

# **PARTE 16 : EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN**

## INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
2	CONDICIONES DE INSTALACIÓN.....	5
3	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.....	7
4	DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN, DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD.....	9
5	DISPOSITIVOS DE ENCENDIDO.....	11
6	RECOMENDACIONES PARA LA PUESTA EN MARCHA.....	12

## 1 ANTECEDENTES

Para la producción de frío mediante combustibles gaseosos, se pueden utilizar dos técnicas: compresión o absorción.

Según la 2ª ley general de termodinámica, el calor nunca pasa de un cuerpo de temperatura más baja a otro de temperatura más elevada. Por esta razón, a un cuerpo con una temperatura más baja que la del ambiente que le rodea, sólo puede extraérsele calor intercalando un proceso de ciclo de frío. Entendiendo enfriar como evacuar calor.

El enfriamiento se interpreta como un proceso de transporte en el que se bombea calor de un nivel de temperatura más bajo a otro más alto. Este proceso precisa, evidentemente, una aportación de energía.

### a) Compresión

La refrigeración a gas natural por compresión consiste en el ciclo de frío por compresión mecánica convencional. La única diferencia conceptual de este ciclo con respecto al sistema eléctrico es que el compresor, en vez de ser movido por un motor eléctrico, es accionado por un motor de combustión interna alimentado con combustibles gaseosos.

La producción de frío se consigue aprovechando el hecho de que los fluidos absorben calor cuando hierven y lo devuelven cuando condensan, efecto que se aprovecha de los fluidos refrigerantes. En refrigeración interesa quitar calor del recinto frío; y para conseguirlo, el refrigerante debe hervir a una temperatura menor que la temperatura interior de dicho recinto frío.

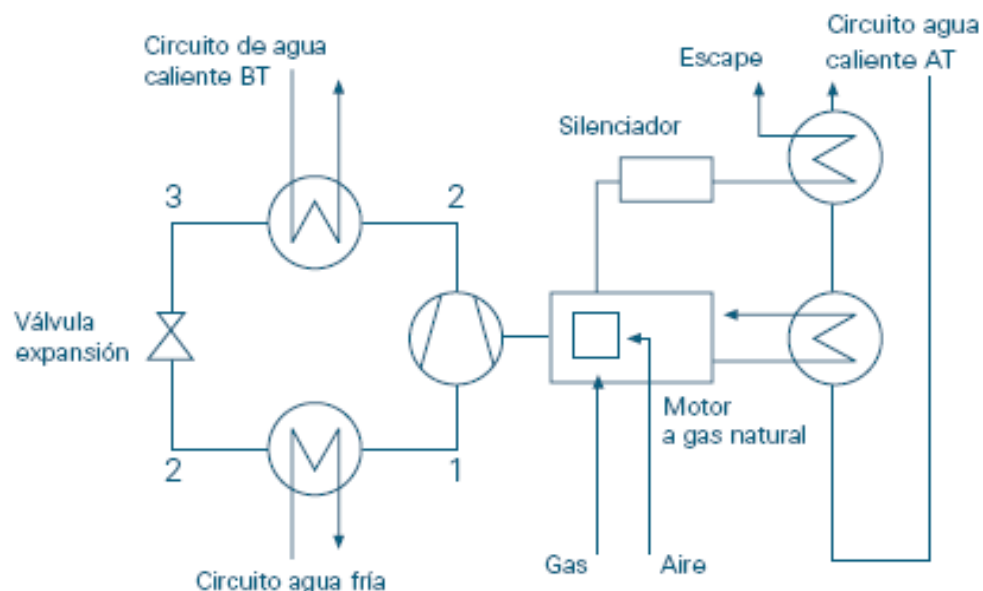


Figura 1.- Ciclo de compresión

## b) Absorción

En este caso la producción de frío también se obtiene mediante la evaporación de un fluido. No obstante, mientras que en el proceso de frío por compresión se realizaba una compresión mecánica del vapor del refrigerante aspirado del evaporador, en el de absorción se produce una compresión térmica, en el que primero se absorbe y disuelve mediante un líquido apropiado como medio de absorción.

