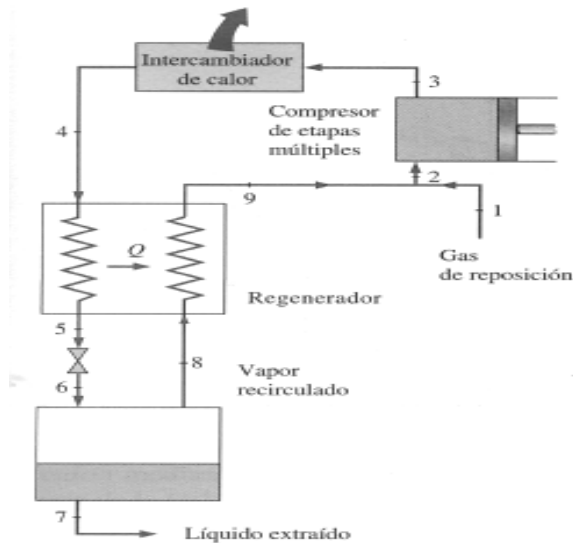
$$COP_R = \frac{q_L}{w_{entrada}}$$

Ciclos de Refrigeración:

Otros Sistemas de Refrigeración:

Licuaación de Gases:

La licuefacción de gases siempre es un área importante de la refrigeración, muchos procesos científicos y de ingeniería a temperaturas criogénicas (temperaturas por debajo de $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$) dependen de gases licuados. Algunos ejemplos son la separación del oxígeno y del nitrógeno del aire, la preparación de propulsores líquidos para cohetes, el estudio de propiedades de materiales a bajas temperaturas, y el estudio de algunos fenómenos interesantes como la superconductividad.

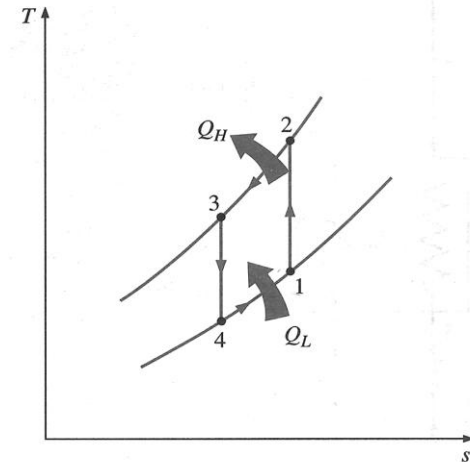
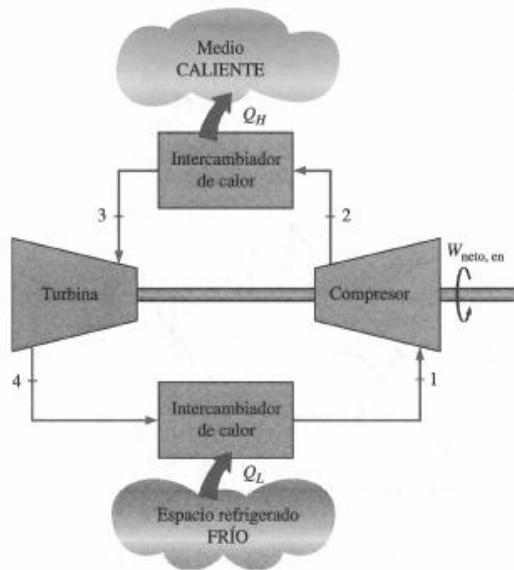


Ciclos de Refrigeración:

Otros Sistemas de Refrigeración:

Ciclos de Refrigeración de Gas:

La expansión adiabática de los gases puede utilizarse para producir un efecto de refrigeración. De la manera más simple, se consigue utilizando un ciclo Brayton inverso. La particularidad de este ciclo es que el refrigerante se mantiene durante todo el proceso en estado gaseoso a diferentes temperaturas y presiones.

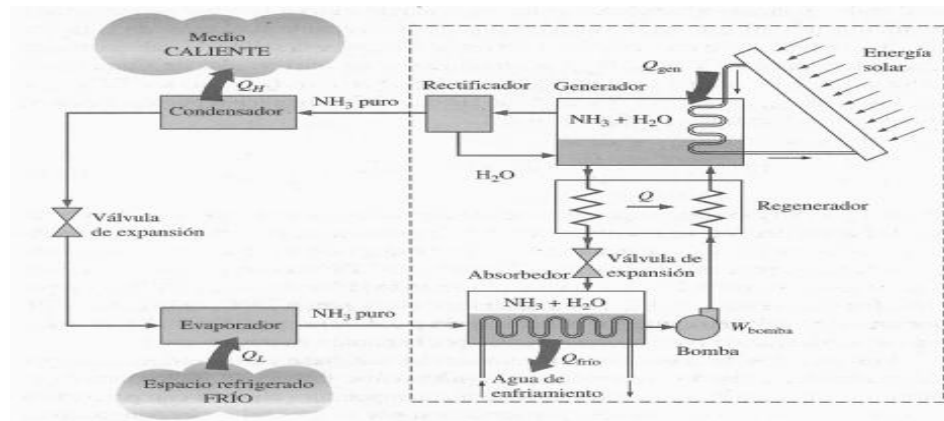


Ciclos de Refrigeración:

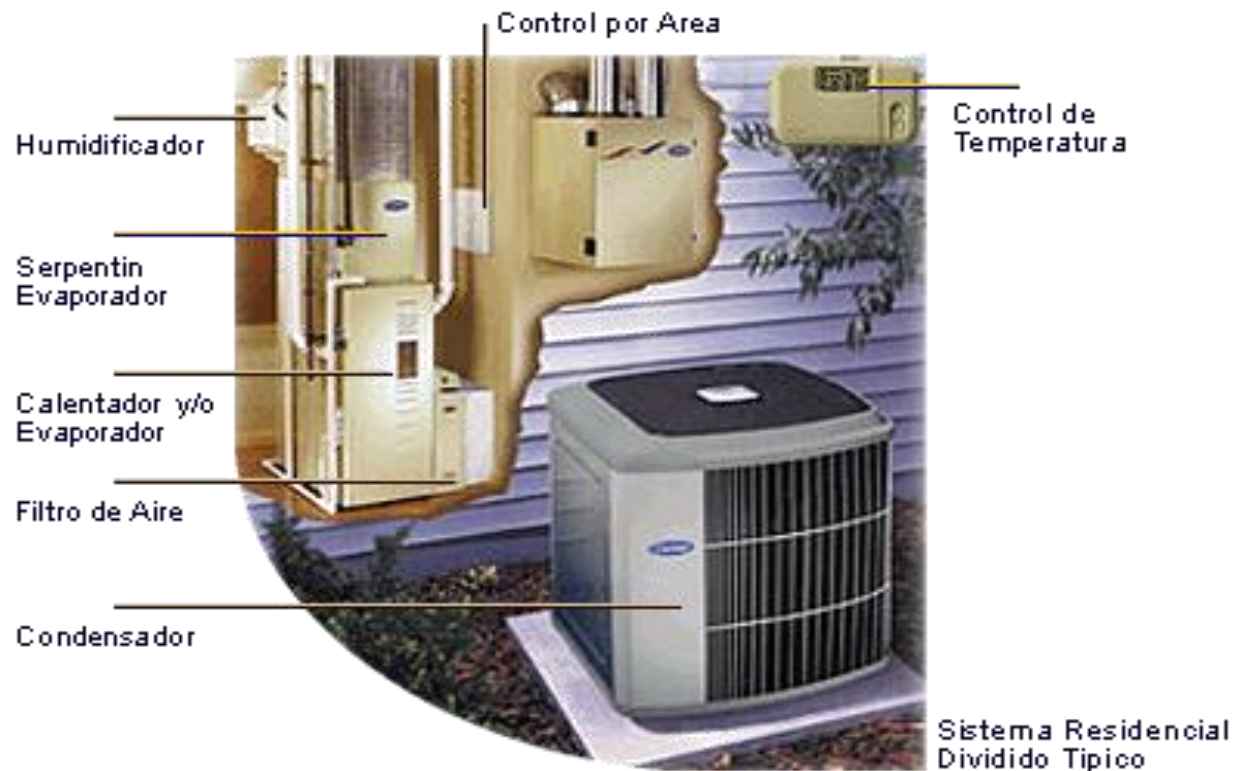
Otros Sistemas de Refrigeración:

Sistema de Refrigeración por Absorción:

Tiene atractivo económica cuando se tiene una fuente de energía térmica barata a una temperatura de 100 a 200 °c, los sistemas de refrigeración por absorción implican la absorción de un refrigerante por un medio de transporte. El sistema de absorción mas utilizado es el sistema de amoniaco-agua, donde el amoniaco sirve como refrigerante y el agua es el medio de transporte. Otros sistemas de refrigeración por absorción son agua-bromuro de litio y el agua-cloruro de litio, en los que el agua sirve como refrigerante. Los dos últimos sistemas se limitan a aplicaciones como el acondicionamiento de aire, en las que la temperatura mínima queda por arriba del punto de congelación del agua.



