

SISTEMA DE REFRIGERACION POR COMPRESION

Contenidos

Artículos

Sistema frigorífico	1
Circuito de refrigeración	7
Refrigeración por compresión	9
Bomba de calor	11
Cámara de refrigeración	13
Dispositivo de expansión	16
Cámara frigorífica	16
Compresor (máquina)	25
Acondicionamiento de aire	27
Climatización	34
Refrigeración	37
Refrigerante	40
Evaporador	42
Válvula de expansión	46
Carga térmica (climatización y refrigeración)	48

Referencias

Fuentes y contribuyentes del artículo	49
Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes	50

Licencias de artículos

Licencia	51
----------	----

Sistema frigorífico

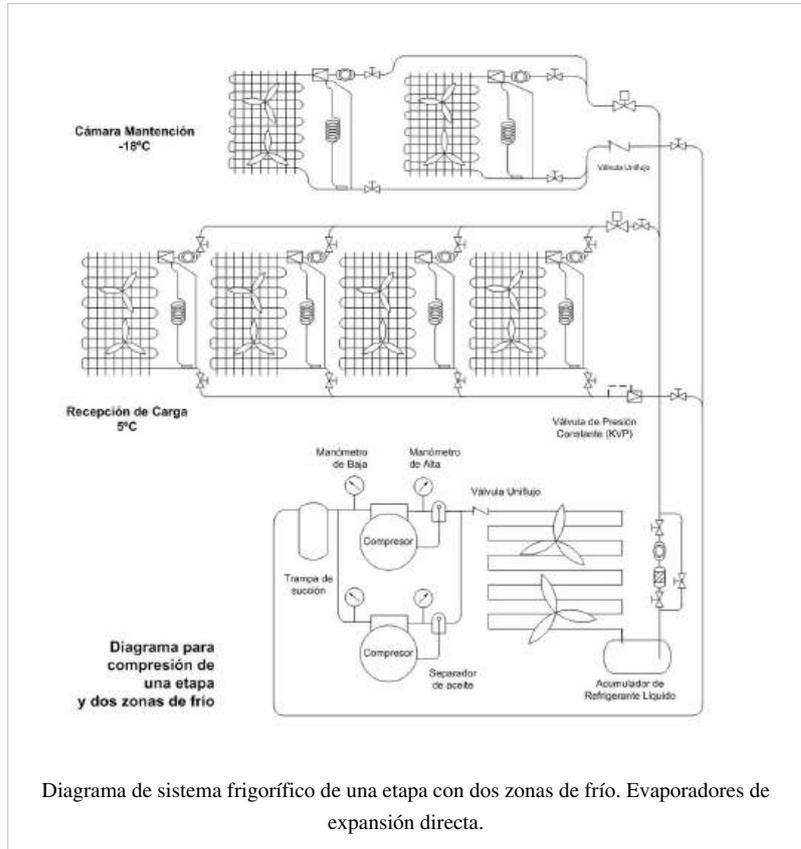
Los denominados **sistemas frigoríficos** o **sistemas de refrigeración** corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos -o más- focos, conforme se requiera. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme especificaciones.

Cabe mencionar la radical diferencia entre un **sistema frigorífico** y un **circuito de refrigeración**, siendo este último un mero arreglo para disminuir temperatura el cual se define como "concepto", ya que su diseño (abierto, semi abierto, cerrado), fluido (aire, agua, incluso gas refrigerante), flujo

(sólo frío o "bomba de calor") varían conforme la aplicación. Estos varían desde el clásico enfriamiento de motores de combustión interna por medio de agua hasta el *water cooling* utilizado en enfriamiento de computadores. Los sistemas frigoríficos tienden a ser bastante más complejos que un circuito de refrigeración y es por eso que se presentan aparte.

En el estudio acabado y diseño de estos **sistemas frigoríficos** se aplican diversas ciencias, tales como la química, en las propiedades y composición de los refrigerantes; la termodinámica, en el estudio de las propiedades de la materia y su energía interna; la transferencia de calor, en el estudio de intercambiadores de calor y soluciones técnicas; así como la ingeniería mecánica, en el estudio de compresores de gas para lograr el trabajo de compresión requerido. Se han mencionado estas disciplinas dejando de lado la electricidad, desde los tradicionales conocimientos en corrientes trifásicas para la alimentación de los equipos, hasta conocimientos relativamente avanzados en automatización y PLC, para el control automático que estos requieren cuando están operando en planta frigorífica.

Los **sistemas frigoríficos** se diferencian entre sí conforme su **método de inyección de refrigerante** y **configuración constructiva**, ambos condicionados por sus **parámetros de diseño**. De esta manera, y haciendo un adecuado balance de masas y energías, es posible encontrar la solución adecuada a cualquier solicitud frigorífica.



Parámetros de diseño

El diseño de estos **sistemas frigoríficos** se define, principalmente, en función de los siguientes parámetros:

- Temperaturas de operación: (Temperaturas de evaporación y condensación)
- Capacidad del sistema, generalmente denominada en KW definida en función de la carga térmica.
- Refrigerantes amigables ambientalmente y de amplio efecto refrigerante.
- Costos operativos del sistema.

Sistemas de refrigeración conforme zonas de frío

Los **sistemas de refrigeración** -implementados tanto en plantas frigoríficas como en refrigeradores domésticos- pueden catalogarse primeramente conforme las denominadas "zonas de frío" o temperaturas de frío para las cuales estos estén diseñados.

Una zona de frío

Es el clásico arreglo en el cual el sistema opera bajo una sola temperatura de régimen de frío, es decir, entre una temperatura de condensación y una sola temperatura de evaporación del refrigerante.



Sala de recepción de Cámara frigorífica#Planta frigorífica
planta frigorífica.

Dos o más zonas de frío

Es aquel sistema en el cual el refrigerante -condensado a una sola temperatura- se evapora a distintos valores en función de distintos procesos. A modo de ejemplo, y para una planta frigorífica, una cámara de congelado y una cámara de productos frescos requieren distintas temperaturas de régimen y, por lo tanto, distintas temperaturas de evaporación del refrigerante.

Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante

Expansión seca (DX)

Se les denomina **sistemas de expansión seca, -o directa-** a los sistemas frigoríficos en los cuales la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose este en estado de mezcla en un punto intermedio de este. Estos sistemas, si bien son los más comunes, suelen ser de menor capacidad que los de recirculación de líquido.



Evaporador inundadoEvaporadores inundados para amoníaco en cámara de refrigeración para frutas.

Con recirculación de líquido

Lo que diferencia a los **sistemas de recirculación de líquido** a los de expansión directa es que el flujo másico de líquido a los evaporadores supera con creces al flujo de vapor producido en el evaporador. Es común el apelativo de “*sobrealimentación de líquido*” para los evaporadores de estos sistemas. Estos sistemas son preferentemente utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores y operando a baja temperatura.

Tipos y Configuración de sistemas de refrigeración

Refrigeración por compresión

La **refrigeración por compresión** desplaza la energía térmica entre dos focos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía se suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa.

El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador.^[1] Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. Al evaporarse el líquido refrigerante

cambia su estado a vapor. Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido como condensador. En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante -y producir el subenfriamiento del mismo- es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.



Compresor industrial para R22.

Tipos de compresión

Por su parte, los sistemas de **refrigeración por compresión** se diferencian o separan en dos grandes tipos:

- **Sistemas de compresión simple**

Eleva la presión del sistema mediante una sola carrera de compresión. Es el más común de los sistemas de refrigeración ampliamente utilizado en refrigeradores y equipos de aire acondicionado.

- **Sistemas de compresión múltiple**

Solución de compresión ideal para bajas temperaturas debido a las altas relaciones de compresión que estos sistemas superan.

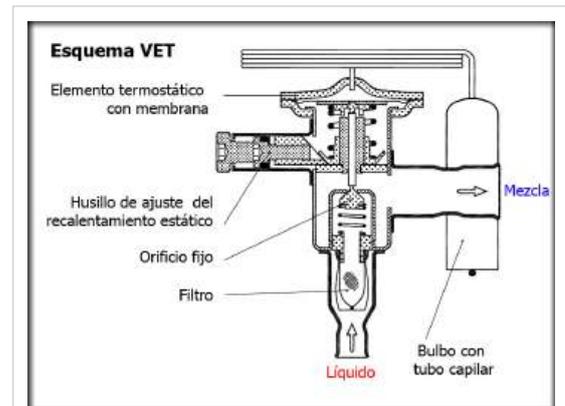
Configuración de sistemas de compresión

Sistemas de expansión directa

De compresión simple:

- **Sistema de una etapa.**

Es el sistema de refrigeración más ampliamente utilizado debido a su simplicidad y versatilidad. Su particularidad, no obstante, consiste en que por lo general para lograr bajas temperaturas capaces de absorber grandes cargas térmicas, debe alcanzar elevadas relaciones de compresión. Se puede aplicar en refrigeradores domésticos, vitrinas frigoríficas comerciales, equipos de aire acondicionado de todo tipo, y sistemas que no absorban grandes cargas frigoríficas.



La válvula de expansión termostática genera la expansión directa del refrigerante en este tipo de sistemas frigoríficos.

De compresión múltiple:

- **Sistema de doble etapa.**

La doble etapa permite, mediante un compresor de doble etapa, alcanzar elevadas relaciones de compresión y, por lo tanto, menores temperaturas con capacidad de absorber mayor carga térmica. Sistema propio en cámaras de congelado de alta eficiencia energética.

- **Sistema en cascada.**

La compresión múltiple en cascada permite, mediante dos circuitos de refrigeración de una etapa "semi independientes" y con distintos refrigerantes, alcanzar temperaturas cercanas a los -80°C . Propio en equipos de laboratorio para almacenamiento de muestras biológicas.

- **Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo abierto.**

Esta modalidad de compresión múltiple permite, mediante dos compresores y un estanque presurizado conectado entre ambos, realizar una expansión y enfriamiento del refrigerante en circulación antes de ingresar a la etapa de alta presión. Propio de sistemas industriales.

- **Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo cerrado.**

A diferencia del sistema anterior, al cual también se le puede denominar "de inyección total", aquí se produce una "inyección parcial" del refrigerante al interior del estanque a fin de producir un enfriamiento.

Sistemas con recirculado de líquido

De compresión simple:

- **Sistema con estanque de recirculado**

La recirculación de líquido es un método utilizado con la finalidad de alimentar los evaporadores inundados instalados en una gran instalación frigorífica. Generalmente se utiliza amoníaco (R717) como refrigerante.

De compresión múltiple:

- **Sistema de compresión múltiple con estanque de recirculado**

Un sistema de recirculado de compresión múltiple permite bombear refrigerante líquido a menor presión y temperatura a los evaporadores inundados.

Refrigeración por absorción

El sistema de *refrigeración por absorción* es un medio de producir frío que aprovecha las propiedades de ciertas sustancias que absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor. Otra posibilidad es emplear el agua como sustancia absorbente (disolvente) y como absorbida (solute) amoníaco.



Estanque de recirculado para amoníaco.

Diagramas Ph y Sistemas Frigoríficos

Por medio de los diagramas Presión/entalpía es posible trazar ciclos frigoríficos de compresión de diversa naturaleza, determinar capacidad y selección detallada de los componentes y la potencia total del sistema. A continuación se presentan dos ejemplos de sistemas:

Diagramas Ph y Sistemas frigoríficos.

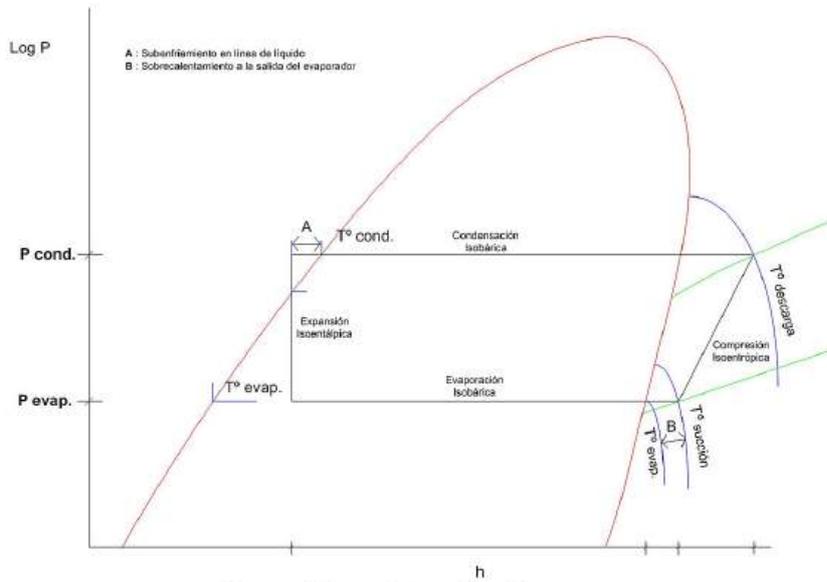


Diagrama Ph para sistema frigorífico de una etapa por compresión mecánica.

Dibujó: Pablo Méndez B.-

Diagrama Ph para sistema de una etapa y expansión directa

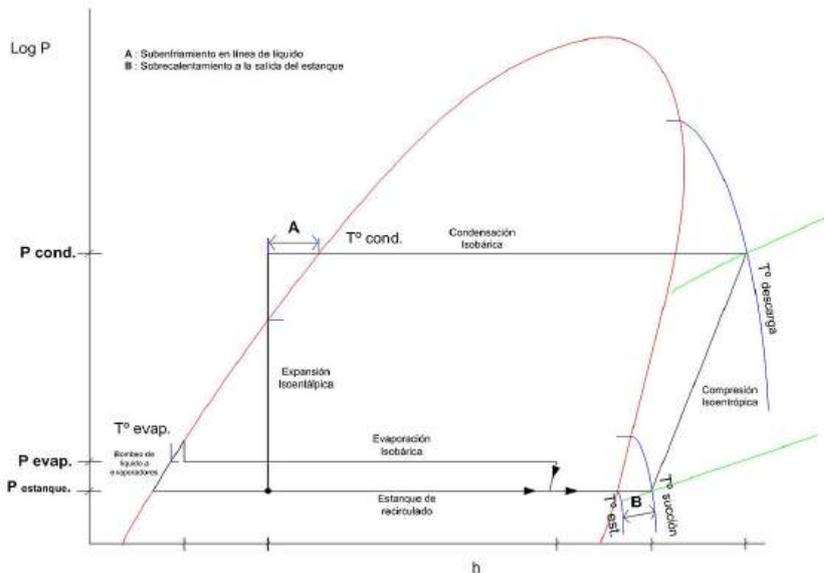


Diagrama Ph para sistema frigorífico Recirculación por Bomba Mecánica "Estanque de Recirculado".

Dibujó: Pablo Méndez B.-

Diagrama Ph para sistema con recirculación mecánica de líquido

Bibliografía

- Rapin/Jacquard (1998). *Instalaciones Frigoríficas (Tomo I Física Aplicada)*. Ed. MARCOMBO. ISBN 978-84-267-1091-8.
- Dossat, Roy J. (2001). *Principios de Refrigeración*. Ed. CECSA. OCLC 50105895 ^[2].

Citas y Referencias

[1] En estricto rigor esto corresponde a la compresión con expansión directa.

[2] <http://worldcat.org/oclc/50105895>

Véase también

- Circuito de refrigeración
- Bomba de calor
- Cámara de refrigeración
- Cámara frigorífica
- Aire acondicionado
- Climatización
- Dispositivos de expansión
- Flash-gas

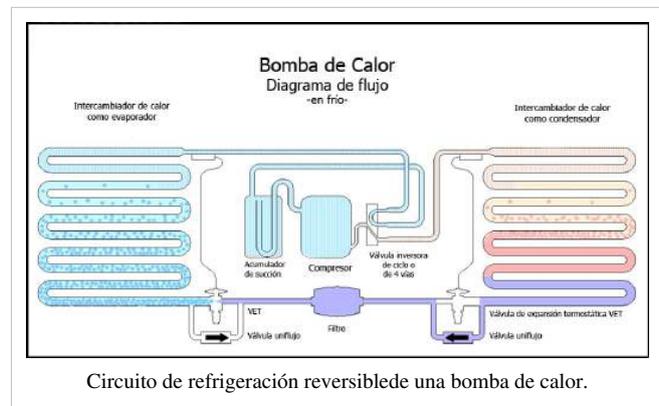
Circuito de refrigeración

Un **circuito de refrigeración** corresponde a un arreglo mecánico basado en los principios de la termodinámica y mecánica de fluidos diseñado para transferir energía térmica entre dos focos, desplazando la energía térmica contenida en uno de sus focos a fin de obtener una menor temperatura en este. Estos focos suelen ser sistemas termodinámicamente cerrados.