Este sistema se basa en la afinidad fisicoquímica entre parejas de compuestos como el agua y el amoníaco, o el bromuro de litio y el agua.

Estos equipos se pueden ser de simple efecto (una sola etapa) y de doble efecto (dos etapas, en la primera se recibe calor directamente del quemador y en la segunda, recibe el calor del vapor del refrigerante antes de pasar por el condensador mediante un intercambiador).

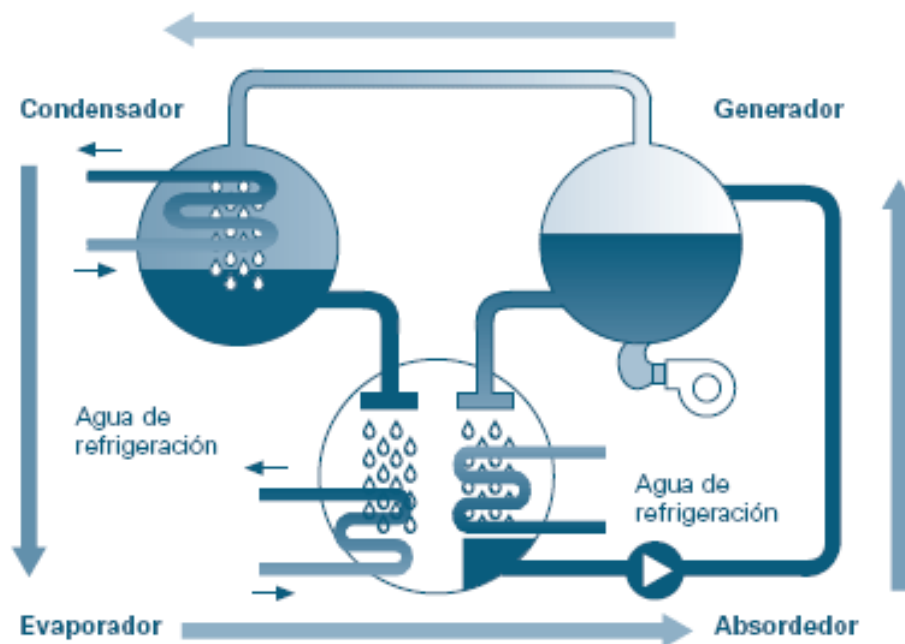


Figura 2.- Ciclo de absorción

La absorción es una técnica tan antigua como la compresión.

Los críticos equilibrios termodinámicos que precisa la absorción par su funcionamiento así como los bajos rendimientos obtenidos, habían hecho una problemática para su utilización práctica.

En España, la absorción ha sido utilizada en dos campos principalmente:

- procesos industriales cuando existían calores residuales al mismo tiempo que se necesitaba como refrigeración.
- frigoríficos domésticos a gas butano para donde no se disponía de corriente eléctrica.

Sin embargo, desde hace algunos años, se están introduciendo en el mercado equipos de doble etapa, de llama directa que ofrecen agua fría a temperatura estándar y disponen de ciclo de calefacción que proporciona agua caliente en invierno.

Los equipos de absorción pueden ser considerados como la alternativa actual más ecológica para la refrigeración y climatización, ya que no utilizan compuestos halogenados o CFC's, ésta es su principal ventaja frente a otros sistemas de climatización.

## **2 CONDICIONES DE INSTALACIÓN**

### **Equipo de compresión**

El equipo de frío debe estar situado en un espacio limpio, seco y bien ventilado.

La limpieza y la ausencia de humedad garantizan una larga duración o vida útil de los motores y correas, y reduce la necesidad de pintar frecuentemente las zonas expuestas.

Los equipos deben ser situados donde puedan ser aceptables niveles moderados de ruido.