EJEMPLOS DE SISTEMAS DE REFRIGERACION



SITEMA DE AIRE ACONDICIONADO

AIRE ACONDICIONADO

En los conductos interiores puede desarrollarse la bacteria Legionella, a causa del exceso de humedad.

MALA VENTILACION

No ventilar los ambientes produce dióxido de carbono.

HUMO DE OCARRILLO

Las concentraciones más altas de nicotina se dan en los ambientes mal ventilados.

MUEBLES, ALFOMBRAS

El pegamento, los barnices y pinturas pueden liberar en el aire compuestos volátiles orgánicos.

ACUMULACION DE PAPEL

Libera formaldehído, el más peligroso de los compuestos volátiles orgánicos.

COMPUTADORAS

Algunas computadoras que no funcionan correctamente producen excesiva radiación electromagnética

BANOS

Concentraciones bacterianas. Para no favorecer su formación se recomienda no superar el 75% de humedad ambiente.

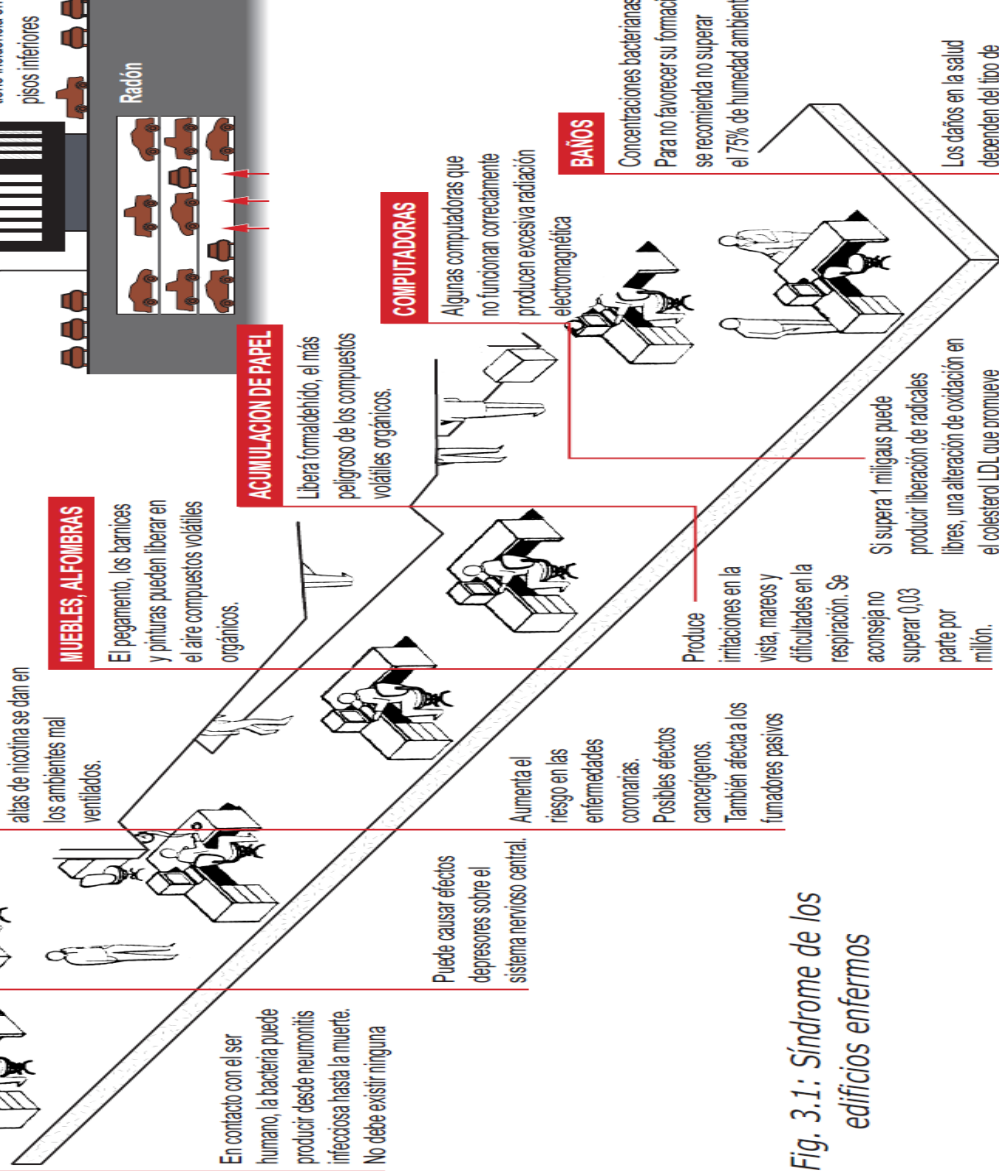
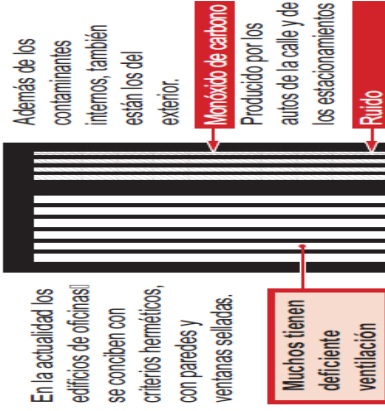