Este cometido se lleva a cabo forzando la circulación de un fluido refrigerante por el interior de un circuito cerrado -o semicerrado- de tuberías e

intercambiadores de calor. La circulación de este fluido refrigerante se realizará a través de máquinas de fluido como compresores y/o bombas, conforme la naturaleza y estado del refrigerante.

La constitución y configuración de un **circuito de refrigeración** no guarda un estándar establecido ya que varía conforme la aplicación y fluido utilizado. Estos varían desde el clásico enfriamiento por agua en motores de combustión interna por medio de radiadores, pasando por sistemas de refrigeración



industrial para la industria de alimentos, hasta el control de temperatura de condensadores en centrales nucleares por medio de torres de refrigeración, entre muchas otras aplicaciones.

El término de **circuito de refrigeración** se suele reemplazar por el de **sistema frigorífico** o **sistema de refrigeración** en aplicaciones de refrigeración industrial, debido a la complejidad de estos sistemas y –principalmente- a que están constituidos por dos o más intercambiadores de calor en los cuales el refrigerante sufre un cambio de estado en el cual el intercambio de calor latente es el que genera el fenómeno de refrigeración, así como al complejo sistema de control automático asociado.



Circuito de refrigeración líquidaal interior de una computadora.

En muchos casos, para que este desplazamiento de energía se lleve a cabo de buena manera, es importante que uno de los focos esté relativamente aislado del exterior para someterlo a estudio como un sistema termodinámico cerrado.^[1]

Referencias

[1] Çengel & Boles "Termodinámica" 1994 Vol I, Pág 8

Véase también

- Sistema de refrigeración
- Bomba de calor
- Refrigeración por compresión
- Refrigeración por absorción

Refrigeración por compresión

La **refrigeración por compresión** consiste en forzar mecánicamente la circulación de un fluido en un circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en el otro.

Máquina frigorífica por compresión mecánica

Una máquina frigorífica por compresión tiene por cometido desplazar energía térmica en forma de calor entre dos puntos. La más sencilla de ellas es la refrigeración por compresión mecánica de una etapa.

La **refrigeración por compresión** se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador. Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. Al evaporarse el líquido refrigerante cambia su estado a vapor. Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido como condensador y hacerlo líquido de nuevo. En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante -y producir el subenfriamiento del mismo- es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.



Compresor reciprocanteCompresor industrial de 86 Hp para R22.

Otra modalidad de evaporación del refrigerante corresponde a un arreglo que permite realizar la vaporización del refrigerante a la salida del evaporador, dando una mayor superficie efectiva a este intercambiador al mantenerlo lleno de líquido y, por consiguiente, un mayor rendimiento. No obstante lo anterior no es posible de realizar en todo tipo de sistemas de refrigeración ya que requiere de voluminosas instalaciones anexas y sistemas de bombeo para alimentar a los denominados evaporadores inundados, utilizados generalmente en plantas frigoríficas o cámaras de refrigeración industriales.

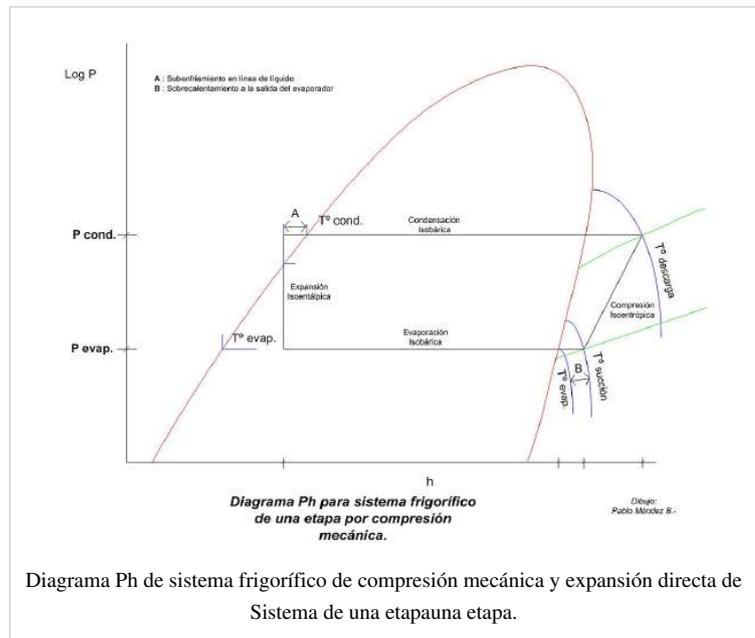


Diagrama Ph de sistema frigorífico de compresión mecánica y expansión directa de Sistema de una etapa una etapa.

Es así como la máquina frigorífica de **refrigeración por compresión** desplaza la energía entre dos focos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía se suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa.

Unidades de medida

Hay que distinguir, en la potencia, dos magnitudes: potencia absorbida (en energía mecánica, sea con motor eléctrico, con motor de explosión o con turbina) y potencia de enfriamiento o de refrigeración

- En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la potencia de los equipos frigoríficos se mide en vatios (W) o en múltiplos de sus unidades.
- En el Sistema técnico de unidades se utiliza para la potencia de enfriamiento la caloría/hora, aceptada en un anexo del SI, aunque a menudo se llama frigoría/hora que tiene la misma definición que la caloría/hora y la única diferencia es que se emplea para medir el calor extraído, no el aportado.
- En la práctica comercial norteamericana, la potencia de refrigeración se mide en "toneladas de refrigeración", o en BTUs.

Máquinas que aplican la refrigeración por compresión

- Equipos de refrigeración
- Aire acondicionado o acondicionador de aire
- Refrigerador, nevera o frigorífico
- Enfriador de agua
- Tanque de leche
- Cámara de refrigeración
- Fábrica de hielo
- Aire acondicionado automotor

Véase también

- Refrigeración
- Refrigeración por absorción
- Sistemas frigoríficos
- Elementos de refrigeración
- Ciclo de Carnot

Enlaces externos

- Sistemas de refrigeración no convencionales ^[1]
- Funcionamiento y esquema de refrigeración por compresión ^[2]

Referencias

[1] <http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/Termodinamica/PDFs/Capitulo15.pdf>

[2] <http://www.caloryfrio.com/el-saber-hacer/aire-acondicionado/sistema-de-refrigeracion-por-compresion.html>

Bomba de calor

Una **bomba de calor** es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Para lograr esta acción es necesario un aporte de trabajo acorde a la segunda ley de la termodinámica, según la cual el calor se dirige de manera espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualan.

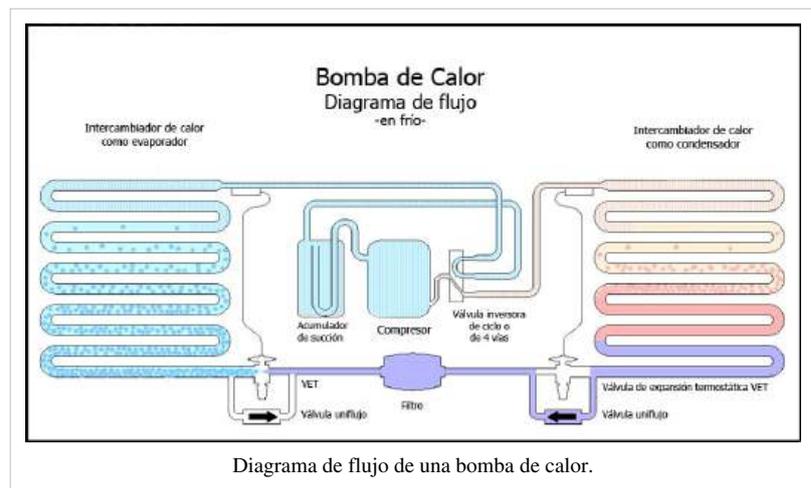
Este fenómeno de transferencia de energía calorífica se realiza -principalmente- por medio de un

sistema de refrigeración por compresión de gases refrigerantes, cuya particularidad radica en una Válvula inversora de ciclo que forma parte del sistema, la cual puede invertir el sentido del flujo de refrigeración, transformando el condensador en evaporador y viceversa.

Usos

El principio de la bomba de calor se utiliza en sistemas de climatización o HVAC, así como en sistemas domésticos de aire acondicionado, dado que el ciclo reversible que tiene este sistema otorga la posibilidad tanto de extraer como de ingresar energía al medio -"enfriar" o "calentar"- con un mismo equipo, controlando arranques, paradas y el ciclo reversible en forma automática. Gracias a su versatilidad, es posible encontrar bombas de calor tanto para calentar una piscina como para controlar el ambiente de un invernadero.

En la actualidad, y en pos del ahorro energético, cada vez es más usual encontrar arreglos de bombas de calor asistidos por colectores solares y en sistemas geotérmicos.

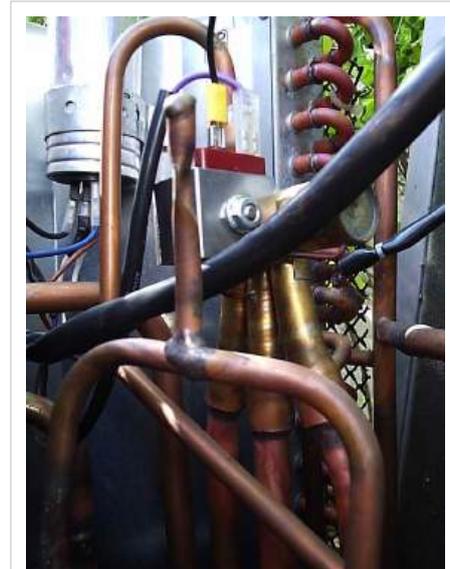


Funcionamiento

Una bomba de calor de refrigeración por compresión emplea un fluido refrigerante con un bajo punto de ebullición. Éste requiere energía (denominada calor latente) para evaporarse, y extrae esa energía de su alrededor en forma de calor.

El fluido refrigerante a baja temperatura y en estado gaseoso pasa por un compresor, el que eleva su presión aumentando así su energía interna. Éste, al pasar por el intercambiador de calor llamado condensador, cede calor al foco caliente porque está aún más caliente que éste, donde cambia su estado a líquido. Después se le hace pasar por una válvula de expansión, donde recupera la presión inicial y se enfría bruscamente. Luego pasa por otro intercambiador de calor, el evaporador, donde absorbe calor del foco frío, puesto que está más frío que dicho foco. El fluido, que se ha evaporado, regresa al compresor, cerrándose el ciclo.

La válvula inversora de ciclo o válvula inversora de cuatro vías se encuentra a la salida (descarga) del compresor y, según la temperatura del medio a climatizar (sensada en la presión de refrigerante antes de ingresar al compresor), invierte el flujo del refrigerante.



Válvula inversora de ciclo o "válvula de cuatro vías".

Rendimiento

La cantidad de calor que se puede bombear depende de la diferencia de temperatura entre los focos frío y caliente. Cuanto mayor sea ésta diferencia, menor será el rendimiento de la máquina.

Las bombas térmicas tienen un rendimiento, denominado *COP* (*coefficient of performance*) mayor que la unidad. Aunque esto puede parecer imposible, se debe a que en realidad se está moviendo calor usando energía, en lugar de producir calor como en el caso de las resistencias eléctricas. Una parte muy importante de este calor se toma de la entalpía del aire atmosférico. En toda bomba de calor se verifica que el calor transmitido al foco caliente es la suma del calor extraído del foco frío más la potencia consumida por el compresor, que se transmite al fluido.

$$Q_C = Q_F + W$$

Dado que el efecto útil de una bomba de calor depende de su uso, hay dos expresiones distintas del *COP*. Si la máquina se está usando para refrigerar un ambiente, el efecto útil es el calor extraído del foco frío:

$$COP = \frac{Q_F}{W}$$

Si la bomba de calor está usándose para calentar una zona, el efecto útil es el calor introducido:

$$COP = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_F + W}{W}$$

Una bomba de calor típica tiene un *COP* de entre dos y seis, dependiendo de la diferencia entre las temperaturas de ambos focos.

Véase también

- Refrigeración por absorción
- Termoelectricidad
- Caldera
- Termodinámica
- Rendimiento térmico
- Diagrama Ph

Enlaces externos

- Descripción del funcionamiento ^[1]
- Calefacción Geotérmica ^[2]
-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Bomba de calor**. Commons
- Bombas de calor ultra eficientes ^[3]
- Bomba de calor para reemplazar la caldera ^[4]

Referencias

[1] <http://www.caloryfrio.com/calefaccion-y-agua-caliente/bomba-de-calor/bomba-de-calor.html>

[2] <http://www.ecohabitar.org/articulos/tecnoapropiadas/geotermica.html>

[3] <http://geotermiacalefaccion.com/sistemas-geotermicos-y-aerotermicos/aerotermia-bombas-de-calor/>

[4] <http://www.caloryfrio.com/blog/?p=64>

Cámara de refrigeración

Una **cámara de refrigeración** es un recinto aislado térmicamente dentro del cual se contiene materia para extraer su energía térmica. Esta extracción de energía se realiza por medio de un sistema de refrigeración. Su principal aplicación es en la conservación de alimentos o productos químicos.

En la termodinámica clásica se la puede considerar como un sistema cerrado, debido a que la materia contenida en ella no entra en contacto con el exterior, mas no así su energía propia.^[1]

Principio de funcionamiento

A diferencia de lo comúnmente pensado una cámara de refrigeración no enfría, sino más bien extrae la energía expresada en calor contenida en su interior, todo esto por medio de un sistema frigorífico. Para esto en el interior de la cámara se ubica uno o más evaporadores de refrigerante (generalmente de tiro forzado, bien sea para evaporadores de expansión directa o evaporadores inundados según la naturaleza del sistema frigorífico), mientras el resto de los componentes del sistema se encuentran remotos. El objetivo del evaporador es absorber la energía térmica -expresado como calor latente- al sucederse el cambio de estado del refrigerante; mientras el líquido se va evaporando a baja temperatura al interior de este intercambiador de calor este absorbe energía térmica del aire que circula por las paredes exteriores del evaporador. A su vez, el suministro de refrigerante es controlado por una válvula de expansión.



Cámara de refrigeración industrial

Por su parte, la cámara debe estar aislada térmicamente a fin de minimizar la transferencia de calor por su estructura propia. Esto se logra gracias a paneles frigoríficos contruidos con polímeros sintéticos de bajo coeficiente de transferencia de calor.

Constitución física

La constitución o materialización de una cámara de refrigeración se define en función de la solicitud térmica y condiciones medioambientales a las que esté sometida, es decir, su carga térmica y temperaturas tanto exterior como interior, entre otros parámetros a considerar. En resumidas cuentas, lo que define la materialización —y en la actualidad— de las cámaras son los paneles autosoportantes de Poliestireno (POL), Poliuretano expandido (PUR) y Poliisocianurato (PIR) revestidos en láminas de acero pintado.

- **Paneles**

Estos paneles constituídos por polímeros sintéticos tienen un bajo coeficiente global de transferencia de calor debido al bajo coeficiente de conductividad térmica de sus materiales (principalmente el material aislante), que minimiza las pérdidas por conducción y convección entre los lados interior y exterior de la cámara. A su vez, estos paneles están disponibles en distintos espesores lo que implica una variación indirectamente proporcional a su coeficiente global de transferencia de calor.



Sala de recepción de carga en planta frigorífica.

De esta manera —y a modo de ejemplo- a mayor diferencia de temperatura exterior e interior, mayor espesor de panel para un mismo material.

