

COMPRESORES

Las instalaciones frigoríficas por compresión están constituidas como mínimo por un compresor, además de otros elementos que ya conocemos bien, cuya misión dentro del circuito frigorífico es la de aspirar los vapores a baja presión procedentes del evaporador, a la misma velocidad que se van produciendo y comprimirlos, disminuyendo así su volumen y aumentando en consecuencia la presión y temperatura del gas.

Variación de la capacidad del compresor con la temperatura de aspiración

El factor más importante que regula la capacidad de un compresor es la temperatura de vaporización del líquido en el evaporador.

Las grandes variaciones de capacidad de un mismo compresor, debidas a los cambios de temperatura de aspiración son principalmente resultado de la diferencia de volúmenes específicos que se tienen en el vapor de aspiración a la entrada del compresor.

A mayor temperatura de vaporización del líquido en el evaporador, mayor será la presión vaporizante y menor el volumen específico en la aspiración.

Por la diferencia existente en el volumen específico en la aspiración, cada volumen de vapor comprimido por el compresor, presenta una masa mayor de refrigerante cuando la temperatura de aspiración es mayor, que cuando la temperatura de aspiración es menor, o sea, por cada carrera de compresión del pistón, la masa de refrigerante comprimida aumentará a medida que aumenta la temperatura de aspiración.

Cuando aumenta la temperatura de vaporización permaneciendo constante la temperatura de condensación, la relación de compresión disminuye y se mejora el rendimiento volumétrico, por tanto con una aspiración a temperatura elevada, además de comprimir una gran masa de refrigerante por unidad de volumen, ese volumen de vapor comprimido por el compresor, se aumenta debido a que se mejora el rendimiento volumétrico.

Según la temperatura de evaporación a la que tiene que trabajar la instalación, requiere que el compresor sea de:

ALTA TEMPERATURA	Desde + 10 °C a – 10 °C
MEDIA TEMPERATURA	Desde 0 °C a – 20°C
BAJA TEMPERATURA	Desde – 10 °C a – 30 °C

Puede resultar peligroso emplear un compresor de alta temperatura con una temperatura de evaporación baja, ya que el funcionamiento en esas condiciones correrá el riesgo del insuficiente enfriamiento del motor eléctrico por los vapores fríos aspirados, dando como resultado el anormal y peligroso calentamiento del motor a pesar de la débil intensidad absorbida, intensidad que será excesivamente baja para que accione el protector térmico.

A la inversa, el empleo de un compresor de baja temperatura en alta temperatura de evaporación motivará a causa de ser insuficiente el motor, una sobrecarga del mismo con el resultado inmediato de un calentamiento anormal que provocará la acción intempestiva del protector térmico.

TIPOS DE COMPRESORES

Según la forma de construcción, los compresores pueden ser herméticos, semi-herméticos y abiertos

Herméticos: Son aquellos en el que el conjunto motor-compresor va dentro de una carcasa soldada sin posibilidad de poder acceder. Son instalados en pequeñas instalaciones de poca potencia, su coste es menor y ocupan poco espacio. Estos compresores no se pueden desmontar y el motor eléctrico de accionamiento y el compresor comparten la misma carcasa. Presentan mínimas fugas de refrigerante y éste debe ser compatible con los devanados del motor, lo que impide su utilización con el amoníaco.



Semi-herméticos: Se comportan de forma similar a los anteriores, teniendo la ventaja de ser accesibles para su reparación. El eje del motor es prolongación del cigüeñal del compresor y están en una misma carcasa accesible desde el exterior. Se utilizan en potencias medias y eliminan los problemas de alineamiento entre el motor y el compresor.



Abiertos: El motor y el compresor se montan por separado. El mantenimiento aumenta y el rendimiento mecánico es menor. Si el cigüeñal es accionado por un motor exterior al compresor. Se utilizan para medias y grandes potencias y son los más versátiles y accesibles.