Los equipos pueden ir levantados o se pueden desplazar mediante rodets.

La mayor parte de los equipos que utilizan directamente aire para condensación o, cuando funcionan como bomba de calor para la absorción de calor de la atmósfera, disponen de envolvente diseñada y construida para su instalación a la intemperie. Estos equipos incorporan sistemas propios de ventilación que además están previstos para la disipación de calor del motor.

En el caso de que, por dificultades de instalación, deban ir en recintos cerrados, se dispondrán las aberturas necesarias para facilitar la aspiración y descarga del aire a la atmósfera. Si existiesen dificultades de evacuación directa y el recorrido de los conductos de aire generase excesivas pérdidas de carga, es preciso que los equipos incorporen ventiladores potenciados con mayor presión estática o que se instalen ventiladores de apoyo para la circulación del aire.

El volumen de aire necesario para la combustión es relativamente pequeño en relación con el volumen total en circulación. Este dato es suministrado por el fabricante del motor y oscila entre 4 a 10 m<sup>3</sup>/kW, dependiendo de la potencia y tipo de motor.

La mayor parte de los equipos de compresión del tipo agua-aire están diseñados para su instalación a la intemperie por lo que, en este caso, la descarga de los productos de combustión es directa a la atmósfera. El proyectista verificará el cumplimiento de la normativa de aplicación vigente, sobre todo en lo que se refiere a la cota de descarga de humos, respecto a la cota de las aperturas en los edificios próximos.

Sin embargo, hay situaciones en que la instalación de los equipos debe ser en recintos cerrados.

El diseño debe ser realizado de modo que el tiro generado, unido a la presión de descarga de los productos de la combustión, sea suficiente para vencer la pérdida de carga, debida al paso de los gases por los conductos, chimenea y accesorios.

La presión de descarga depende del tipo de motor y de la velocidad de giro, de si se trata de un motor de aspiración natural o turboalimentado, y de la solución adoptada para la recuperación de calor de los gases.

### **Equipos de absorción**

En el momento de escoger la ubicación se debe tener en cuenta la proximidad a la torre de refrigeración, de los colectores generales de agua fría-caliente y la salida de los gases quemados. Debe estar situado en un espacio limpio, seco y bien ventilado. La limpieza y la ausencia de humedad garantizan una larga duración o vida útil.

Los equipos de absorción llevan una envolvente para la intemperie apta para su instalación exterior o interior.

Es imprescindible que haya un acceso adecuado para el mantenimiento del equipo, ya que éste no puede funcionar de forma continuada sin el correspondiente mantenimiento. El espacio de mantenimiento ha de unirse a un pasillo, de las mismas características, que permita el paso hasta un montacargas o similar con el que se pueda acceder con herramientas y material auxiliar o trasladar los componentes pesados averiados y los nuevos a sustituir.

Las máquinas de absorción con llama directa de gas están diseñadas para instalarse a la intemperie y la presión sonora a un metro de distancia de la cara de delante y a un metro y medio de altura, está entre los 62 y los 69 dB(A) si se instala entre uno y tres equipos.

En las situaciones en que la instalación de los equipos debe ser en recintos cerrados los gases de escape deben ser conducidos al exterior.

El diseño debe ser realizado de modo que el tiro generado, unido a la presión de descarga de los productos de la combustión, sea suficiente para vencer la pérdida de carga, debida al paso de los gases por los conductos, chimenea y accesorios.

Las calderas de calefacción y/o producción de agua caliente sanitaria y/o los equipos de absorción de llama directa para refrigeración, ubicados en un mismo local, cuya suma de potencias útiles nominales sea superior a 70 kW deben ser ubicados en una sala de máquinas, que cumpla con lo dispuesto en la Norma UNE 60601.

## **3 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

### **Equipos de compresión**

#### **a) Motor a combustible gaseoso**

Los motores de combustión interna utilizados son de ignición por chispa eléctrica (bujías) y proceden de motores de cuatro tiempos gasolina adaptados para la utilización de combustibles gaseosos.