- **Techos y pisos**

Existen distintas soluciones para techos y pisos de cámaras de refrigeración conforme su tamaño y temperatura de operación. En cámaras pequeñas, para los techos se pueden usar desde los mismos paneles de los paramentos verticales, dándole acabados especiales, hasta usar paneles especialmente diseñados para este fin, que tienen una terminación y ensamble especial (a pedido). En cámaras de mayor envergadura, estos deben ir colgados a la estructura matriz que cobija la cámara por medio de anclajes o elementos especiales; esto se hará por medio de cadenas o piolas metálicas, según su peso propio. Conforme el tamaño e intensidad de tráfico de la cámara se pueden utilizar paneles especialmente diseñados para ser utilizados como panel-piso los que tienen un revestimiento especial que permite un tráfico ligero pero no admiten vehículo motorizado alguno como los clásicos montacargas de cámaras industriales.

- **Suelos**

Para dar solución a los suelos de las cámaras frigoríficas existen también variadas soluciones conforme tamaño y temperatura de diseño; Sin embargo el criterio que prima es la temperatura de operación de la misma; si la cámara ha de trabajar por debajo de 0°C tiene que tener un suelo tratado y libre de humedad para evitar la congelación, por transmisión, de la humedad propia de la tierra, evento que por dilatación de los cristales de hielo provocará fisuras o levantamientos en el suelo de la cámara. Para esto se debe reemplazar parte del material de suelo por paneles frigoríficos hasta de cubrir toda el área de la cámara a edificar. Luego ha de trazarse el cimiento de hormigón armado para sea cual sea la cámara de temperatura negativa.

Véase también

- Cámara frigorífica

Referencias

- [1] Çengel & Boles "Termodinámica" 1994 Vol I, Pág 8

Dispositivo de expansión

En la tecnología de la refrigeración, un **dispositivo de expansión** es un elemento que disminuye la presión de un fluido pasando de un estado de más alta presión y temperatura a uno de menor presión y temperatura. Al producirse la expansión del líquido en un ambiente de menor presión, se evapora parcialmente reduciéndose la temperatura al absorber calor latente de él mismo. A su salida se pretende tener un aerosol, pequeñas gotas de refrigerante en suspensión, que facilite la posterior evaporación.

Tipos

Son ampliamente empleados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, siendo los más comunes:

- El **tubo capilar**: en los refrigeradores domésticos y pequeños sistemas climatizadores.
- La **válvula de expansión**; *manual*, *termostática (VET)*, *electromecánica* y *automática*.
- El **restringidor**.

Este dispositivo además, y según su tipo, regula el caudal de refrigerante en circulación, adecuándolo a la carga térmica a la que se ve sometido el sistema frigorífico, así como a las temperaturas del medio de trabajo.

Problemas

El fenómeno conocido como "flash-gas" altera su funcionamiento. Al dispositivo de expansión debe llegar únicamente líquido para que regule adecuadamente el caudal de refrigerante.

Cámara frigorífica

Un **frigorífico** o **cámara frigorífica** es una instalación industrial estatal o privada en la cual se almacenan carnes o vegetales para su posterior comercialización.

El producto agrícola (frutas y hortalizas) es en su gran mayoría perecedero. Después de la cosecha sigue un proceso llamado comúnmente "respiración" durante el cual los azúcares se combinan con el oxígeno del aire produciendo anhídrido carbónico y agua y despidiendo calor, hasta llegar a la completa maduración del fruto. Al mismo tiempo, los microorganismos que están presentes en los frutos a temperatura ambiente, se alimentan y reproducen a un ritmo exponencial, a medida que se acerca la maduración, destruyendo

los tejidos. Se comprobó que si se mantiene el producto cosechado a temperatura menor que la del ambiente, se consigue alargar el período de maduración un tiempo que varía desde 3-4 días hasta 6-8 meses, de acuerdo a la especie y a la variedad.

La carne de animales (bovinos, porcinos, peces, aves) después de sacrificados no siguen ningún proceso natural salvo el ataque de microorganismos que, a temperatura ambiente, atacan los tejidos. La carne deja de ser comestible en 2-3 días. También en este caso, manteniendo las carnes a bajas temperaturas, el proceso de deterioro se puede



Evaporador inundadoEvaporadores inundados para amoníaco encámara de refrigeración para frutas.

evitar y así consumir la carne varios meses después del sacrificio.

La posibilidad de ofrecer los frutos y las carnes durante un período más largo tiene una importancia alimenticia y económica muy grande. Para ello se almacenan los productos en cuartos frigoríficos a temperatura apropiada que permite ofrecerlo al consumidor mucho tiempo después de la cosecha. Hay tablas que indican a qué temperatura y humedad relativa y cuál es el tiempo máximo que es necesario mantener cada uno antes de enviarlos al mercado.

Ciclo frigorífico

Desde la prehistoria, el ser humano sabía hacer fuego y calentar, entregar calorías a frutas y hortalizas, pero enfriar, retirar calorías, lo aprendió hace poco tiempo. El físico francés Sadi Carnot en los años 20 del siglo XIX, estudiando la máquina de vapor que Watt había creado en poco tiempo atrás en Inglaterra, desarrolló teorías que fueron la base de la Termodinámica y planteó las fórmulas de la máquina frigorífica. Posteriormente otros físicos hicieron ensayos de máquinas cada vez más perfeccionados y probando diferentes gases hasta que recién a fines del siglo XIX se construyeron los primeros frigoríficos. En 1928 se comenzó con la fabricación en masa de refrigeradoras domésticas y luego camiones, vagones de tren y barcos frigoríficos.

Equipo de refrigeración

Véanse también: Elementos de refrigeración, Refrigeración por compresión y Sistema de refrigeración

El equipo de refrigeración comprende un compresor de gas movido por un motor eléctrico, un intercambiador de calor con un caño en forma de zigzag llamado condensador, otro con caño en forma de serpentín llamado evaporador y una válvula de expansión, todos interconectados por caños de cobre formando un circuito cerrado. En el interior de la cañería se introduce el gas refrigerante por medio de una válvula. El compresor y el condensador están fuera de la cámara frigorífica mientras que la válvula de expansión y el evaporador dentro de la cámara, generalmente sobre el marco de la puerta de entrada. Al trabajar el compresor eleva la presión del gas que llega caliente de la cámara por las calorías que tomó de los productos almacenados. Cuando el gas llega a los valores de presión y temperatura previstas le corresponde al gas pasar por el condensador a la fase líquida emitiendo calor latente de fusión. El condensador está provisto de aletas que transmiten el calor que pasa por las paredes del caño al aire. Si es necesario se instala un sistema de lluvia de agua en circuito cerrado que ayuda a disipar el calor. El largo del serpentín está calculado para que el gas licuado salga del condensador a temperatura ambiente. Pasa entonces por la válvula de expansión, ya en el interior de la cámara, y pierde presión. Al llegar al evaporador el gas está frío y sin presión. Le corresponde volver a su estado gaseoso. Necesita calor latente de evaporación. Éste lo toma del caño de cobre que por ello se enfría y este a su vez toma calor del aire. Con ayuda de un ventilador se establece una corriente de aire caliente de la



Compresor (máquina) Compresores de tornillo para amoníaco.



Condensador (termodinámica) Condensadores industriales enfriados por aire para R22.

cámara que pasa por el serpentín del evaporador entregando calorías del aire y de los productos almacenados. El gas llega caliente al compresor completando el circuito. El proceso continúa enfriando el aire y los productos almacenados hasta que la temperatura llega a ± 1 °C más baja que la fijada. Un termostato cierra la válvula de expansión y un presostato cierra la corriente del compresor. Pasado un tiempo la temperatura sube por el calor que pasa por las paredes y por la apertura de la puerta de la cámara. Cuando llega a ± 1 °C más alta que la fijada se abre la válvula y la corriente. El ciclo vuelve a trabajar.

Desde fines del siglo XIX se usaba amoníaco como gas refrigerante, pero es tóxico y por lo tanto peligroso cuando hay pérdidas de gas. En los años 70 del siglo XIX se lo reemplazó por gas de la familia de los cloro-flúor-carbono CFC llamados comercialmente Freón o R11. Hace unos años se descubrió que estos gases son unos de los principales causantes del agujero de la capa de ozono, y desde entonces se busca un reemplazante que tenga las mismas características que el Freón pero que se descomponga antes de llegar a la capa de ozono. En el ínterin se sigue usando gases de la misma familia pero que son menos dañinos. En instalaciones grandes con personal de control, se sigue usando amoníaco, también denominado R717.

Planta frigorífica

El edificio de la planta tiene piso, paredes y techo recubiertos con varias capas de material plástico aislante y entre ellas una chapa metálica para impedir la filtración de humedad (vapor de agua). El edificio incluye:

1. Cámaras a un costado o a los dos de un corredor. Cada una con una puerta de cierre hermético manual o automática por la cual entran y salen los productos a enfriar. Para facilitar la circulación del aire frío que llega del evaporador ubicado encima del marco de la puerta se debe dejar libre 50 cm de la parte superior y 10 cm de las paredes. Los frutos que llegan de la cosecha pueden venir en cajones estibados o en cajas sobre palés (o pallets) cargados hasta una altura de 1,80 m las cajas vienen en pallets de 1,20 x 1,00 m que se estiban hasta una altura de 1,80 m. Hay diferentes modelos de cajas y diferentes medidas y modelos de palés incluso con armazones para aumentar la estabilidad. En el caso de palés sin refuerzos no es posible



Equipo autónomo de respiración para planta de amoníaco.



Sala de recepción de planta frigorífica



Sala de máquinas industrial de mediana capacidad para R22.

- montar mas que 3 pisos. Los cuartos tendrán una altura de 6,50 m y el montacargas debe tener un mástil capaz de acomodar 3 pisos de palés. Cuando se planifica para 2 pisos, tendrá una altura de 4,50 m.
2. Corredor: No tiene evaporador. La temperatura reinante es intermedia entre la del exterior y la de los cuartos. El frío lo recibe por las paredes de los cuartos y a través de las puertas cuando se abren para sacar o introducir frutos. El ancho del corredor debe permitir una fila de palés o cajones preparados para entregar un pedido o en espera de introducir mercadería, y a la vez el movimiento del montacargas e incluso la posibilidad de girar 90° para entrar a las cámaras. Sobre el marco de las puertas hay termómetros, higrómetros y campanas de alarma para cuando la temperatura del cuarto sube más de lo fijado.
 3. Sala de máquinas incluye:
 - compresor y su motor eléctrico,
 - condensador con ventilador para enfriarlo, (cabe señalar que no siempre se encuentra al interior de la sala de máquinas debido a que debe liberar gran cantidad de calor, conforme la magnitud de la instalación)
 - generador y compresor de emergencia capaz de mantener la temperatura reinante en los cuartos en caso de falla del equipo o de la corriente o desperfecto del compresor,
 - tablero de mandos de la maquinaria y la iluminación.

1. Oficinas, vestuario y depósito de repuestos.

El frigorífico es una actividad de capital intensivo. El servicio a la inversión en edificio, aislamiento, instalaciones y maquinaria suma el 50% de los gastos. Otros gastos fijos (personal de mantenimiento y vigilancia, impuestos) suman 15%. Los gastos variables son sólo el 35%. El inversor debe asegurarse la ocupación de las cuartos.

Hay ventajas de escala: los costos del metro cúbico de cuarto frío disminuyen con el tamaño de las instalaciones.

Frigorífico de frutas y hortalizas

Para sacar el mayor provecho del almacenamiento en el frigorífico de frutas y hortalizas, hay que realizar correctamente operaciones previas en la cosecha y post cosecha, a saber:

Cosecha

El fruto debe ser cosechado al comenzar el período de maduración para que le quede, después de enfriado, el tiempo necesario para el empaque y las etapas de comercialización y al consumidor le llegue días antes de la completa maduración.

Durante la cosecha se debe evitar que el fruto reciba golpes. En fincas grandes el cosechador deposita el fruto en una bolsa de tela que lleva adherida a la cintura. Cuando está llena vuelca el contenido en cajones, situados entre las filas de los árboles, que pueden contener 300-400 kg de fruta. Los cajones que en el pasado eran de madera y ahora generalmente de plástico, son de diferentes medidas. Un modelo es de 1,60 x 1,05 m y 0,60 m de alto y otro 1,12 x 1,12 m y 0,80 m de alto, y tienen patas que encajan en el marco superior de un cajón inferior formando estibas. Un tractor, que tiene montado a la toma de fuerza hidráulica un aplique que lo transforma en un montacargas elevador, lo transporta a un camión y éste al patio techado del frigorífico. En fincas pequeñas el cosechador lleva una caja de plástico para 20 kg. Cuando la llena, la lleva a un techado formando estibas y un camión las transporta al frigorífico. El daño a los tejidos por golpes o caídas no se notan en el momento pero el tejido dañado es atacado por bacterias y al poco tiempo se pudre, lo que daña a los frutos que están en la cercanía. En otros casos aparecen manchas en la piel.

Post Cosecha

Cuando el lote está programado para permanecer en el frigorífico muchos meses o está destinado a la exportación, se realiza una preselección. La base del equipo es una mesa con un tapiz rodante de goma. Personal a los costados de la mesa retira lo que no debe entrar en el lote, ya sea material dañado o tamaños inadecuados. Se puede completar el

equipo con un volcador mecánico y un volcador a cajones de la mercadería seleccionada. Hay casos de fumigaciones para curar heridas o inhibir brotes, etc.

Parámetros

Cuatro parámetros determinan el comportamiento del fruto en el frigorífico: Temperatura, humedad relativa, tiempo de almacenamiento y si es climáticos o no. Se dan tablas con valores de temperatura y humedad relativa que deben reinar en el cuarto y el tiempo que es posible mantener a frutas y hortalizas. Los valores son aproximados, ya que varían con la variedad y el clima de la región.

Temperatura

Se puede indicar en forma general que las frutas y hortalizas de clima templado se deben mantener entre 0 °C y 4 °C y los de clima subtropical y tropical de 8 °C hasta 13 °C. Cuando se almacenan frutos con diferentes temperaturas, se tendrá que enfriar a la temperatura más alta por el peligro de deterioro. Las frutas tropicales y las verduras no prolongan su vida útil bajando la temperatura. Cuentan con la ventaja de un período de cosecha largo.

Humedad relativa

La gran mayoría requiere 95-98% de humedad. Si la humedad en la cámara es menor que la que corresponde, el aire toma humedad del fruto almacenado y éste al salir pesa menos que a la entrada y hay peligro que la piel se arrugue. Si llega al 100% hay peligro que al pasar por el evaporador parte de la humedad se congele.

Tiempo

Las que mejor responden al enfriamiento son las manzanas y peras (4-5 meses), zanahorias, cebollas y ajos (4-6 meses), papas y batatas hasta la cosecha del año siguiente. Mango, avocado y banano para la exportación se cosechan verdes, y van madurando hasta que llegan a destino. El banano que llega a destino verde, se madura en cuartos con etileno.

Etileno

El etileno es un hidrocarburo (C_2H_4) que una hormona exhala en determinados frutos en forma brusca al comenzar la maduración e influye acelerándola y dando características particulares de color y textura. Esos frutos son llamados climáticos. Los principales son:

De clima templado: manzana, pera, melón, sandía, ciruela, melocotón.

De clima tropical: avocado, mango, banano, guayaba, kiwi, zapote.

Los no climáticos (que no producen etileno o muy poco) son: uva, oliva, cítricos, liche, piña, frutilla, cereza y hortalizas. Esto determina que no puedan madurar en la misma cámara diferentes frutos climáticos pues se produce un aumento de la cantidad de etileno que apresura excesivamente la maduración y obliga a retirar fruta antes del tiempo programado. Los cuartos con manzanas tienen no solo cuartos separados sino entradas del exterior separadas con el kiwi.

Cámaras frigoríficas de aire controlado (Atmósfera Controlada)

Disminuyendo la proporción de oxígeno en el aire de la cámara, disminuye el ritmo de "respiración" de la fruta y ello permite prolongar el tiempo que la fruta permanece en el frigorífico. Uno de los métodos es reducir el oxígeno a 1%, reemplazando el faltante con nitrógeno (gas inerte) y manteniendo constante el porcentaje de CO₂. Firmas especializadas venden equipos apropiados que cambian la composición de la atmósfera de la cámara y controlan que no varíe durante todo el tiempo hasta la apertura. De esta forma se puede mantener la venta de manzanas y peras hasta la cosecha del año siguiente. En las publicaciones consultadas hay referencia a diferentes fórmulas y equipos que se aplican a otros frutos con el objeto de exportar en contraestación en contenedores con aire tratado, en barco, frigoríficos.