Fig. 3.1: Síndrome de los edificios enfermos

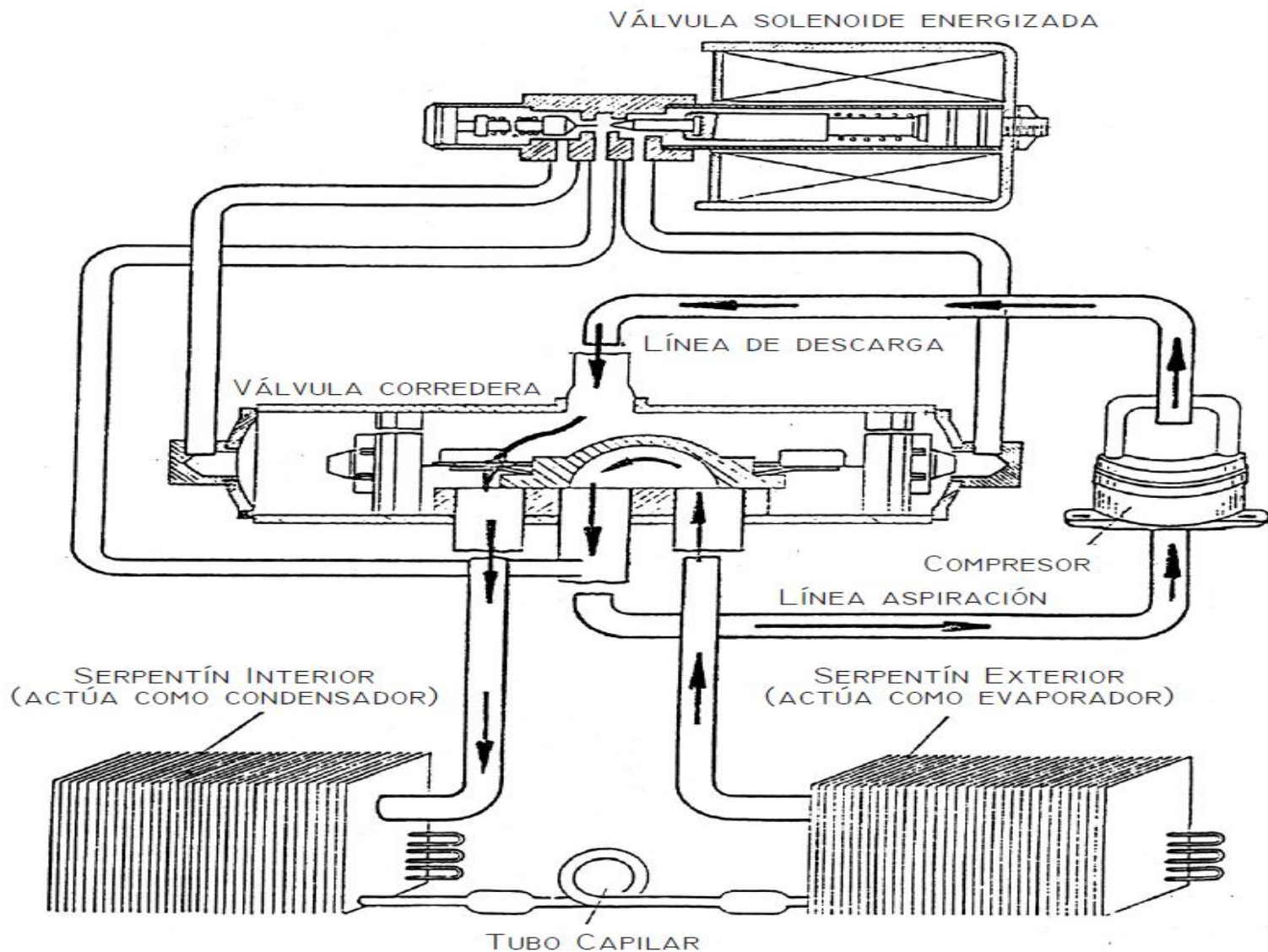


Fig. 5.17: Esquema de funcionamiento de la bomba de calor