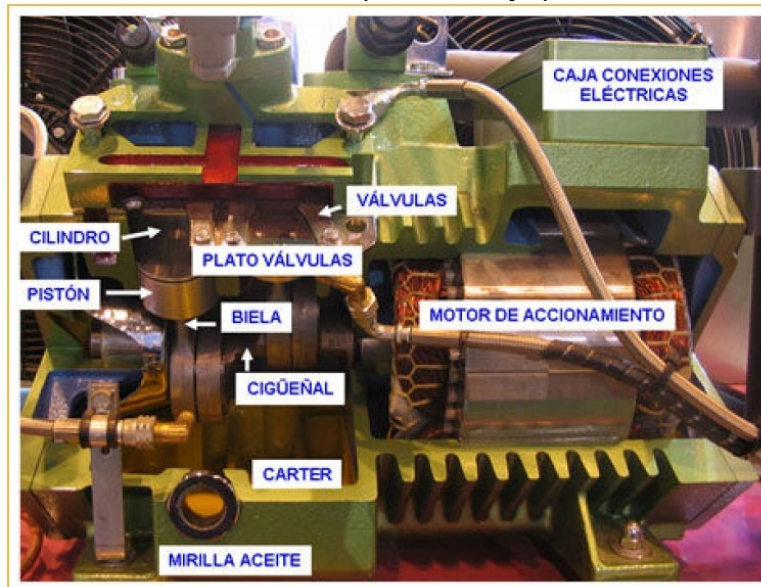


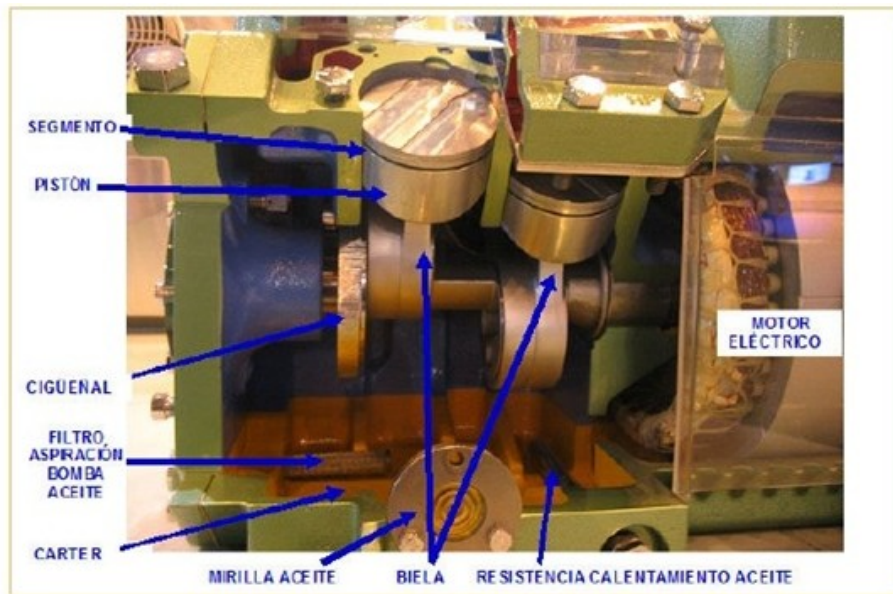
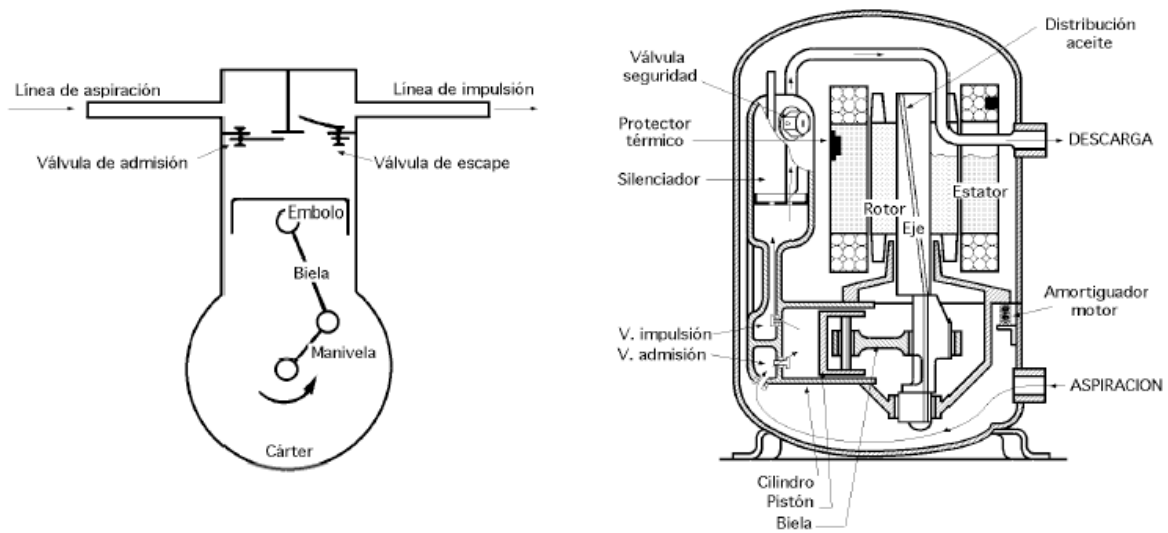
Según el modo de funcionamiento, los compresores se pueden clasificar **compresores alternativos**, los **rotativos** y **centrifugos**.