Planificación del mercadeo

Productores que envían su producción al frigorífico tienen que planificar su política de mercadeo teniendo para elegir 3 alternativas:

1. Enviar la cosecha al mercado,
2. mandar al frigorífico,
3. mandar a Aire Controlado.

De acuerdo a las variedades que tiene, puede usar los 3 canales en proporciones diferentes de acuerdo a las características de las variedades que tiene y las del mercado: Un productor de 5 variedades puede decidir para su producción de variedad Orleans mandar 50% directamente al mercado, 25% a cámaras frigoríficas comunes y 25% a Ambiente Controlado mientras que de la variedad Johnatan enviar 10% al mercado, 30% a común y 60% a controlado. Las otras variedades tienen proporciones intermedias. El costo del enfriamiento en AC es el doble pero el aumento del costo es marginal tomando en cuenta el aumento de la producción que se consigue.

Enfriamiento rápido

A medida que baja la temperatura, la actividad de las bacterias disminuye y también el ritmo de respiración, por eso es importante llegar en el menor tiempo a +/- 10 °C. En el caso de peras y manzanas se permite llegar en 24 horas pero en muchos casos es necesario llegar más rápido. Para ello hay varias posibilidades, a saber:

Cámara de enfriamiento rápido: En frigorífico de varias cámaras se instala una con compresor más potente. La carga destinada a una cámara común se coloca primero en la de enfriamiento rápido que llega en pocas horas a alrededor de 10 °C.

Corrientes de aire frío: En un túnel de aire frío con 100% de humedad se pasa la fruta ya acomodada en canastillas de plástico. Se aplica para frutilla y cereza.

Agua fría (hydro cooling): El fruto se sumerge en piletas de agua fría que circula en circuito cerrado. Una cinta transportadora de tubos recoge el fruto lavado y enfriado y lo lleva a la planta de selección, clasificación y empaque y de allí al mercado o al frigorífico. Se aplica a zanahorias, nabo y rábano.

Enfriado en vacío (vacuum cooling): Para hortalizas de hoja que no pueden pasar por túnel de aire ni agua. Se introduce la hortaliza empacada y acomodada en palés en un cilindro de hierro reforzado donde se hace un vacío de 4 mm de Hg (la presión atmosférica es de 760 mm de Hg). En las condiciones de baja presión, el agua de los tejidos se evapora. El calor latente necesario lo toma de las hojas enfriándolas. Hay además en el interior del cilindro un equipo de enfriamiento. Se aplica a lechuga, espinaca.



Señalética en cámaras deatmósfera controlada.

Frigorífico de flores

Las flores se cortan con tallo del arbusto, se acomodan en baldes con agua fría y se llevan al frigorífico del criadero. Si la finca es grande, se clasifican por variedad, color y largo del tallo. Se acomodan en cajas de cartón de acuerdo a pedidos y se envían enfriadas con 100% de humedad, en camión frigorífico, a clientes o Mercado central de Flores. La temperatura debe estar a pocos grados arriba de 0 °C. Si la finca es chica un camión recoge los baldes y los transporta al Centro de empaque regional. Un inspector controla la calidad, recibe las buenas y entrega recibo de variedad y cantidad.

Frigorífico de carne

La carne es uno de los componentes principales de la alimentación humana. Se consume de diferentes tipos de animales. Los principales son: vacunos, porcinos y aves de corral y en menor cantidad de ovinos, caprinos y conejos. Para poder ser consumidos deben pasar primero por el matadero donde se realizan diferentes etapas para obtener la carne y otros componentes.

Enfriar vacuno

El proceso del sacrificio de vacunos incluye: aturdimiento y desangrado por la vena yugular (la sangre se recoge). El animal se cuelga por las patas traseras de un carril montado sobre un riel. Las operaciones siguientes son: desollado de la piel (ésta es enviada al saladero para su conservación temporal), corte de las patas, corte de la cabeza (pasa a línea secundaria de procesamiento), extracción de las vísceras torácicas y abdominales (las destinadas al consumo humano o industrial pasan a línea de procesamiento lateral), corte de la carcasa a lo largo de la columna vertebral y finalmente lavado.

Durante todo el proceso, aún habiendo ventilación y enfriamiento del aire, la temperatura de la media canal es de 35-38 °C y si bien la carne del animal vivo es aséptica, el contacto del personal y sus herramientas con la carcasa traen bacterias que a esa temperatura se desarrollan rápidamente. En esas condiciones la carne tiene una vida útil de 1-2 días, insuficiente para llegar al consumidor. Es imprescindible bajar la temperatura, y por esa causa el matadero debe incluir cuartos frigoríficos para bajar la temperatura a 4 °C (7 °C en el interior de la sección más gruesa). La cantidad de cuartos es función del ritmo de trabajo del frigorífico, tomando en cuenta que el proceso dura de 24 a 36 horas según el tamaño de las medias canales y que la primera que entra al cuarto no debe esperar más de media hora hasta que comience el enfriamiento. Se puede establecer un proceso continuo con un túnel con cinta transportadora de tejido de acero inoxidable donde se depositan las medias canales, que reciben aire frío a contracorriente a 4-5 °C de temperatura. En estas condiciones la vida útil es de un máximo de 3-5 semanas. El matadero puede entonces establecer un centro de distribución con un stock de 2-3 semanas de producción para abastecer a mayoristas de ciudades vecinas y supermercados respetando que las entregas sean FIFO (primero que entra es el primero que sale).

Congelar

Cuando la carne está destinada a exportación o es necesario almacenar excedentes de producción por un período mayor de 3-5 semanas, es necesario congelar la carne a -30 °C. A esa temperaturas las bacterias resistente al frío mueren y la vida útil es de 1 año o más. El cuarto de congelación recibe carne a 5 °C y el equipo frigorífico envía fuertes corrientes de aire entre -30 y -40 °C. Si la corriente es suficientemente fuerte, el cambio de estado del agua que está entre los tejidos cambia de estado formando pequeños cristales. Si el cambio es lento, en el período de cambio de estado el agua se reúne en gotas que forman cristales grandes que rompen fibras de los tejidos musculares y cambian la estructura y el gusto de la carne. Se ofrecen en el mercado cámaras prefabricadas y túneles, cada uno con el equipo necesario para congelar a variadas temperaturas, con velocidad del aire de hasta 6 m/sec y HR 95%. El proceso de congelación dura para media canal entre 12 y 18 h. La carne congelada se envuelve con una capa de tejido de algodón y otra de plástico con indicaciones. El costo del congelado es mucho mayor que el enfriado.

Deshuesar

Un proceso alternativo es pasar la media canal del matadero a una sala refrigerada para deshuesar y separar cortes en la media canal acomodando en una caja de cartón los cortes de primera y en otro los cortes para la "industria" (preparación de fiambres, embutidos, hamburguesas, enlatados). Las cajas se acomodan en una congeladora de placas que congelan a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. De esta forma se reduce el peso en un 30% y el volumen en un 50%. Los huesos van al digestor para producir harina de huesos.

En las congeladoras de placas, éstas actúan como evaporadoras tomando calorías de los productos que se colocaron entre las capas. Al hacer funcionar el equipo las placas presionan las cajas para mejor transmisión de calor.

IQF

Individual Quick Freezing es un proceso de congelación que se realiza en cortes de carne previamente enfriadas. En túneles con cinta de acero inoxidable se depositan los cortes (no gruesos) que reciben fuertes corrientes de aire que bajan la temperatura de los cortes a -20 o $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Un tablero de mandos permite variar la velocidad de la cinta. Al salir del túnel pasan al empaque, que envuelve al corte en una bolsa de plástico especial que no deja pasar gases. El extremo abierto se conecta a una bolsa de vacío y se sella. El desarrollo de estos sistemas se basan en el uso de los congeladores domésticos donde es posible mantener productos a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{F}$) y así tener una reserva de carne en el hogar.

Frigorífico de pescado

El pescado es más sensible que la carne al ataque de bacterias. Enfriado a temperaturas cercanas a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiene una vida útil de pocos días. Como ejemplo: bacalao y salmón 3 días, camarón 2, atún y arenque 1. No queda tiempo para el mercadeo. El procedimiento normal es congelar a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ o más bajo.

Los barcos pesqueros de alta mar están provistos de cuartos frigoríficos donde mantienen la pesca cercana a los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, o en su defecto en cajas con hielo en escamas o en piletas con agua de mar enfriada a cerca de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los barcos-factorías tienen también cuartos para congelar. De vuelta a la costa, se envía la pesca a la planta de procesamiento más cercana. Si es de peces medianos o chicos, por un caño con corriente de agua de mar, y si son grandes con montacargas. La primera etapa en la planta es la limpieza, que se hace de forma manual o mecánica de acuerdo al precio de la mano de obra y el tipo de pescado. Las operaciones incluyen:

1. clasificación por largo,
2. eviscerado,
3. decapitado,
4. retirada de la piel,
5. fileteado,
6. molido, eliminando huesos y aletas,
7. pelar escamas de camarón,
8. clasificación por tamaño o peso,
9. en peces medianos, corte de tajadas,
10. formación de bloques de pescados pequeños o de filetes a congelar.

Para algunas operaciones hay diferentes modelos de acuerdo a la variedad y al tamaño del pescado a procesar.

Congelado

Se realiza en cuartos frigoríficos con fuertes corrientes de aire a -30 a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los pescados grandes como atún y bacalao se cuelgan en carriles que corren en un riel similar al de las medias canales. Ventiladores en la pared perpendicular al riel envían fuertes corrientes de aire. El pescado de tamaños menores se acomoda en bandejas que se introducen en carretas que ruedan al cuarto, y sobre ellas hay un evaporador. Un ventilador adosado al evaporador manda una corriente a las carretas y otro en el extremo opuesto absorbe el aire que pasó por las carretas. Se genera así un circuito cerrado que va bajando la temperatura hasta llegar a la fijada. Se retiran las carretas del cuarto, se sacan las bandejas y se introduce otra carga de pescados en bandejas. De ser posible se establece un tren de carretas

de manera que de un extremo del cuarto se retira la carreta con la carga congelada y se introduce otra cargada con pescados a congelar por el otro extremo.

IQF

En un túnel de congelado con malla de acero inoxidable se colocan pescados o filetes que caen congelados al otro extremo por corriente de aire a temperatura fijada. Un factor importante para determinar el tiempo de la congelación es el espesor. La velocidad del aire no tiene mucha influencia en la velocidad del descenso de la temperatura según el espesor del pescado. El tablero de comando del túnel permite variar los diferentes parámetros (velocidad de la cinta, velocidad del aire).

Empacado al vacío

Las congeladoras domésticas están programadas para mantener una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{F}$), suficiente para la compra de pescado y filetes congelados empacados al vacío. Al salir de la cinta o del cuarto de congelado se embolsan en plástico impermeable a los gases. Se hace el vacío en la bolsa y se sella.

Frigorífico de fruta seca

El pecán es la nuez que necesita mantenerse en frigorífico a -2 a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de 60-70%. Antes del almacenado se debe retirar la piel seca del fruto. Generalmente el frigorífico forma parte de la planta que incluye selección, clasificación partido de la nuez y empaque. Las otras variedades no exigen frigorífico.

Frigorífico de huevos

Generalmente los huevos se almacenan en época de máxima producción hasta la de baja. La temperatura del cuarto debe ser de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y HR de 82 a 85%. Los huevos absorben olores, por lo se recomienda mantenerlos en cuartos separados.

Véase también

- Agroindustria
- Centros de acopio
- Cámara de refrigeración
- Sistema frigorífico

Referencias

- FAO (1994). *Obtención de carne*. Editorial Trillas. ISBN 968-24-3961-2.
- FAO (1991). *Subproductos animales*. Editorial Trillas. ISBN 968-24-3688-5.
- FAO (1993). *Elaboración de productos cárnicos*. Editorial Trillas. ISBN 968-24-3689-3.
- FAO (1991). *Elaboración de frutas y hortalizas*. Editorial Trillas. ISBN 968-24-3219-7.
- Desrosier, Norman W (1980). *Conservación de alimentos*. Compañía Editorial Continental.

Compresor (máquina)

Un **compresor** es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los **compresores** también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

Utilización

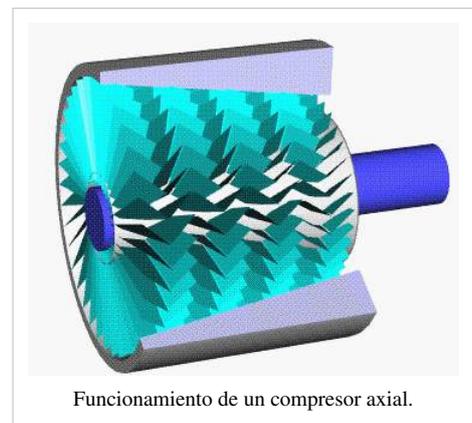
Los **compresores** son ampliamente utilizados en la actualidad en campos de la ingeniería y hacen posible nuestro modo de vida por razones como:

- Son parte importantísima de muchos sistemas de refrigeración y se encuentran en cada refrigerador casero, y en infinidad de sistemas de aire acondicionado.
- Se encuentran en sistemas de generación de energía eléctrica, tal como lo es el Ciclo Brayton.
- Se encuentran en el interior muchos "motores de avión", como lo son los turborreactores y hacen posible su funcionamiento.
- se pueden comprimir gases para la red de alimentación de sistemas neumáticos, los cuales mueven fábricas completas.

Tipos de compresores

Clasificación según el método de intercambio de energía:

- Sistema Pendular Taurozzi
- Reciprocantes o Alternativos: utilizan pistones (sistema bloque-cilindro-émbolo como los motores de combustión interna). Abren y cierran válvulas que con el movimiento del pistón aspira/comprime el gas. Es el compresor más utilizado en potencias pequeñas. Pueden ser del tipo herméticos, semi-herméticos o abiertos. Los de uso doméstico son herméticos, y no pueden ser intervenidos para repararlos. los de mayor capacidad son semi-herméticos o abiertos, que se pueden desarmar y reparar.
- de Espiral (Orbital, *Scroll*)
- Rotativo-Helicoidal (Tornillo, *Screw*): la compresión del gas se hace de manera continua, haciéndolo pasar a través de dos tornillos giratorios. Son de mayor rendimiento y con una regulación de potencia sencilla, pero su mayor complejidad mecánica y costo hace que se emplee principalmente en elevadas potencias, solamente.
- Rotodinámicos o Turbomáquinas: Utilizan un rodete con palas o álabes para impulsar y comprimir al fluido de trabajo. A su vez éstos se clasifican en:
 - Axiales
 - Radiales



Análisis de la Compresión de un Gas

Imaginemos que en el cilindro de la figura anexa tenemos un volumen V de un gas ideal y está "tapado" por un pistón que es capaz de deslizarse verticalmente sin fricción. En un principio este sistema se encuentra en equilibrio con el exterior, es decir, la presión que ejerce el gas sobre las paredes del cilindro y sobre el pistón (que es la misma en todas las direcciones) p_{int} es igual a la presión que ejerce el peso del pistón sobre el gas p_{ext} , y más ninguna otra fuerza obra sobre nuestro sistema.

Ahora imaginemos que repentinamente aumentamos la presión externa a p'_{ext} y como la presión que ejerce el gas sobre el pistón es $p_{int} < p'_{ext}$ el equilibrio se romperá y el cilindro deslizará hacia abajo ejerciendo un trabajo $W = fuerza * desplazamiento = p'_{int} \Delta V$. Esta energía, por la primera ley de la termodinámica, se convertirá instantáneamente en un incremento de energía interna del gas en el recipiente, y es así como el gas absorberá el trabajo del desplazamiento pistón.