En general, los motores de pequeña y media potencia son de aspiración natural y los de mayor potencia son turboalimentados, es decir, utilizan un compresor de aire movido por una pequeña turbina alimentada por los gases de escape.

Los motores turboalimentados dan más potencia en el eje para el mismo consumo. Sin embargo, para lograr esta mayor eficacia, el aire caliente debe enfriarse a la salida del turbocompresor, siendo necesario un sistema de refrigeración independiente, que suministre agua a una temperatura inferior a la que normalmente se da en El control de las cargas parciales se consigue modulando la velocidad del motor entre el 30 o 50% y el 100%.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, la posibilidad de controlar la potencia útil variando la velocidad de giro del motor, es una ventaja cuando se funciona a carga parcial, ya que el rendimiento del motor

aumenta cuando la velocidad se reduce, hasta un valor dado, por debajo del cual, el rendimiento comienza a decrecer de nuevo.

#### **b) Compresor**

La función del compresor es la de aspirar los vapores producidos por la evaporación del fluido frigorígeno en el evaporador a una presión baja, correspondiente a las condiciones de funcionamiento, y descargar a alta presión estos vapores comprimidos en el condensador, a fin de permitir su condensación por enfriamiento.

En la refrigeración a gas, los compresores que se utilizan son compresores herméticos accesibles o abiertos puesto que la fuente de movimiento es externa al compresor.

### **Equipos de absorción**

El equipo de absorción está formado por un recipiente de acero conteniendo el condensador, el evaporador y el absorbedor, un generador de calor (dos en los equipos de doble efecto), unos intercambiadores de calor y un sistema de regulación y control. En particular se contempla el caso de los equipos de Bromuro de litio-agua pero con los de NH<sub>3</sub>-agua el funcionamiento es similar.

#### **1. Evaporador**

Lo constituye un haz de tubos de cobre por los que circula el agua a refrigerar, sobre cuya superficie se evapora el agua refrigerante que fluye desde unos distribuidores. La presión en el interior del envolvente es muy baja (6 mm Hg) lo que hace que el agua se evapore a baja temperatura (5°C), extrayendo el calor latente de vaporización del agua a refrigerar que circula por el interior del haz de tubos.

#### **2. Absorbedor**

Ocupa una parte de la misma cámara del evaporador con el que está directamente comunicado. A él llega la solución de bromuro de litio concentrada y, dada la gran afinidad de este producto con el agua, absorbe el refrigerante en fase vapor procedente del evaporador. Como el bromuro de litio proviene del generador de calor (el de baja temperatura en el ciclo de doble efecto) y la presión en el recipiente es tan baja como en el evaporador, se hace necesario eliminar el calor, lo que se realiza a través de un haz de tubos de cobre por el que circula agua enfriada exteriormente, por ejemplo, en una torre de enfriamiento evaporativo. Para el caso de NH<sub>3</sub>-agua, sería en un radiador con unos ventiladores. Este circuito es común al del condensador con el que está en serie.

La solución de bromuro de litio y agua, diluida por el vapor absorbido, es enviada por la bomba de solución al generador de alta temperatura.

#### **3. Generador de alta temperatura**

Está formado por un haz de tubos en el que se calienta la solución diluida procedente del absorbedor, hasta llevarla a ebullición. Al ascender, se separa parte del vapor de agua de la solución de bromuro de litio incrementándose la concentración de ésta (se denomina solución semi-concentrada). El vapor de agua separado seguirá su camino para convertirse en refrigerante en las etapas posteriores.

El calentamiento en el generador, puede efectuarse, según los modelos, mediante un quemador de llama directa, dentro de un hogar donde cede calor a la solución diluida, o bien con un intercambiador de calor cuyo primario puede ser alimentado por vapor o agua caliente.