COMPRESOR ALTERNATIVO O DE PISTÓN

El mecanismo de compresión consta de un cilindro (parte fija) y un émbolo o pistón (parte móvil) que se desliza interiormente por el primero, es movido por un motor a través de una biela, que produce sobre el émbolo un movimiento alternativo. El émbolo absorbe, comprime, y expulsa el gas a través de las válvulas de admisión y escape.

Los segmentos colocados en el émbolo aseguran la estanqueidad entre éste y el cilindro, separando la alta presión reinante en el interior del cilindro, de la parte de baja presión reinante en el cárter.





El cigüeñal es el elemento encargado de transmitir el movimiento giratorio del motor y convertirlo en movimiento alternativo por el mecanismo biela-manivela.



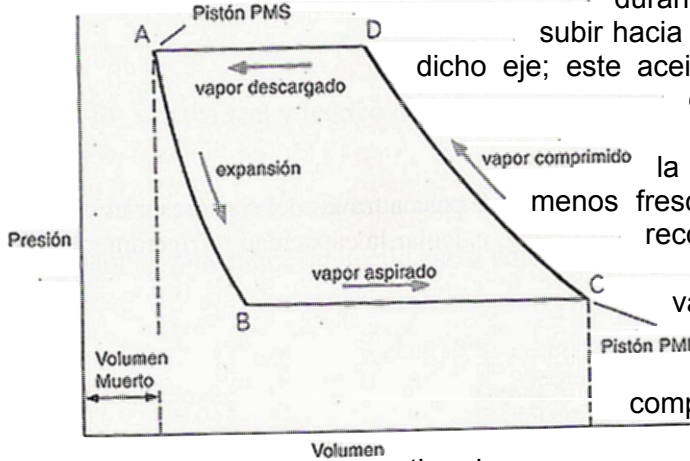
El pistón es el elemento que se desplaza arriba y abajo en el cilindro para realizar la compresión y aspiración. En la carrera ascendente del pistón se comprime el gas hasta su salida y durante la carrera descendente se aspira. El ajuste entre el pistón y el cilindro debe ser lo más preciso posible y para lograrlo se emplean unos segmentos elásticos. El segmento que se encuentra en la parte inferior del pistón se llama segmento de engrase y los que se encuentran en la parte superior de compresión.

En los compresores pequeños en lugar de segmentos se utilizan pistones con ranuras, que aseguran la estanqueidad por las importantes pérdidas de carga que sufre el gas al atravesarlas. A esta estanqueidad también colabora la película creada por el aceite de lubricación.