Compresión Isotérmica Reversible para gases ideales

Esta forma de compresión es una secuencia de infinitas etapas, o estados, de equilibrio que se conoce como movimiento cuasi-estático, en los que siempre se cumple que la presión que ejerce el gas sobre las paredes del recipiente es igual a la presión que ejerce el pistón sobre el gas $p_{ext} = p_{int} = nRT/V$.

Véase también

- Tabla DIN 51519 ^[1]
- Máquina de fluido
- Refrigeración
- Refrigeración por compresión
- Relación de compresión
- Acondicionamiento de aire

Referencias

[1] http://www.widman.biz/Seleccion/Viscosidad/DIN_51519/din_51519.html

Acondicionamiento de aire

El **acondicionamiento de aire** es el proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire adentro de los locales.

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan los autónomos y los centralizados. Los primeros producen el calor o el frío y tratan el aire (aunque a menudo no del todo). Los segundos tienen un/unos acondicionador/es que solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (calor o frío) de un sistema centralizado. En este último caso, la producción de calor suele confiarse a calderas que funcionan con combustibles. La de frío a máquinas frigoríficas, que funcionan por compresión o por absorción y llevan el frío producido mediante sistemas de refrigeración.

La expresión *aire acondicionado* suele referirse a la refrigeración, pero no es correcto, puesto que también debe referirse a la calefacción, siempre que se traten (acondicionen) todos o algunos de los parámetros

del aire de la atmósfera. Lo que ocurre es que el más importante que trata el aire acondicionado, la humedad del aire, no ha tenido importancia en la calefacción, puesto que casi toda la humedad necesaria cuando se calienta el aire, se añade de modo natural por los procesos de respiración y transpiración de las personas. De ahí que cuando se inventaron máquinas capaces de refrigerar, hubiera necesidad de crear sistemas que redujesen también la humedad ambiente.



Exterior de un sistema de aire acondicionado moderno (Unidad dividida o tipo "split").

Sistemas de refrigeración

Los métodos de refrigeración que se utilizan generalmente son de *compresión mecánica* que consiste en la realización de un proceso cíclico de transferencia de calor interior de un edificio al exterior, mediante la evaporación de sustancias denominadas *refrigerantes* como el freón, las que actualmente están siendo reemplazados por refrigerantes alternativos que no afectan el medio ambiente y la capa de ozono

Esta sustancia se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura, evaporándose en un serpentín denominado *evaporador* mediante la extracción de aire del interior del local más caliente.

Luego, en estado de vapor se succiona y comprime mediante un compresor aumentando su presión y consecuentemente su temperatura, condensándose en un serpentín denominado *condensador* mediante la cesión de calor al aire exterior más frío.

De esa manera, el refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al evaporador mediante una *válvula de expansión* en equipos individuales, que origina una brusca reducción de presión, provocando una cierta vaporización del líquido que reduce su temperatura, retornando a las condiciones iniciales del ciclo.

Se puede emplear *agua* como medio de enfriamiento para provocar la condensación en vez del aire exterior, la que es enfriada mediante una *torre de enfriamiento*.

El elemento básico es el compresor del *tipo alternativo* o a *pistón* que se utiliza en la mayoría de los casos. También se utilizan compresores *rotativos* para sistemas pequeños o tipo espiral llamado *scroll*. En grandes instalaciones se suelen emplear compresores axohelicoidales llamados a *tornillo* o del tipo *centrífugo*.

En la actualidad se están desarrollando varios sistemas que mejoran el consumo de energía del aire acondicionado, son el aire acondicionado solar y el aire acondicionado vegetal. El aire acondicionado solar utiliza placas solares térmicas o eléctricas para proveer de energía a sistemas de aire acondicionado convencionales. El aire acondicionado vegetal utiliza la evapotranspiración producida por la vegetación de un jardín vertical para refrigerar una estancia.

Clasificación de los equipamientos

Los equipamientos de refrigeración se utilizan para enfriar y deshumidificar el aire que se requiere tratar o para enfriar el agua que se envía a unidades de tratamiento de aire que circula por la instalación, por ello, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Expansión Directa.
- Expansión Indirecta (agua fría).

Expansión Directa

Se caracterizan por que dentro del serpentín de los equipos, se expande el refrigerante enfriando el aire que circula en contacto directo con él.

Se pueden emplear equipos *compactos autoconenidos* que son aquellos que reúnen en un solo mueble o carcasa todas las funciones requeridas para el funcionamiento del aire acondicionado, como los *individuales de ventana* o, en caso de mayores capacidades, los del tipo *roof-top* que permiten la distribución del aire mediante conductos.

Los sistemas llamado *separado* o *split system* se diferencian de los autoconenidos porque están repartidos o divididos en dos muebles uno exterior y otro interior, con la idea de separar en el circuito de refrigeración: la zona de evaporación en el interior con la zona de condensación en el exterior. Ambas unidades van unidas por medio de tuberías de cobre para la conducción del gas refrigerante.

Los sistemas *multi split* consisten en una unidad condensadora exterior, que se puede vincular con dos o más unidades interiores. Se han desarrollado equipamientos que permiten colocar gran cantidad de secciones evaporadoras con solo una unidad condensadora exterior mediante la regulación del flujo refrigerante, denominado VRV.

Todas estas unidades son enfriadas por aire mediante un condensador y aire exterior circulando mediante un ventilador. También existen sistemas *enfriados por agua* que se diferencian de aquéllos, en que la condensación del refrigerante es producida por medio de agua circulada mediante cañerías y bomba, empleando una *torre de enfriamiento*.

Expansión Indirecta

Utilizan una unidad enfriadora de agua, la cual es distribuida a equipos de tratamiento de aire donde el serpentín trabaja con agua fría, denominados *fan-coil*; (ventilador-serpentín), que puede ser del tipo central constituido por un gabinete que distribuye el aire ambiente por medio de conductos o individuales verticales que se ubican sobre pared o bajo ventana u horizontales para colgar bajo el cielorraso.

Funciones que deben cumplir los equipos de climatización

Las funciones que deben cumplir los equipos de aires acondicionados consisten en:

- En verano: enfriamiento y deshumectación.
- En invierno: calentamiento y humectación.
- Comunes en invierno y verano: ventilación, filtrado y circulación.

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente.
- Sin ruidos molestos.
- Con el menor consumo energético.

Ventilación

La función de *ventilación*, consiste en la *entrada de aire exterior*, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como el resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan viciamientos y olores.

El aire nuevo del edificio o aire de ventilación penetra a través de una reja de toma de aire, en un recinto llamado *pleno de mezcla*, en él se mezcla el aire nuevo con el aire de retorno de los locales, regulándose a voluntad mediante *persianas* de accionamiento manualmente o eventualmente automáticas.

Filtrado

La función de filtrado se cumple en la *batería de filtros*. Consiste en tratar el aire mediante filtros adecuados a fin de quitarle polvo, impurezas y partículas en suspensión. El grado de filtrado necesario dependerá del tipo de instalación de acondicionamientos a efectuar. Para la limpieza del aire se emplea filtros que normalmente son del tipo mecánico, compuestos por sustancias porosas que obligan al aire al pasar por ellas, a dejar las partículas de polvo que lleva en suspensión. En las instalaciones comunes de confort se usan filtros de poliuretano, lana de vidrio, microfibras sintética o de metálicos de alambre con tejido de distinta malla de acero o aluminio embebidos en aceite. En las instalaciones industriales o en casos particulares se suelen emplear filtros especiales que son muchos más eficientes.

El filtro es el primer elemento a instalar en la circulación del aire porque no solo protege a los locales acondicionados sino también al mismo equipo de acondicionamiento.

Enfriamiento y deshumectación

La función de *refrigeración y deshumectación*, se realiza en verano en forma simultánea en la *batería de refrigeración*, dado que si no se realiza, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. La humedad contenida en el aire que circula se elimina por *condensación*, porque se hace trabajar la batería a una temperatura inferior a la del punto de rocío

En instalaciones industriales que se requiere gran posición puede aplicarse un sistema separado empleando para la deshumectación *agentes absorbentes* como la sílica-gel.

Calentamiento

El calentamiento del aire se efectúa en invierno en la *batería de calefacción*, por medio de una batería agua caliente o vapor vinculadas con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos. Para aplicaciones de confort en instalaciones de agua fría se suele emplear la misma batería que se usa para refrigerar para calentar haciendo circular agua caliente por la misma, en la época de invierno. El sistema de expansión directa también se puede emplear la misma batería haciendo funcionar el sistema en el *ciclo de bomba de calor*.

Humectación

En invierno, si se calienta el aire sin entregarle humedad, la humedad relativa disminuye provocando resecaamiento de las mucosas respiratorias, con las consiguientes molestias fisiológicas.

La *función de humectación*, que se ejecuta en invierno en el *humectador*, debe colocarse después de la batería de calefacción dado que el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

Existen aparatos que evaporan el agua contenida en una bandeja, por medio de una resistencia eléctrica del tipo blindado, la cual es controlada por medio de un humidostato de ambiente o de conducto. En los casos de grandes instalaciones, se recurre a baterías humidificadoras que incorporan al aire agua finamente pulverizada y, como cumplen además una función, suelen llamarse también *lavadores de aire*.

Para instalaciones de confort, salvo casos de climas exteriores muy secos, la experiencia demuestra que no es necesario cumplir la función de humectación, teniendo en cuenta que las personas aportan una cierta cantidad de humedad en el ambiente. De hecho, los equipos estándar de confort, no vienen provistos de dispositivos de humectación incorporados.

Circulación

La *función de circulación* la realiza el *ventilador* dado que es necesario un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzca corrientes enérgicas que son perjudiciales. Se emplean ventiladores del tipo *centrífugo*, capaces de hacer circular los caudales de aires necesarios, venciendo las resistencias de frotamiento ocasionadas en el sistema con bajo nivel de ruidos.

En los equipos destinados a pequeños locales como el acondicionador de ventana o el fan-coil individual, el aire se distribuye directamente mediante rejillas de distribución y retornos incorporados en los mismos. Pero en equipos de cierta envergadura que abastece varios ambientes o recintos amplios debe canalizárselos por medio de *conductos*, generalmente construido en chapa de hierro galvanizado, convenientemente aislados, retornando mediante rejillas y conductos a las unidades.

En los ambientes, la inyección de aire se realiza por medio de *rejillas* sobre paredes o *difusores* sobre los cielorrasos y el retorno se efectúa por rejillas colocada en la parte inferior de los locales, con el objetivo de conseguir un adecuado movimiento de aire en la *zona de vida* del local en cuestión, que se encuentra en un plano ubicado a 1.50 m sobre el nivel del piso.

Consumo energético

El costo que actualmente representa la energía eléctrica es de vital importancia en una especialidad como el aire acondicionado que requiere un elevado consumo, por lo que su reducción representa una de las premisas básicas en los criterios de diseño.

Para ello, existen numerosas tecnologías y medios de aplicación, que se centran fundamentalmente en el ajuste de las necesidades, la utilización de fuentes de energía no convencionales, el incremento de la eficiencia y la recuperación de la energía residual, independientemente de utilizar equipos de alto rendimiento.

El apropiado uso del *aislamiento térmico* en el edificio, contribuye un elemento fundamental, dado que ellos implica equipos de aire acondicionado más pequeños con un consumo energético menor durante toda su vida útil del edificio. A su vez la aislación térmica reduce al mínimo las pérdidas de calor en los equipos, unidades de tratamiento de aire y la red de conductos y cañerías de la instalación.

Por otra parte, es indispensable la adopción de soluciones arquitectónicas que tiendan a la reducción de consumo energético teniendo en cuenta el aprovechamiento de la radiación solar, protecciones y una adecuada especificación de aventanamientos para reducir infiltraciones.

Es muy importante analizar la automatización de los circuitos de alumbrado y el empleo de lámparas de alto rendimiento, así también como reguladores que permitan el nivel de iluminación en función de las reales necesidades.

En el transcurso de un año de funcionamiento del sistema de climatización existen períodos de tiempo en los cuales las características del ambiente exterior del edificio son favorables para la climatización mediante el aire exterior, mediante un sistema economizador denominado comúnmente **free-cooling**, especialmente en la época intermedia.

Otro aspecto a considerar es el incremento de la eficiencia energética, mediante el **fraccionamiento de la potencia** de los equipos, con objeto de adaptar la producción de aire acondicionado a la demanda del calor del sistema, parcializando las unidades productoras a fin de conseguir en cada instante, el régimen de potencia más cercano al de máximo rendimiento. La utilización del **ciclo bomba de calor** para calefacción es recomendable en lugar de resistencias eléctricas y el empleo de gas natural para refrigeración con unidades enfriadoras de agua operando con el ciclo de absorción constituye una alternativa a considerar.

Otras formas de ahorrar energía consiste en la **recuperación de calor de condensación** aprovechando que los equipos frigoríficos desprenden en su funcionamiento gran cantidad de calor que convenientemente recuperada puede ser empleada para otros servicios o zonas frías del edificio o también el **almacenamiento de energía** enfriando agua o produciendo hielo en las horas de la noche cuando la tarifa energética es más económica, el que está destinado a recortar los picos térmicos diarios, permitiendo reducir de esa manera, el tamaño de los equipos acondicionadores.

Control Automático

El automatismo se realiza básicamente mediante un termostato que comandan el funcionamiento de los equipos y un humidistato para el control de la humedad. Esto constituye uno de los aspectos primordiales, dado que si bien el diseño de la instalación se efectúa en función de las condiciones más desfavorables o críticas, el sistema debe efectuar correctamente adaptándose a todas las variables climáticas y de utilización que se requieren por lo que se debe contar con los controles automáticos adecuados, especialmente en el caso de necesidades reducidas o parciales.

Adicionalmente a la optimización del consumo en cada una de las instalaciones en grandes edificios, es conveniente adoptar un **sistema de gestión integral** que posibilite la operación y regulación de toda la instalación del consumo energético, así como una disminución de los costos de mantenimiento.

De esa manera, se obtiene el control directo de cada uno de los parámetros de la instalación, proporcionando en tiempo real la información de lo que está pasando en el edificio, pudiéndose tomar decisiones sobre elementos de ahorro energético, tales como selección de las condiciones interiores de confort, fijación de set-point o parámetros de

funcionamiento regulación de la iluminación, bombas de agua, etc.

Acondicionamiento de aire

En 1902 Willis Carrier sentó las bases de la maquinaria de refrigeración moderna y al intentar aplicarla a los espacios habitados, se encontró con el problema del aumento de la humedad relativa del aire enfriado, y al estudiar cómo evitarlo, desarrolló el concepto de climatización de verano.

Por aquella época un impresor neoyorquino tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, que impedían el comportamiento normal del papel, obteniendo una calidad muy pobre debido a las variaciones de temperatura, calor y humedad. Carrier se puso a investigar con tenacidad para resolver el problema: diseñó una máquina específica que controlaba la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de refrigeración de la historia.

Durante aquellos años, el objetivo principal de Carrier era mejorar el desarrollo del proceso industrial con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Los primeros en usar el sistema de aire acondicionado Carrier fueron las industrias textiles del sur de Estados Unidos. Un claro ejemplo, fue la fábrica de algodón Chronicle en Belmont. Esta fábrica tenía un gran problema. Debido a la ausencia de humedad, se creaba un exceso de electricidad estática haciendo que las fibras de algodón se convirtiesen en pelusa. Gracias a Carrier, el nivel de humedad se estabilizó y la pelusilla quedó eliminada.

Debido a la calidad de sus productos, un gran número de industrias, tanto nacionales como internacionales, se decantaron por la marca Carrier. La primera venta que se realizó al extranjero fue a la industria de la seda de Yokohama en Japón en 1907.