#### **4. Generador de baja temperatura**

En los equipos de doble efecto, un segundo generador, llamado de baja temperatura, actúa como intercambiador de calor aprovechando parte del calor contenido en el vapor de agua procedente del generador de alta temperatura, para obtener de nuevo vapor de agua de la solución semiconcentrada.

Con este vapor de agua liberado, la solución concentrada fluye hacia el absorbedor, mientras que el vapor se une al que procede directamente del generador de alta temperatura en el recipiente condensador.

#### **5. Condensador**

El condensador, que en los ciclos de doble efecto forma un único recipiente con el generador de baja temperatura, recibe el vapor de agua procedente de ambos generadores y lo condensa convirtiéndolo en líquido. Para ello el vapor es enfriado en contacto con el haz de tubos por el que circula el agua de enfriamiento exterior, procedente de una torre de enfriamiento evaporativo para los equipos de BrLi-agua y un radiador con ventilador para los de NH<sub>3</sub>-agua.

#### **6. Intercambiador de calor**

La eficacia del ciclo de absorción descrito, se ve incrementada al intercambiar calor en dos puntos del circuito, sendos intercambiadores de calor de haz tubular, denominados de alta y baja temperatura respectivamente. Con el de baja temperatura se utiliza el calor contenido en la solución concentrada procedente del generador de baja temperatura, para recalentar en una primera etapa, la solución diluida del absorbedor en su camino hacia el generador de alta temperatura.

Con el intercambiador de alta temperatura se utiliza el calor contenido en la solución semi-concentrada procedente directamente del generador de alta temperatura, para recalentar en una segunda etapa, la solución diluida que procede fría del absorbedor y del intercambiador de calor de baja temperatura, hacia el generador de alta temperatura.

Ambos intercambios reducen la energía necesaria para llevar a ebullición la solución diluida en el generador de alta temperatura, mejorando así el rendimiento del ciclo.

### **4 DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN, DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD**

#### **Equipos de compresión**

Los equipos comerciales de climatización con motor a combustibles gaseoso están diseñados, como los equipos convencionales, para funcionamiento automático totalmente desasistido. La mayor parte de ellos incorporan sistemas de control basados en microprocesadores y con interfaz total, para permitir el acceso del operador para control y programación del funcionamiento de la máquina y ajuste de los valores de consigna de las variables de proceso.

El control de la carga se consigue variando la velocidad del motor y ajustando la capacidad del compresor. Los sistemas de control habituales realizan las siguientes funciones:

- Estado de la máquina: Monitorización continua de los parámetros de presión, temperatura, estado de funcionamiento de componentes, carga de baterías, etc., con objeto de proteger la máquina y asegurar su correcto funcionamiento.



- Función de programación: Realización correcta de las secuencias de funcionamiento de la máquina, de acuerdo con el programa de funcionamiento preconfigurado.
- Función de seguimiento de los parámetros de control: Regulación de la potencia de la máquina, para que los parámetros de control se adapten a los valores consigna, en función de la demanda real del edificio.
- Función de servicio: Consiste en alertar de las anomalías de funcionamiento y de las operaciones de mantenimiento periódico.

La mayor parte de los equipos de frío por compresión, como cualquier otro equipo convencional de moderno diseño, pueden controlarse desde la posición de la máquina o por control remoto desde una unidad de gestión.

Los sistemas de control más usuales disponen de interfaz gráfico que permite la visualización de la situación de arranque, parada, modo de funcionamiento, parámetros del circuito frigorífico del motor, prestaciones de la máquina, valores de consigna de los parámetros de control, programa de mantenimiento, etc.

Algunos sistemas de control pueden integrar y archivar información de datos tales como consumo de combustible, potencia frigorífica útil, calor de recuperación generado, determinación de COP y ahorros energéticos, que permitan efectuar análisis de ahorros.