El motor que acciona la biela es un motor eléctrico de inducción, monofásico o trifásico, con el rotor en jaula de ardilla, y amortiguado su movimiento a través de muelles.

Cuando el eje del motor gira, una cazoleta situada en la parte inferior del mismo, recoge el aceite durante el giro, y por efecto de la fuerza centrífuga, lo hace subir hacia arriba a través de un canal existente en el interior de dicho eje; este aceite sale por la parte superior del eje, rociando las diferentes partes del compresor.



El refrigerante entra en el compresor a través de la tubería de aspiración, a una temperatura más o menos fresca ya que los gases provienen del evaporador, y recorre las diferentes partes del compresor, hasta que entra en la cámara de compresión a través de la válvula de admisión, por lo que hace el efecto de refrigerar el compresor.

De no ser así, en la parte más caliente del compresor (parte superior) se alcanzarían temperaturas muy elevadas. Por este motivo se construyen este tipo de compresores de tal manera que prácticamente todas las partes del compresor están comunicadas con la aspiración.

Fases del funcionamiento:

En la figura el pistón ha sido empujado hacia la parte superior del cilindro hasta su posición conocida como punto muerto superior (PMS). La válvula de succión está cerrada, la válvula de descarga se abre y el refrigerante es empujado hacia la tubería de descarga por el efecto de compresión del pistón.

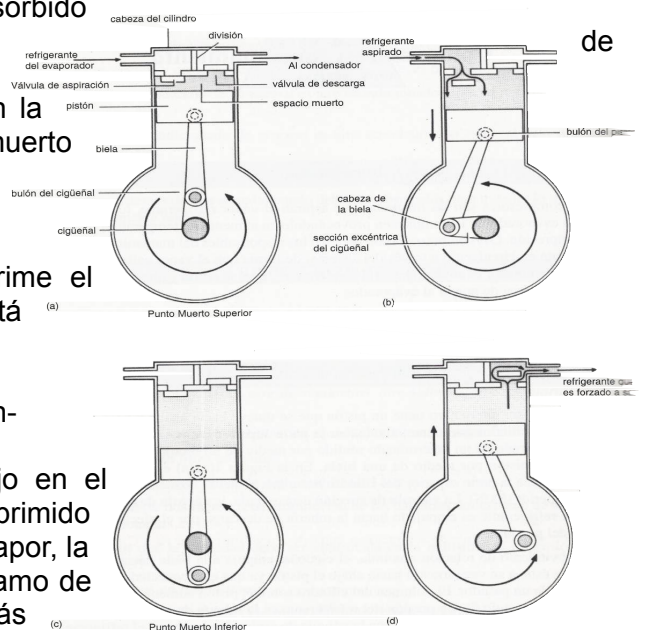
El movimiento de rotación continúa, el cigüeñal empuja a la biela hacia abajo de forma que ésta, a su vez, arrastra hacia abajo el pistón ya que está conectado al mismo por medio de un pasador. El volumen del cilindro sobre el pistón aumenta y la presión decrece.

La presión del refrigerante en la tubería de succión es mayor que la presión en el cilindro por lo que la válvula de aspiración se abre y el refrigerante es absorbido hacia el interior del compresor. Al mismo tiempo, el efecto de succión de la caída de presión cierra la válvula de descarga. Cuando la biela está colocada verticalmente en la parte más inferior del cigüeñal (conocido como punto muerto inferior), el volumen del refrigerante en el cilindro es máximo (punto C).

Una rotación posterior reduce el volumen, comprime el vapor y lo fuerza a través de la válvula de descarga que está abierta hacia el tramo de descarga (punto D)..

La figura de arriba representa el diagrama de presión-volumen para el ciclo completo.