En 1915, empujados por el éxito, Carrier y seis amigos reunieron 32.600 dólares y fundaron “La Compañía de Ingeniería Carrier”, cuyo gran objetivo era garantizar al cliente el control de la temperatura y humedad a través de la innovación tecnológica y el servicio al cliente. En 1922 Carrier lleva a cabo uno de los logros de mayor impacto en la historia de la industria: “la enfriadora centrífuga”. Este nuevo sistema de refrigeración se estrenó en 1924 en los grandes almacenes Hudson de Detroit, en los cuales se instalaron tres enfriadoras centrífugas para enfriar el sótano y posteriormente el resto de la tienda. Tal fue el éxito, que inmediatamente se instalaron este tipo de máquinas en hospitales, oficinas, aeropuertos, fábricas, hoteles y grandes almacenes. La prueba de fuego llegó en 1925, cuando a la compañía Carrier se le encarga la climatización de un cine de Nueva York. Se realiza una gran campaña de publicidad que llega rápidamente a los ciudadanos formándose largas colas en la puerta del cine. La película que se proyectó aquella noche fue rápidamente olvidada, pero no lo fue la aparición del aire acondicionado.

En 1930, alrededor de 300 cines tenían instalado ya el sistema de aire acondicionado. A finales de 1920 propietarios de pequeñas empresas quisieron competir con las grandes distribuidoras, por lo que Carrier empezó a desarrollar máquinas pequeñas. En 1928 se fabricó un equipo de climatización doméstico que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire y cuya principal aplicación era la doméstica, pero la Gran Depresión en los Estados Unidos puso punto final al aire acondicionado en los hogares. Hasta después de la Segunda Guerra Mundial las ventas de equipos domésticos no empezaron a tener importancia en empresas y hogares

Cálculos para comprar un climatizador

Para conocer la capacidad del aire acondicionado que se debe comprar para determinado lugar se deben tener en cuenta varios factores, ellos son:

- a) Número de personas que habitarán el recinto.
- b) Potencia de los aparatos que se encuentran en el lugar que disipen calor (computadores, televisores, electrodomésticos en general). Toda la potencia se liberará como calor.
- c) Ventilación (posibles fugas de aire que puedan haber como ventanas, puertas, etc.)
- d) Volumen del lugar en metros cúbicos (m^3) Largo X Ancho X Alto.

Para realizar el cálculo de capacidad se debe tener en cuenta lo siguiente:

$$1kW = 860 \text{ kcal/h}$$

$$12.000 \text{ BTU/h} = 1 \text{ TON. DE REFRIGERACION}$$

$$1 \text{ kcal} = 3,967 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ BTU} = 0,252 \text{ kcal}$$

$$1\text{kcal/h} = 3,967 \text{ BTU/h}$$

$$1\text{HP} = 642 \text{ kcal/h}$$

CÁLCULO DE CAPACIDAD

$$C = 230 \times V + (\#PyE \times 476)$$

DONDE:

- a) 230 = Factor calculado para América Latina "Temp máxima de 40 °C" (dado en BTU/hm³)
- b) V = Volumen del ÁREA donde se instalará el equipo, Largo x Alto x Ancho en metros cúbicos m³
- c) #PyE = # de personas + Electrodomésticos instalados en el área.
- d) 476 = Factores de ganancia y pérdida aportados por cada persona y/o electrodoméstico (en BTU/h)

Véase también

- Frío solar
- Aire lavado
- Climatizador
- aire sin lavar

Referencias

- Manual del aire acondicionado y calefacción del Ing. Nestor Quadri. Editorial Alsina
- Aire acondicionado vegetal [1]

Enlaces externos

- Aire acondicionado: documentación técnica sobre equipos de aire acondicionado ^[2]
- Amplia información sobre aire acondicionado ^[3]
- Aire acondicionado vegetal ^[4]
-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Acondicionamiento de aire**. Commons

Referencias

- [1] <http://www.scribd.com/doc/27659689/Aire-Acondicionado-Vegetal>
- [2] <http://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/>
- [3] <http://www.elaireacondicionado.com>
- [4] http://www.urbanarbolismo.es/blog/?page_id=862

Climatización

La **climatización** consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. La normativa española ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión equívoca, ya que parece referirse exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), cuando en realidad debería referirse al **acondicionamiento del aire** en todas las épocas, verano e invierno.

La climatización puede ser natural o artificial.

La climatización tiene dos vertientes: la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano.

La comodidad térmica, importante para el bienestar, está sujeta a tres factores:

- **El factor humano:** La manera de vestir, el nivel de actividad y el tiempo durante el cual las personas permanecen en la misma situación, influye sobre la comodidad térmica.
- **El espacio:** La temperatura radiante media de los paramentos del local considerado y la temperatura ambiental.
- **El aire:** Su temperatura, velocidad y humedad relativa.

Entre estos factores, el humano puede ser muy variable, puesto que depende del gusto o actividad de las personas. Los otros factores pueden controlarse para ofrecer una sensación de bienestar.

El cambio de la manera de construir los edificios, los métodos de trabajo, y los niveles de ocupación han creado nuevos parámetros a los que los diseñadores ahora deben prestar atención. Los edificios modernos tienen más carga térmica que hace 50 años, por varios motivos:

- **La temperatura exterior:** los elementos separadores del interior de los edificios con el exterior no son impermeables al paso del calor, aunque pueden aislarse convenientemente. El calor pasa desde el ambiente más cálido al ambiente más frío dependiendo de la diferencia de temperaturas entre el ambos ambientes.
- **La radiación solar:** Con el desarrollo de los nuevos edificios, las nuevas técnicas han favorecido el empleo del cristal y el incremento térmico es considerable en verano cuando la radiación solar los atraviesa, pero es favorable en invierno, disminuyendo las necesidades de calefacción. El acristalamiento excesivo no es deseable en climas cálidos, pero si en climas fríos. Incluso en cerramientos opacos, no acristalados, calienta la superficie exterior aumentando el salto térmico exterior interior y, por lo tanto el paso del calor por los cerramientos opacos.
- **La ventilación:** La introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está a 30 °C.
- **La ocupación:** El número de ocupantes aumenta en los edificios, generando cada uno entre 80 y 150 W de carga térmica, según la actividad realizada.

- **La ofimática:** La proliferación de aparatos electrónicos, ordenadores, impresoras, y fotocopiadoras, que forman parte de las oficinas modernas, generan cargas térmicas importantes.
- **La iluminación:** la iluminación es un factor de calentamiento importante. Se estima en una carga de entre 15 a 25 W/m². Muchos Grandes Almacenes modernos pueden calentarse gracias únicamente a su sistema de iluminación y al calor producido por los usuarios. Esta situación es bastante frecuente en Europa.

Evidentemente, muchas de estas cargas son favorables en invierno, pero no en verano. Todas ellas deberían ser dominadas y compensadas si uno desea obtener un ambiente confortable en verano. El único medio de asegurarse esta comodidad es la **climatización**.

Modo de refrigeración

Véase también: Refrigeración por compresión

Los principios de la refrigeración se basan en transporte de calor de un punto a otro, y el medio generalmente usado para este movimiento de calor es el refrigerante.

El refrigerante atraviesa un intercambiador de calor interno para absorber el exceso de calor presente en el equipo. Pasa entonces al estado gaseoso y se lleva hacia el intercambiador exterior por tubos de cobre de sección pequeña para descargar el calor acumulado en la atmósfera. El refrigerante de esta manera se hace otra vez líquido y se lleva de nuevo al intercambiador interior para comenzar otra vez el mismo ciclo, continuando todo esto, hasta la obtención de la temperatura deseada.

Los mejores sistemas de refrigeración son los grandes. Una máquina refrigeradora produce agua fría, conocida como *chiller*, que después se distribuye a climatizadores por tuberías.

Modo calefacción

Los climatizadores denominados reversible permiten, además, hacer el ciclo antes indicado, pero para el proceso de calentamiento. Un climatizador reversible extrae el calor "libre" del exterior y lo transfiere hacia el interior. Este principio sigue trabajando en días muy fríos con las temperaturas exteriores de -5 °C, -10 °C y hasta -15 °C, según el tipo de climatizador usado. Por consiguiente, el climatizador reversible constituye un sistema de calefacción separado y permite calentarse y refrescarse con el mismo aparato.

Sin embargo suele resultar más económico, desde el punto de vista del consumo energético, utilizar un calentador por combustión (caldera) suministrando el calor mediante un caloportador al sistema de reparto interior.

Climatización en los centros de trabajo

Las condiciones de trabajo climáticas son la temperatura y la humedad en las que se desarrolla un trabajo. El trabajo físico genera calor en el cuerpo. Para regularlo, el organismo humano posee un sistema que permite mantener una temperatura corporal constante en torno a los 37 °C. La regulación térmica y sensación de confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios con el medio ambiente. Todo ello está en función de:

- Temperatura del ambiente.
- Humedad del ambiente.
- Actividad física que se desarrolle.
- Clase de vestimenta.^[1]

Unas malas condiciones termohigrométricas pueden ocasionar efectos negativos en la salud que variarán en función de las características de cada persona y su capacidad de aclimatación, así podemos encontrar resfriados, congelación, deshidratación, golpes de calor y aumento de la fatiga, lo que puede incidir en la aparición de accidentes.

Las condiciones ambientales de los lugares de trabajo, en concreto la temperatura del aire, la radiación, la humedad y la velocidad del aire, junto con la "intensidad" o nivel de actividad del trabajo y la ropa que se lleve, pueden originar situaciones de riesgo para la salud de los trabajadores, que se conocen como estrés térmico, bien por calor o por frío.

Se puede producir riesgo de estrés térmico por calor en ambientes con temperatura del aire alta (zonas de clima caluroso, verano), radiación térmica elevada (fundiciones, acerías, fábricas de ladrillos y de cerámica, plantas de cemento, hornos, panaderías, etc.), altos niveles de humedad (minas, lavanderías, fábricas de conservas, etc.), en lugares donde se realiza una actividad intensa o donde es necesario llevar prendas de protección que impiden la evaporación del sudor.

Guía técnica sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo^[2]

En caso de la realización de tareas en el exterior hay que contemplar también otros factores climáticos como la exposición al sol, capaz de causar cáncer de piel.

Referencias

[1] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Guía Técnica sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo (http://www.mtas.es/INSHT/practice/G_lugares.htm#anexo3)INSHT España [14-2-2008]

[2] http://www.mtas.es/INSHT/practice/G_lugares.htm#articulo7

Véase también

- energía renovable
- energía solar
- Sensación térmica
- Salud laboral
- Condiciones de trabajo en España



Exterior de un sistema de aire acondicionado moderno (unidad dividida o tipo "split").

Enlaces externos

- Proyecto de decreto sobre el reglamento de las instalaciones térmicas de edificios para España (http://ec.europa.eu/enterprise/tris/pisa/app/search/index.cfm?fuseaction=pisa_notif_overview&iYear=2006&inum=505&lang=ES&sNLang=ES)
- Desarrollo sostenible y optimización energética en la refrigeración / calefacción distribuida (<http://www.caloryfrio.com/opinion-del-experto/climatizacion-y-ambiente/ desarrollo-sostenible-optimizacion-energetica-refrigeracion-calefaccion-distribuida.html>)

Refrigeración

La **refrigeración** es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio. La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

La refrigeración implica transferir la energía del cuerpo que pretendemos enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termodinámicas. La temperatura es el reflejo de la cantidad o nivel de energía que posee el cuerpo, ya que el frío propiamente no existe, los cuerpos solo tienen más o menos energía térmica. De esta manera enfriar corresponde a retirar Energía (calor) y no debe pensarse en términos de " producir frío o agregar frío".

La salud y el bienestar de un país puede depender de los sistemas de refrigeración. Por ejemplo; la alimentación y el almacenamiento de vacunas, distribución, aplicación médica, industrial, comercial y doméstica de todo tipo depende de los sistemas de refrigeración.

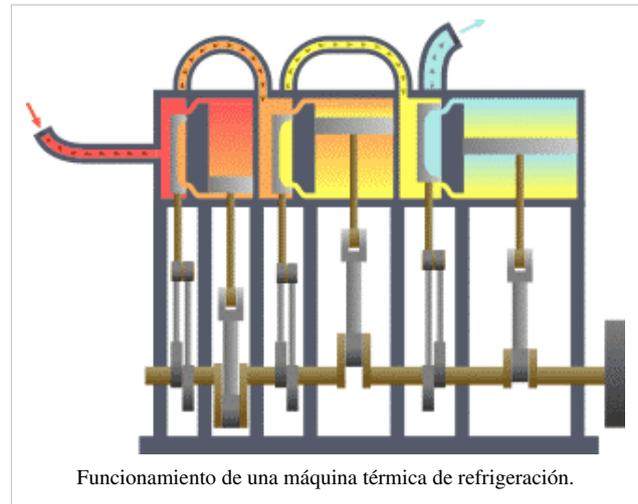
Durante la década de los 90 casi todos los países firmaron y consecuentemente ratificaron el Protocolo de Montreal de Las Naciones Unidas y sus correcciones posteriores. Este acuerdo incluye una escala de tiempo estricto para la desaparición de refrigerantes que atacan el ozono y requiere el uso provisional hasta su sustitución por refrigerantes que no dañen el ozono. Este cambio resultó en el aumento de la variedad de refrigerantes de uso común existentes de 3 a 4 veces mayor y en la necesidad de asegurarse de que las prácticas de los ingenieros sean muy exigentes.



Refrigerador doméstico.

La firma del Acuerdo de Kyoto hace que aumente la necesidad de las prácticas ya que muchos de los sistemas de refrigeración y de aire acondicionado usan una considerable cantidad de energía y por lo tanto contribuyen ya sea directa o indirectamente al calentamiento global.

La gama de aparatos de refrigeración para la enseñanza y software de ordenador de la empresa ha sido diseñada para enseñar a los estudiantes los principios básicos de la refrigeración, para así asegurarse de que la próxima generación de ingenieros sea capaz de comprender y contribuir a los cambios fundamentales que están ahora dándose lugar en la industria de la refrigeración.



Entre otras formas:

- Aprovechar diferencias de temperaturas entre el medio receptor y emisor. Transfiriendo el calor por convección, conducción o Radiación.
- Usar un proceso que requiera una aportación externa de energía en forma de trabajo, como el ciclo de Carnot.
- Aprovechar el efecto magnetocalórico de los materiales, como en la desimanación adiabática.

Aplicaciones

Las aplicaciones de la refrigeración son entre muchas:

- La **Climatización**, para alcanzar un grado de confort térmico adecuado para la habitabilidad de un edificio.
- La **Conservación de alimentos**, medicamentos u otros productos que se degraden con el calor. Como por ejemplo la producción de hielo o nieve, la mejor conservación de órganos en medicina o el transporte de alimentos perecederos.
- Los **Procesos industriales** que requieren reducir la temperatura de maquinarias o materiales para su correcto desarrollo. Algunos ejemplos son el mecanizado, la fabricación de plásticos, la producción de energía nuclear.
- La **Criogénesis o enfriamiento a muy bajas temperaturas** empleada para licuar algunos gases o para algunas investigaciones científicas.
- **Motores de combustión interna**: en la zona de las paredes de los cilindros y en las culatas de los motores se producen temperaturas muy altas que es necesario refrigerar mediante un circuito cerrado donde una bomba envía el líquido refrigerante a las galerías que hay en el bloque motor y la culata y de allí pasa un radiador de enfriamiento y un depósito de compensación. el líquido refrigerante que se utiliza es agua destilada con unos aditivos que rebajan sensiblemente el punto de congelación para preservar al motor de sufrir averías cuando se producen temperaturas bajo cero.
- **Máquinas-herramientas**: las máquinas herramientas también llevan incorporado un circuito de refrigeración y lubricación para bombear el líquido refrigerante que utilizan que se llama taladrina o aceite de corte sobre el filo de la herramienta para evitar un calentamiento excesivo que la pudiese deteriorar rápidamente.

Métodos de Enfriamiento

Los métodos más antiguos para enfriar son la evaporación, como en el caso del botijo (proceso adiabático); o la utilización del hielo o la nieve naturales. Para la preparación de refrescos o agua fría, se bajaba nieve de las montañas cercanas (a menudo por las noches) que se guardaba en pozos y, en las casas, en armarios aislados, que por esa razón se llamaban *neveras*.

Más tarde se consiguió el enfriamiento artificial mediante los métodos de compresión y de absorción.

El método por compresión es el más utilizado, sin embargo el método por absorción solo se suele utilizar cuando hay una fuente de calor residual o barata, como en la trigeneración.