### **Equipos de absorción**

Los equipos comerciales de climatización por absorción con llama directa de gas natural están diseñados para funcionamiento automático totalmente desasistido. Incorporan sistemas de control basados en microprocesadores y con interfaz total, para permitir el acceso del operador para control y programación del funcionamiento de la máquina y ajuste de los valores de consigna de las variables de proceso.

Los controles están configurados en dos niveles:

1. Nivel de seguridad de los equipos y componentes de la instalación, para evitar situaciones de funcionamiento anómalo y averías.
2. Nivel de control de las variables del sistema, que el caso de una instalación de aire acondicionado, son las condiciones de confort.

Los sistemas de control habituales realizan las siguientes funciones:

- Estado de la máquina: Monitorización continua de los parámetros de presión, temperatura, estado de funcionamiento de componentes, etc., con objeto de proteger la máquina y asegurar su correcto funcionamiento.
- Función de programación: Realización correcta de las secuencias de funcionamiento de la máquina, de acuerdo con el programa de funcionamiento preconfigurado.
- Función de seguimiento de los parámetros de control: Regulación de la potencia de la máquina, para que los parámetros de control se adapten a los valores consigna, en función de la demanda real del edificio.
- Función de servicio: Consiste en alertar de las anomalías de funcionamiento y de las operaciones de mantenimiento periódico.

La mayor parte de estos equipos, como cualquier otro equipo convencional de moderno diseño, pueden controlarse desde la posición de la máquina o por control remoto desde una unidad de gestión.

Los sistemas de control más usuales disponen de interfaz gráfico que permite la visualización de la situación de arranque, parada, modo de funcionamiento, prestaciones de la máquina, valores de consigna de los parámetros de control, programa de mantenimiento, etc.

Algunos sistemas de control pueden integrar y archivar información de datos tales como consumo de combustible, potencia frigorífica útil, calor de recuperación generado, determinación de COP y ahorros energéticos, que permitan efectuar análisis de ahorros.

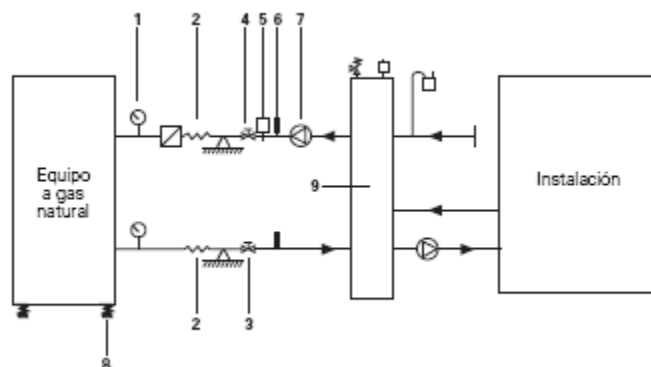
## 5 DISPOSITIVOS DE ENCENDIDO

Los dispositivos de encendido están ampliamente desarrollados en el tema 5.- Dispositivos de seguridad, punto 3.

## 6 RECOMENDACIONES PARA LA PUESTA EN MARCHA

### Equipos de compresión

Antes de poner en marcha la máquina, se debe comprobar que está bajo tensión al menos desde hace 8 horas, para que el aceite frigorífico que está en el cárter esté caliente y la batería eléctrica cargada. Se ha de comprobar todos los elementos auxiliares de la instalación, controlar la presión del combustible gaseoso y, el sentido de giro de los ventiladores y de la bomba de agua fría.



- 1 Manómetro
- 2 Junta antivibratoria
- 3 Válvula de interrupción
- 4 Válvula de regulación
- 5 Interruptor de flujo
- 6 Termómetro
- 7 Bomba circuladora
- 8 Amortiguadores
- 9 Depósito acumulador

Figura 3.- Puesta en marcha

### Equipos de absorción

Antes de poner en marcha la máquina, se debe comprobar todos los elementos auxiliares de la instalación, controlar la presión del combustible gaseoso, el sentido de giro de los ventiladores y de la bomba de agua fría.