Desde A hasta B el pistón se mueve hacia abajo en el interior del cilindro permitiendo que el vapor caliente, comprimido en un ciclo anterior, se expanda. Conforme se expande el vapor, la presión en el cilindro decrece, la presión del vapor en el tramo de aspiración abre la válvula de aspiración y entra de nuevo más



Máquinas y Equipos Térmicos

vapor (B a C). C representa el punto muerto inferior y en esta ocasión el pistón se mueve hacia arriba, decrece el volumen en el cilindro, se empuja el vapor bajo presión y esto aumenta la temperatura. Cuando la presión es suficientemente grande (en D) la válvula de descarga es obligada a abrirse y el vapor es forzado a salir hacia el tramo de descarga.

Cuando el pistón inicia su carrera nuevamente de succión, se reduce la presión en el cilindro cerrando las válvulas de descarga, a consecuencia de la presión en el condensador y del tubo de descarga, repitiéndose de esta forma el ciclo.

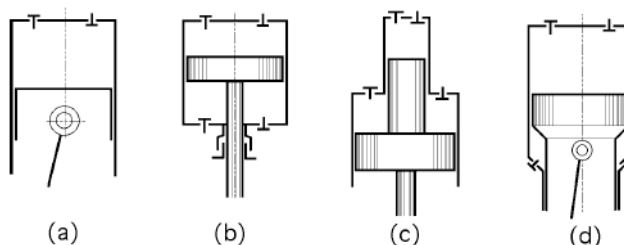
Las válvulas de aspiración y descarga se encuentran situadas en la parte superior del cilindro y sujetas por el plato o placa de válvulas. El plato de válvulas se encuentra fijado a la parte superior del cilindro por la cabeza del compresor. En la cabeza del compresor se localizan las cámaras de aspiración y descarga; debidamente separadas.



La mayoría de las válvulas del compresor son del tipo de lengüeta y deben asentar adecuadamente para evitar fugas. La corrosión y partículas extrañas en la válvula producen este tipo de fugas.

Clasificación de los compresores alternativos

De simple efecto.- Cuando un pistón es de simple efecto, trabaja sobre una sola cara del mismo, que está dirigida hacia la cabeza del cilindro. La cantidad de aire desplazado es igual a la carrera por la sección del pistón.



De doble efecto.- El pistón de doble efecto trabaja sobre sus dos caras y delimita dos cámaras de compresión en el cilindro, Fig b. El volumen engendrado es igual a dos veces el producto de la sección del pistón por la carrera. Hay que tener en cuenta el vástago, que ocupa un espacio obviamente no disponible para el aire y, en consecuencia, los volúmenes creados por las dos caras del pistón no son iguales.

De etapas múltiples.- Un pistón es de etapas múltiples, si tiene elementos superpuestos de diámetros diferentes, que se desplazan en cilindros concéntricos. El pistón de mayor diámetro puede trabajar en simple o doble efecto, no así los otros pistones, que lo harán en simple efecto. Esta disposición es muy utilizada por los compresores de alta presión, Fig c.

De pistón diferencial.- El pistón diferencial es aquel que trabaja a doble efecto, pero con diámetros diferentes, para conseguir la compresión en dos etapas, Fig d. Su utilidad viene limitada y dada la posición de los pistones está cayendo en desuso.

COMPRESOR ROTATIVO

Es un tipo de compresor que emplea un émbolo giratorio para bombear y comprimir el refrigerante en fase gaseosa. El funcionamiento del compresor rotativo permite diseñar compresores más compactos y más silenciosos. Los compresores rotativos de rotor único cilíndricos, pueden ser: compresores de rodillo y compresores de palas y de espiras o scroll. En estos compresores rotativos no son necesarias válvulas de admisión, ya que como el gas entra de forma continua en el compresor, la pulsación de gas es mínima.

Compresor de rodillo

En los compresores de rodillo el eje motor y el eje del estator son concéntricos, mientras que el eje del rotor es excéntrico una distancia e respecto a ellos.