Otros métodos son mediante un par termoeléctrico que genera una diferencia de temperatura; mediante una sustancia fría, como antiguamente el hielo y hoy en día la criogenia, con nitrógeno líquido o mezcla de sustancias, como sal común y hielo.

Otra posibilidad, aún en investigación y sin aplicación comercial, es utilizar el efecto magnetocalórico.^[1]

Al igual que se puede aprovechar diferencias de temperatura para producir calor, para crear diferencias de calor, se requiere energía. A veces se llama refrigeración simplemente a mejorar la disipación de calor, como en la refrigeración de los motores térmicos, o simplemente la ventilación forzada para sustituir aire caliente por aire más fresco.

Aparatos de refrigeración

- Equipos de refrigeración
- Refrigeración por compresión
- Refrigeración por absorción
- Termostato
- La heat pipe; Elemento pasivo que desplaza el calor disipado por procesadores.

Términos relacionados con la refrigeración

- Taladrina
- Líquido refrigerante
- Aceite de corte
- Cero absoluto
- Líquido anticongelante
- Glosario de Refrigeración: <http://www.promotorapicis.com/glosario.htm>
- Bomba de calor agua-agua: http://www.elaireacondicionado.com/bomba_calor/agua-agua.php

Referencias

- [1] *Ingenieros daneses desarrollan el primer refrigerador magnético* (http://www.tendencias21.net/Ingenieros-daneses-desarrollan-el-primer-refrigerador-magnetico_a1168.html)

Refrigerante

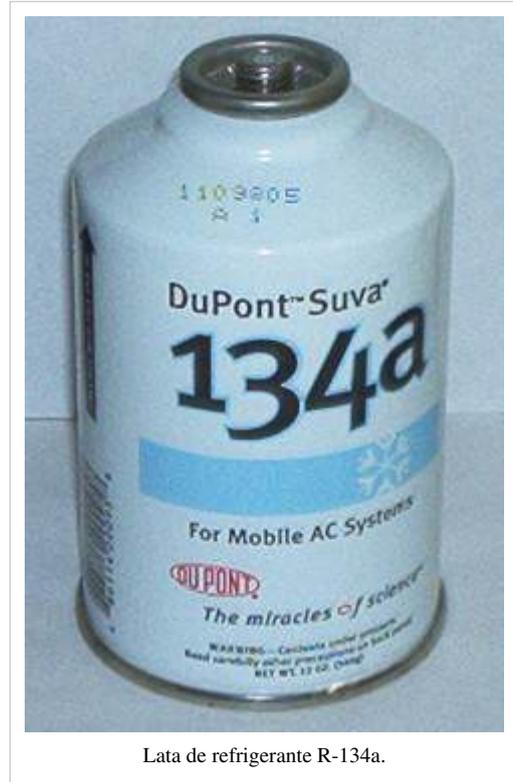
Un **refrigerante** es un producto químico líquido o gas, fácilmente licuable, que se utiliza para servir de medio transmisor de calor entre otros dos en una máquina térmica, y concretamente en aparatos de refrigeración. Los principales usos son los refrigeradores y los acondicionadores de aire.

El principio de funcionamiento de algunos sistemas de refrigeración se basa en un ciclo de refrigeración por compresión, que tiene algunas similitudes con el ciclo de Carnot y utiliza refrigerantes como fluido de trabajo.

Historia

En los años 1980 comenzaron las preocupaciones por la capa de ozono, los refrigerantes más usados eran los clorofluorocarbonos R-12 y R22. El primero era empleado principalmente para aire acondicionado de vehículos y para pequeños refrigeradores; el segundo para aire acondicionado, refrigeradores, y congeladores comerciales, residenciales y ligeros. Algunos de los primeros sistemas emplearon el R-11 por su bajo punto de ebullición, lo que permitía construir sistemas de baja presión.

La producción de R-12 cesó en Estados Unidos en 1995, y se planea que el R-22 sea eliminado en el 2010. Se está empleando el R-134a y ciertas mezclas (que no atentan contra la capa de ozono) en remplazo de los compuestos clorados. El R410a (comúnmente llamada por su nombre comercial Puron®) es una popular mezcla 50/50 de R-32 y R-125 que comienza a sustituir al R-22.



Lata de refrigerante R-134a.

Características de los refrigerantes

- Punto de congelación. Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- Calor específico. Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- Volumen específico.- El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión
- Densidad. Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- La temperatura de condensación, a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- La temperatura de ebullición, relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.
- Punto crítico lo más elevado posible.
- No deben ser líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- Dado que deben interactuar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fase líquida y no nocivos con el aceite.
- Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser buenos dieléctricos, es decir, tener una baja conductividad eléctrica.

Tipos

Por su composición química

- Los inorgánicos, como el agua o el NH_3 : Amoníaco
- Los de origen orgánico(hidrocarburos y derivados):
 - Los CFC's, Clorofluorocarbonos, perjudiciales para la capa de ozono
 - Los HCFC's.Hidroclorofluorocarbonados
 - Los HFC's.
 - Los HC: Hidrocarburos (alcanos y alquenos)
 - Las mezclas, azeotrópicas o no azeotrópicas.

Por su grado de seguridad

- GRUPO 1: no son combustibles ni tóxicos.
- GRUPO 2: tóxicos, corrosivos o explosivos a concentraciones mayores de 3,5% en volumen mezclados con el aire.
- GRUPO 3: tóxicos, corrosivos o explosivos a concentraciones menores o iguales a 3,5% en volumen.

Por sus presiones de trabajo

- Baja:
- Media:
- Alta:
- Muy alta:

Por su función

- Primario: si es el agente trasmisor en el sistema frigorífico, y por lo tanto realiza un intercambio térmico principalmente en forma de calor latente.
 - Secundario: realiza un papel de intercambio térmico intermedio entre el refrigerante primario y el medio exterior. Realiza el intercambio principalmente en forma de calor sensible.
- Pueden ser perjudiciales para la capa de ozono: Índice ODP y ayudar al efecto invernadero: Índice GWP -

Refrigerantes comunmente usados

- El agua.
- El amoníaco.
- El Glicol
- R11.
- R12.
- R22.
- R23.
- R32.
- R123.
- R124.
- R134a.
- R502.
- R407C.
- R410A.

- R507.
- R517.

Véase también

- Freón

Evaporador

Se conoce por **evaporador** al intercambiador de calor que genera la transferencia de energía térmica contenida en el medio ambiente hacia un gas refrigerante a baja temperatura y en proceso de evaporación. Este medio puede ser aire o agua.

Estos intercambiadores de calor se encuentran al interior de neveras, refrigeradores domésticos, cámaras de refrigeración industrial, vitrinas comerciales para alimentos y un sinnúmero de aplicaciones en procesos para la industria de alimentos, así como en procesos químicos. De igual manera, también se encuentran al interior una diversa gama de equipos de aire acondicionado. Es debido a esto que el evaporador tiene un diseño, tamaño y capacidad particular conforme la aplicación y carga térmica.



Evaporadores inundados para amoníaco en cámara frigorífica para frutas

Principio

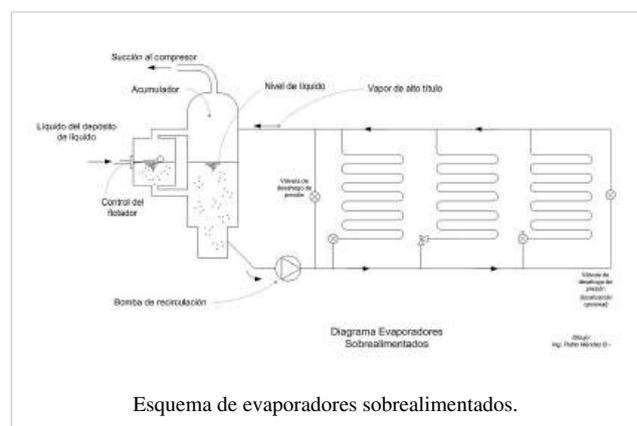
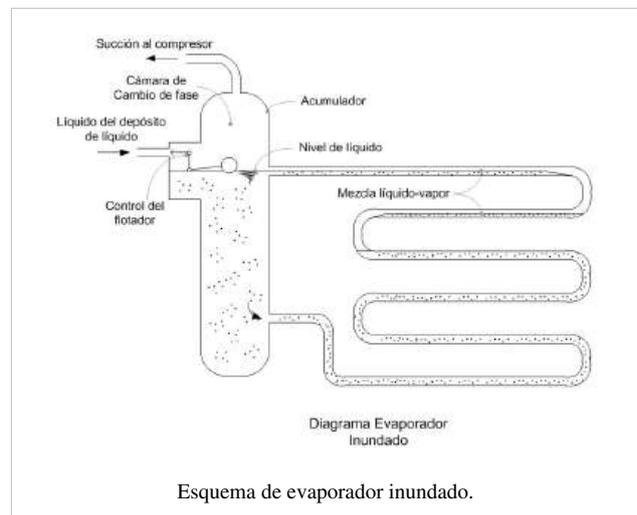
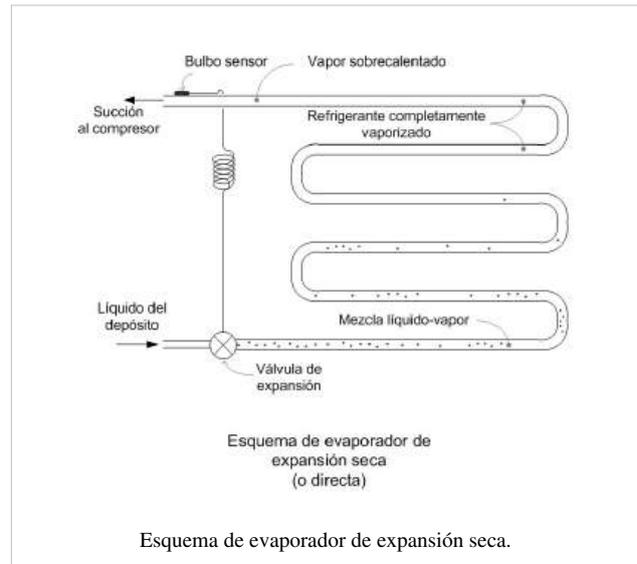
En los sistemas frigoríficos el evaporador opera como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al abandonar el evaporador lo hace con una energía interna notablemente superior debido al aumento de su entalpía, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

El flujo de refrigerante en estado líquido es controlado por un dispositivo o válvula de expansión la cual genera una abrupta caída de presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula despiden una fina mezcla de líquido y vapor a baja presión y temperatura. Debido a las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, este descenso de presión está asociado a un cambio de estado y, lo que es más importante aún, al descenso en la temperatura del mismo.

De esta manera, el evaporador absorbe el calor sensible del medio a refrigerar transformándolo en calor latente el cual queda incorporado al refrigerante en estado de vapor. Este calor latente será disipado en otro intercambiador de calor del sistema de refrigeración por compresión conocido como condensador dentro del cual se genera el cambio de estado inverso, es decir, de vapor a líquido.

Tipos de evaporador

Debido a que un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado, los evaporadores se fabrican en una gran variedad de tipos, tamaños y diseños y se pueden clasificar de diferentes maneras.



Según alimentación de refrigerante

- De Expansión Directa o Expansión Seca (DX)

En los evaporadores de expansión directa la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose este en *estado de mezcla en un punto intermedio* de este. De esta manera, el fluido que abandona el evaporador es puramente vapor sobrecalentado. Estos evaporadores son los más comunes y son ampliamente utilizados en sistemas de aire acondicionado. No obstante son muy utilizados en la refrigeración de media y baja temperatura, no son los más apropiados para instalaciones de gran volumen.

- Inundados

Los evaporadores inundados trabajan con refrigerante líquido con lo cual se llenan por completo a fin de tener humedecida toda la superficie interior del intercambiador y, en consecuencia, la mayor razón posible de transferencia de calor. El evaporador inundado está equipado con un acumulador o colector de vapor el que sirve, a la vez, como receptor de líquido, desde el cual el refrigerante líquido es circulado por gravedad a través de los circuitos del evaporador. Preferentemente son utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores, operando a baja temperatura y utilizando amoníaco (R717) como refrigerante.

- Sobrealimentados

Un evaporador sobrealimentado es aquel en el cual la cantidad de refrigerante líquido en circulación a través del evaporador ocurre con considerable exceso y que además puede ser vaporizado.

Según tipo de construcción

- Tubo descubierto

Los evaporadores de tubo descubierto se construyen por lo general en tuberías de cobre o bien en tubería de acero. El tubo de acero se utiliza en grandes evaporadores y cuando el refrigerante a utilizar sea amoníaco (R717), mientras para pequeños evaporadores se utiliza cobre. Son ampliamente utilizados para el enfriamiento de líquidos o bien utilizando refrigerante secundario por su interior (salmuera, glicol), donde el fenómeno de evaporación de refrigerante no se lleva a cabo, sino más bien estos cumplen la labor de intercambiadores de calor.

- De superficie de Placa

Existen varios tipos de estos evaporadores. Uno de ellos consta de dos placas acanaladas y asimétricas las cuales son soldadas herméticamente una contra la otra de manera tal que el gas refrigerante pueda fluir por entre ellas; son ampliamente usados en refrigeradores y congeladores debido a su economía, fácil limpieza y modulación de fabricación. Otro tipo de evaporador corresponde a una tubería doblada en serpentín instalada entre dos placas metálicas soldadas por sus orillas. Ambos tipos de evaporadores, los que suelen ir recubiertos con pintura epóxica, tienen excelente respuesta en aplicaciones de refrigeración para mantención de productos congelados.



Evaporador de tubo descubierto de cobre para enfriamiento de agua

- Evaporadores Aleteados

Los serpentines aleteados son serpentines de tubo descubierto sobre los cuales se colocan placas metálicas o aletas y son los más ampliamente utilizados en la refrigeración industrial como en los equipos de aire acondicionado. Las aletas sirven como superficie secundaria absorbidora de calor y tiene por efecto aumentar el área superficial externa del intercambiador de calor, mejorándose por tanto la eficiencia para enfriar aire u otros gases.

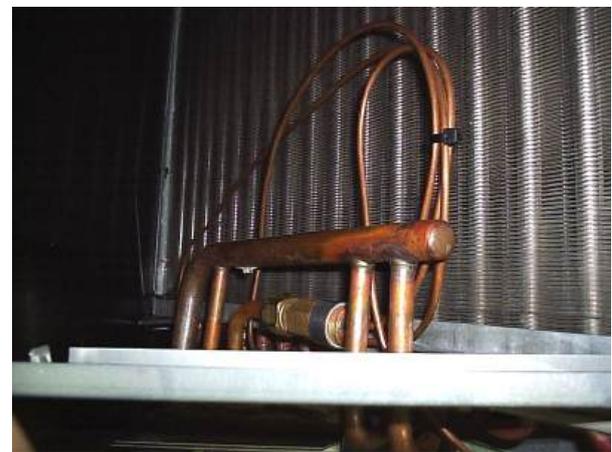
El tamaño y espaciado de las aletas depende del tipo de aplicación para el cual está diseñado el serpentín. Tubos pequeños requieren aletas pequeñas y viceversa. El espaciado de las aletas varía entre 1 hasta 14 aletas por pulgada, dependiendo principalmente de la temperatura de operación del serpentín. A menor temperatura, mayor espaciado entre aletas; esta distancia entre las aletas es de elemental relevancia frente la formación de escarcha debido a que esta puede obstruir parcial o totalmente la circulación de aire y disminuir el rendimiento del evaporador.

Respecto de los evaporadores aleteados para aire acondicionado, y debido a que evaporan a mayores temperaturas y no generan escarcha, estos pueden tener hasta 14 aletas por pulgada. Ya que existe una relación entre superficie interior y exterior para estos intercambiadores de calor, resulta del todo ineficiente aumentar el número de aletas por sobre ese valor (para aumentar superficie de intercambio optimizando el tamaño del evaporador), ya que se disminuye la eficiencia del evaporador dificultando la circulación del aire a través de este.

Esta circulación de aire se realiza de dos maneras: por *convección forzada* por ventiladores –bien sean centrífugos o axiales, mono o trifásicos, conforme la aplicación- y de manera natural por diferencia de densidades del aire, fenómeno conocido como *convección natural*.