La admisión del vapor se efectúa a través de la lumbrera de admisión y el escape a través de la válvula de escape. El vapor aspirado en el compresor, que llena el espacio comprendido entre el rotor y el estator, se comprime de forma que, al girar, disminuye progresivamente su espacio físico (cámara de trabajo), hasta que alcanza la presión reinante en la válvula de escape, que en ese momento se abre, teniendo lugar a continuación la expulsión o descarga del vapor.

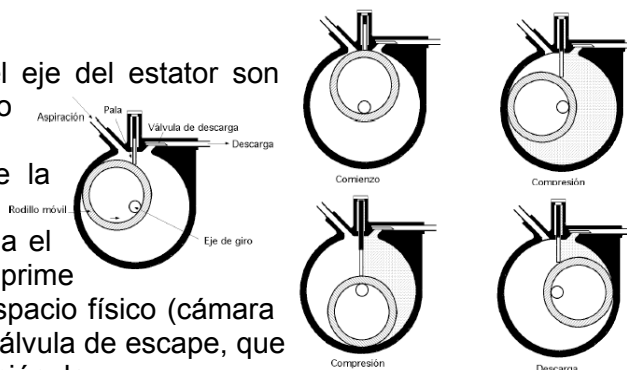


Fig II.10.- Funcionamiento de un compresor de rodillo de pala deslizante

Compresor de palas

En este compresor el eje motor es excéntrico respecto al eje del estator y concéntrico respecto al eje del rotor. El rotor gira deslizando sobre el estator.

Bajo la acción de la fuerza centrífuga, las palas (1 ó más) aprietan y ajustan sus extremos libres deslizantes a la superficie interior del estator, al tiempo que los extremos interiores de dichas palas se desplazan respecto al eje de giro.

La **admisión del vapor** se efectúa mediante la lumbrera de admisión y el escape a través de la válvula de escape. El vapor llena el espacio comprendido entre dos palas vecinas y las superficies correspondientes del estator y del rotor (cámara de trabajo), cuyo volumen crece durante el giro del rotor hasta alcanzar un valor máximo, y después se cierra y traslada a la cavidad de impulsión del compresor, comenzando al mismo tiempo el desalojo del vapor de la cámara de trabajo.

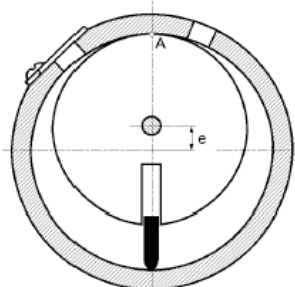


Fig II.11.-
Compresor de palas monocelular

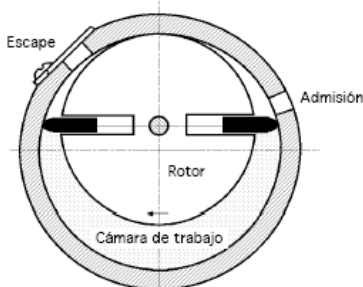


Fig II.12.-
Compresor bicelular

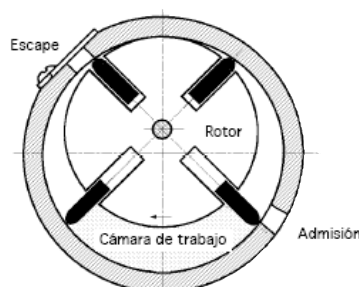


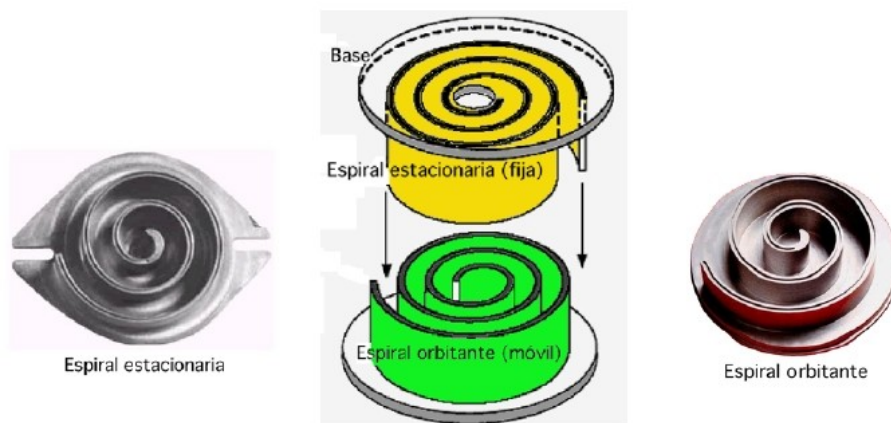
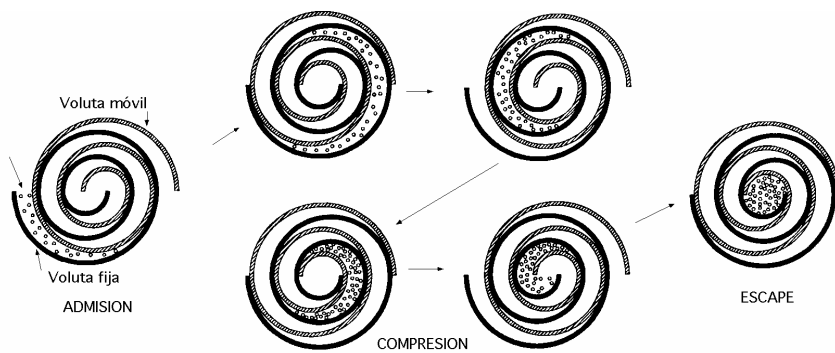
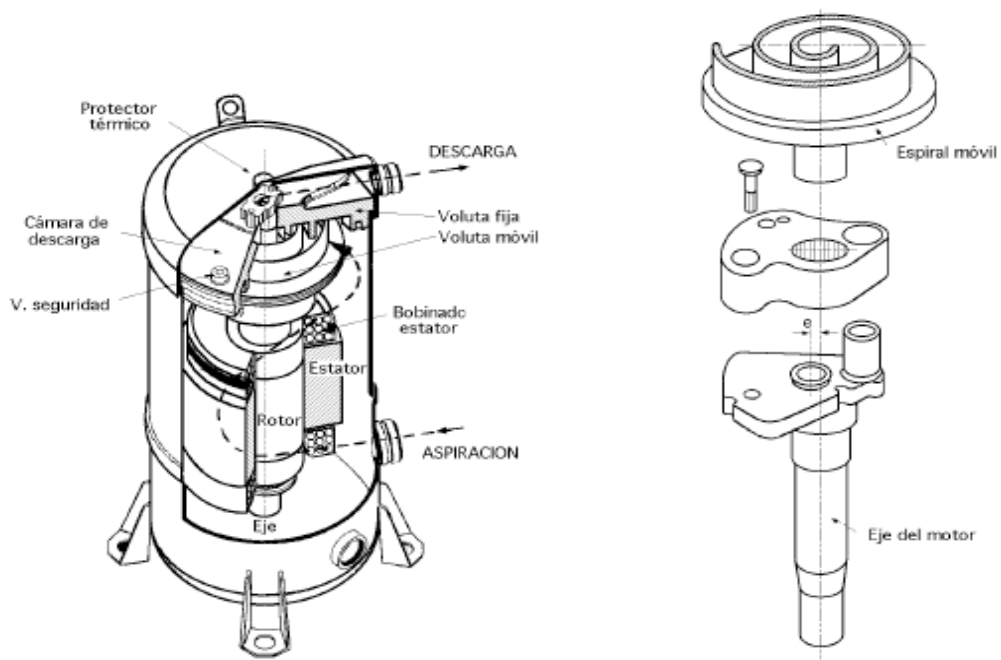
Fig II.13.-
Compresor multicelular

Compresor Scroll

Aunque el compresor Scroll, o de espiral fue descrito por primera vez en 1905 por el francés Leon Creux, sólo las recientes técnicas de mecanización por control numérico han hecho posible la fiabilidad de fabricación imprescindible para este tipo de compresores, cuyo diseño se basa principalmente en la consecución de tolerancias muy estrechas en piezas de forma geométrica complicada, como es el caso de los perfiles en espiral.