Evaporador de serpentín aleteado y convección forzada para baja temperatura, sin bandeja de condensados.



Evaporador de serpentín aleteado al interior de equipo de aire acondicionado tipo Split.

Evaporadores para Enfriamiento de Líquido

- Enfriador de doble tubo

Es un serpentín que enfria líquido que suministra gran rango de transferencia de calor entre el refrigerante y el líquido que va a ser enfriado. El camino del refrigerante puede ser a través de uno u otro de los tubos aunque usualmente la salmuera o líquido que va a ser enfriado hace circular a través del tubo interior y el refrigerante que remueve el calor está entre los dos tubos. Este tipo de serpentín para intercambio de calor se usa también en el diseño de condensadores.pipas

- Enfriador *Baudelot*

Puede usarse para enfriar agua, u otros líquidos o para varios usos industriales, y es frecuentemente usado como enfriador de leche. La tubería del evaporador se coloca verticalmente, y el líquido que va enfriarse se hace circular sobre los serpentines de enfriamientos mediante el flujo de gravedad desde el arreglo colocado encima de los serpentines. El líquido es recogido en una bandeja la cual puede ser recirculado por el enfriador Baudelot o bombeado a su destino en el proceso industrial

Véase también

- Sistema frigorífico
- Compresor
- Condensador
- Dispositivo de expansión
- Cámara frigorífica
- Bomba de calor

Referencias

- Dossat, Roy J. (2001). *Principios de Refrigeración*. Ed. CECSA. OCLC 50105895 ^[2].

Válvula de expansión

Es un tipo de Dispositivo de expansión (un elemento de las máquinas frigoríficas por compresión) en el cual la expansión es regulable manual o automáticamente.

Tipos

- **Manual**; en la que la regulación se realiza mediante un tornillo. En este tipo de válvulas el sobrecalentamiento no depende de la temperatura de evaporación del refrigerante en su estado gaseoso, sino que, es fijo.
- **Termostática**; denominada VET o TXV, la cual actúa por medio de un elemento de expansión controlado por un bulbo sensor, el cual regula el flujo del refrigerante líquido a través del orificio de la VET
- **Termostática con compensación de presión externa**; denominada **VETX**, es una derivación de la VET para equipos medianos o grandes o que trabajen a altas presiones y variaciones de carga térmica. Además estas deben ser utilizadas en sistemas donde el evaporador tiene varios circuitos, y/o está acoplado a un distribuidor de refrigerante.
- **Electrónica o electromecánica**; trabaja mediante un control electrónico, en el cual sensores de temperatura envían señales a un *CI* (circuito integrado) y este mediante esos datos mantiene un sobrecalentamiento dentro de los parámetros permitidos para el funcionamiento del equipo.



Válvula de expansión termostática VETX para R22 Danfoss TEX2 instalada en evaporador frigorífico de expansión seca.

- **Automática;** la que mantiene una presión constante en el evaporador inundado alimentando una mayor o menor cantidad de flujo a la superficie del evaporador, en respuesta a los cambios de carga térmica que se tengan en el mismo.

Componentes de Válvula VET

Se compone de:

- Un cuerpo compuesto por una cámara en la cual se produce la expansión, al pasar el fluido refrigerante a ésta a través de un orificio cilindro-cónico obturado parcialmente por un vástago. Y los tubos de entrada y salida del fluido.
- Un elemento de potencia que actúa sobre el vástago para abrir o cerrar el paso de refrigerante a la cámara de expansión.
- Un regulador o tornillo que nos limita la cantidad mínima de caudal.
- Un bulbo sensor situado a la salida del evaporador, conectado por un tubo capilar al elemento de potencia y que actúa sobre éste.
- Un tubo de compensación de presión conectado también a la salida del evaporador, y que ayuda a funcionar al obturador (Sólo VETX).

Aplicacion

Cada tipo de válvula tiene aplicaciones específicas, por ejemplo, SPORLAN, utiliza varias letras para discernir la utilización de cada válvula, bien sea para alta o baja temperatura. En los sistemas de refrigeración se considera que la válvula de expansión es el cerebro del equipo pues mantiene condiciones de sobrecalentamiento útil y total para el buen funcionamiento del sistema.

Ventajas de la Válvula VET

- Regulan activamente la expansión, al ser activadas por el sobrecalentamiento en la línea de gas.
-

Carga térmica (climatización y refrigeración)



Este artículo o sección necesita **referencias** que aparezcan en una **publicación acreditada**, como revistas especializadas, monografías, prensa diaria o páginas de Internet fidedignas.

Puedes añadirlas **así** o avisar al autor principal del artículo ^[1] en su página de discusión pegando: {{subst:Aviso referencias|Carga térmica (climatización y refrigeración)}} ~~~~

El concepto de **carga térmica** está asociada a sistemas de calefacción, climatización y acondicionamiento de aire, así como a sistemas frigoríficos. Este hace referencia a la energía en forma de calor a aportar o extraer de la edificación o recinto frigorífico, según corresponda. Es decir, la sollicitación térmica a controlar en sistemas de climatización y frigoríficos.

Si bien el método de cálculo de esta carga es demasiado extenso para presentarlo, coincide en algunos puntos elementales para las diferentes áreas. A medida que los cálculos requieren mayor exactitud se requiere de mayor cantidad de datos, como acontece en el cálculo para climatización donde la orientación, altitud y latitud de la edificación son datos de elemental relevancia. No así en el cálculo para calefacción, y datos no despreciables pero de menor incidencia para el cálculo en refrigeración.

No obstante lo anterior, y como en muchas ciencias aplicadas, existe software especializado para realizar estos cálculos.

De esta manera la carga térmica debe ser contrarrestada por medio de distintos sistemas térmicos así como distintos tipos de intercambiadores de calor. En sistemas de calefacción estos se suelen trabajar con calderas alimentadas con distintos tipos de combustibles y con radiadores y/o sistemas de losa o suelo radiante. En sistemas de climatización se suele usar equipos climatizadores de ciclo reversible tipo bomba de calor con evaporadores de tipo serpentín aleteado. En refrigeración industrial se suele extraer la carga térmica de las cámaras de refrigeración por medio de evaporadores de expansión seca o inundados, según la naturaleza del sistema de refrigeración por compresión.

Referencias

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Carga_t%C3%A9rmica_%28climatizaci%C3%B3n_y_refrigeraci%C3%B3n%29?action=history

Fuentes y contribuyentes del artículo

Sistema frigorífico *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45218253> *Contribuyentes:* Dangelin5, Jorge c2010, Laura Fiorucci, Neurotronix, 6 ediciones anónimas

Circuito de refrigeración *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=42371569> *Contribuyentes:* Escarlati, Neurotronix, 2 ediciones anónimas

Refrigeración por compresión *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=44978486> *Contribuyentes:* Chap colorado, Damifb, Diego Buendia, Esanchezp1946, Fealuin, Gokuv34, Idoarnabat, Indu, Ixeme, Jorge c2010, Joselarrucea, Leonpolanco, Lourdes Cardenal, Matdrones, Miik Ezdanitoff, Neurotronix, Tano4595, Taplasto, Triku, Yrithinnd, 50 ediciones anónimas

Bomba de calor *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=44794998> *Contribuyentes:* Afa86, Antón Franco, Arhuaco, AstroNomo, Chap colorado, Czajko, DRiBo, Dark Bane, Daviid82, Dhidalgo, Diego Buendia, Diegusjaimies, Eric, Erri4a, Filipo, Frutoseco, Gizmo II, HUB, Idoarnabat, Ingolll, JorgeGG, Jose a e, Joselarrucea, Lourdes Cardenal, Marcoscaceres, Marisolreina, Martin023, Matdrones, Millars, Moriel, Mp1dinosaurio, Muro de Aguas, Neurotronix, Nnss, Nopetro, Oscarp, PACO, PoLuX124, Rafa606, Roberpl, Rosarinagazo, Sauron, Segedano, Sigmanexus6, Tano4595, Telemonica, Triku, Unai Fdz. de Betoño, Xifren, Xoacas, Xosema, 69 ediciones anónimas

Cámara de refrigeración *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=35262853> *Contribuyentes:* Madalberta, Neurotronix, Ortisa, 3 ediciones anónimas

Dispositivo de expansión *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=42562692> *Contribuyentes:* Digigalos, Dodo, Eltoni, HUB, Lobillo, Neurotronix, Tano4595, Taplasto, 1 ediciones anónimas

Cámara frigorífica *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=44089746> *Contribuyentes:* Dangelin5, Dhidalgo, Diegusjaimies, Gugsus, Humbefa, Julianmiti, Kordas, Laura Fiorucci, Maikel8, Neurotronix, Ositosi, Taichi, Tamorlan, 7 ediciones anónimas

Compresor (máquina) *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45555359> *Contribuyentes:* 4lex, Adrianelguai, Andreateltrabajo, BlackBeast, CommonsDelinker, Cristianrodenas, Diegusjaimies, Edozzz, Grillitus, HUB, Haydea, Hubirr, JMCC1, Jorge c2010, Kved, Macrody, Marb, Matdrones, Mircalla22, NACLE, Netito777, Neurotronix, Northwoods, Numbo3, Pepelopex, PoLuX124, Queninosta, Rafa606, Ricardolw, Rjvelves, Tano4595, Vic Fede, 80 ediciones anónimas

Acondicionamiento de aire *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45169592> *Contribuyentes:* .Sergio, 333, A.H., Alfre0411, Alhen, AnFeLar, Andre Engels, Ane wiki, Antonio Peinado, Au1326, Banfield, Bea.miau, Bernard77, BlackBeast, CASF, Caritdf, Castro Mata, Chap colorado, ChristianH, Correogsk, Czajko, DRiBo, Damifb, Darabuc, Dferg, Diegusjaimies, Dodo, Dorioe, Dzigiotto, Eltoni, Emijrp, Er Komandante, Ermele, FACUNDITOS, FAporsiempre, Fernando Estel, Foundling, Galandil, Gelpgim22, HUB, Hipertrofia, Idoarnabat, Ignacio Icke, Interwiki, Isha, Ixeme, JMPerez, Jorge c2010, Jose a e, Joselarrucea, Jwank, Kulturalmente, Leszek Jańczuk, Leugim1972, LinkLink, Luisdiegoaguilar, Mac, Macarrones, MartirAngel, Matdrones, Moriel, Naryely, Neurotronix, Nihilo, Nioger, Obelix83, Ortisa, Oscar ., PoLuX124, Pranja, Rosarinagazo, RoyFocker, Ruydeanz, Saloca, Satin, Sauron, Siabef, Snakeyes, Superandrys, Superzerocool, TECNO CONTROL, Tano4595, Taplasto, Technopat, Tirithel, Triku, Xexito, Ángel Luis Alfaro, 179 ediciones anónimas

Climatización *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=44123434> *Contribuyentes:* .Sergio, Aph, Alhen, Au1326, Chap colorado, Czajko, DRiBo, David0811, Diegusjaimies, Digigalos, Dodo, Er Komandante, Feliciano, Gizmo II, HUB, Icvav, Idoarnabat, Jabioveralia, Jose a e, Joselarrucea, Joseluisfb, Macarrones, Matdrones, Millars, Neurotronix, Pan con queso, Petronas, Sanbec, Snakeyes, TECNO CONTROL, Tano4595, Triku, 56 ediciones anónimas

Refrigeración *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45154139> *Contribuyentes:* Chewie, Daviid82, Diegusjaimies, Dodo, Dreitmen, EAB1370, Feliciano, Gaijin, Galandil, HUB, Hprmedina, Humberto, Ingolll, Joselarrucea, Luckas Blade, Madalberta, Matdrones, Netito777, Neurotronix, Ninovolador, Ortisa, Ositosi, Pablo323, PoLuX124, Raystorm, Roberpl, Rsg, Sebasambrano, Tamorlan, Tano4595, Taplasto, Tesi1700, Triku, 102 ediciones anónimas

Refrigerante *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45629343> *Contribuyentes:* Cdertgb, Diegusjaimies, Dodo, Echani, Eloy, Esanchezp1946, Gothmog, Greek, HUB, Halfdrag, Ingolll, Jtico, Laura Fiorucci, Matdrones, Miltonw, Mircalla22, Mutari, Neurotronix, Niksfish, Ortisa, Resped, Rosarinagazo, Taplasto, Ulm, Valentin estevanez navarro, Vitamine, Xosema, 50 ediciones anónimas

Evaporador *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=44976460> *Contribuyentes:* Jorge c2010, Mafores, Neurotronix, Rage, 19 ediciones anónimas

Válvula de expansión *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45312337> *Contribuyentes:* Diegusjaimies, HUB, Ignacio Icke, Neurotronix, Simon.bgd, Tano4595, Taplasto, 14 ediciones anónimas

Carga térmica (climatización y refrigeración) *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=45279014> *Contribuyentes:* Eduardosalg, Neurotronix, Poco a poco, 2 ediciones anónimas

Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes

Archivo:Flujo Cámara 2 Zonas.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Flujo_Cámara_2_Zonas.jpg Licencia: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Contribuyentes: User:Neurotronix

Imagen:Planta frigorífica 1.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Planta_frigorífica_1.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Evaporadores inundados 1.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Evaporadores_inundados_1.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Compresor alternativo R22.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Compresor_alternativo_R22.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Esquema VET.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Esquema_VET.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Estanque de recirculado 1.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Estanque_de_recirculado_1.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Ph simple etapa.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ph_simple_etapa.jpg Licencia: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Ph Recirculación por bomba 2.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ph_Recirculación_por_bomba_2.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Diagrama Bomba de Calor.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Diagrama_Bomba_de_Calor.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:PC-watercooling - CPU-NB-GPU + Radiator.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:PC-watercooling_-_CPU-NB-GPU+_Radiator.jpg Licencia: desconocido Contribuyentes: Dmali

Imagen:Compresor alternativo R22.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Compresor_alternativo_R22.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Válvula inversora de flujo.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Válvula_inversora_de_flujo.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Commons-logo.svg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Commons-logo.svg> Licencia: logo Contribuyentes: User:3247, User:Grunt

Archivo:Camara frigorífica amoniaco.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Camara_frigorífica_amoníaco.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Planta frigorífica 1.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Planta_frigorífica_1.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Screw compressors.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Screw_compressors.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Condensadores R-22.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Condensadores_R-22.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Equipo autónomo.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Equipo_áutonomo.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Sala de máquinas refrigeración.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Sala_de_máquinas_refrigeración.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Atmósfera controlada 1.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Atmósfera_controlada_1.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Axial compressor.gif Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Axial_compressor.gif Licencia: Public Domain Contribuyentes: BD2412, F l a n k e r, Interior, Mdd, WikipediaMaster, 1 ediciones anónimas

Archivo:Outunit of heat pump.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Outunit_of_heat_pump.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: Glenn, Ketamino, Ppntori, 1 ediciones anónimas

Archivo:Koelkast open.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Koelkast_open.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: Maksim, Santosga, Smurrayinchester

Imagen:Triple expansion engine animation.gif Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Triple_expansion_engine_animation.gif Licencia: Creative Commons Attribution 2.5 Contribuyentes: User:Emoscopes

Archivo:Can of DuPont R-134a refrigerant.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Can_of_DuPont_R-134a_refrigerant.jpg Licencia: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Contribuyentes: User:Phroziac

Archivo:Esquema evaporador DX 1.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Esquema_evaporador_DX_1.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Esquema evaporador inundado 1.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Esquema_evaporador_inundado_1.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Diagrama Evaporador Sobrealimentado.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Diagrama_Evaporador_Sobrealimentado.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Copper Tube Evaporator.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Copper_Tube_Evaporator.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Evaporador aleateado 1.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Evaporador_aleateado_1.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:Evaporador aleateado 2.JPG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Evaporador_aleateado_2.JPG Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Archivo:VET.jpg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:VET.jpg> Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Neurotronix

Imagen:Question book.svg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Question_book.svg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: Diego Grez, Javierme, Loyna, Remember the dot, Victormoz, Wouterhagens, 5 ediciones anónimas

Licencia

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