En este tipo de compresores el refrigerante se comprime entre dos espiras (Scroll) situadas en la parte superior del compresor. El centro de la espiral orbital describe un movimiento circular sobre el centro de la espiral fija. Este movimiento crea una serie de bolsas simétricas entre las dos espirales, desplazándose la masa del gas aspirado desde los extremos hasta el centro de las espirales, reduciéndose el volumen a medida que el gas pasa de una bolsa a otra.





Este tipo de compresores presenta una serie de ventajas:

- Ausencia de válvulas de aspiración y descarga, por lo que admite golpes de líquido y tiene bajo nivel sonoro y de vibraciones
- No arrastra casi aceite
- Tiene bajo par de arranque, ya que las presiones se igualan (llevan una válvula antirretorno en la descarga)

- Además del menor par de arranque, durante la marcha normal, también necesitan menos potencia por lo que además de consumir menos, los motores son más pequeños.
- Menor número de partes móviles, y por tanto, menor desgaste

Como no todo en la vida es perfecto, este tipo de compresores también tienen desventajas:

- Son muy caros
- Aunque se dice que admiten golpes de líquido, es un poco fútil, ya que si entra líquido en el compresor no sufre riesgo de rotura mecánica, pero con el líquido refrigerante se producen arrastres de aceite que pueden dejar el cárter del compresor sin aceite, y si esto se repite varias veces nos quedamos con cara de tontos y sin compresor.
- En los trifásicos, hay que comprobar las fases con un fasímetro, ya que deben de girar en un sentido. Si giran en sentido contrario, saltarán las protecciones térmicas.

Como conclusión, señalar que estos compresores son el futuro debido a su bajo consumo, el problema es que de momento son muy caros. Como consecuencia del poco ruido y la práctica ausencia de vibraciones, se utilizan principalmente en aire acondicionado.

Compresor de tornillo

El compresor helicoidal de dos rotores, es una máquina rotativa, en la que la compresión del vapor se efectúa mediante dos rotores (husillos roscados). El rotor conductor tiene cuatro o cinco dientes helicoidales, y engrana con seis celdas o cámaras de trabajo, igualmente helicoidales, del rotor conducido, alojados ambos dentro del estator.

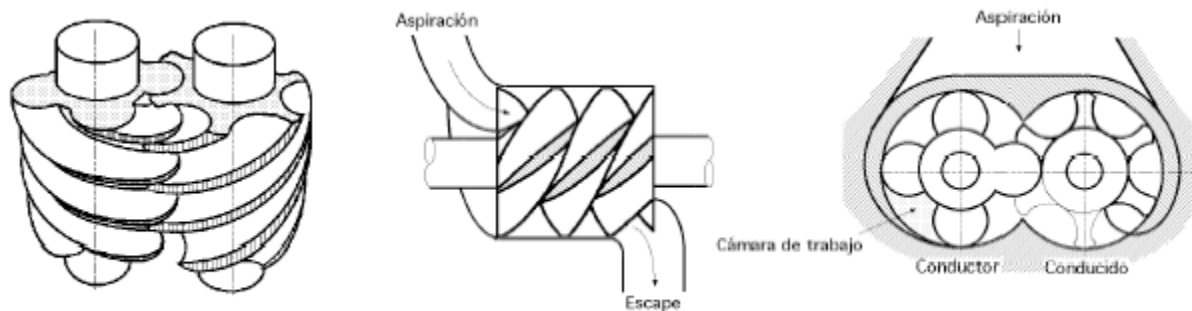


Fig II.1.- Tornillos de un compresor helicoidal de dos rotores

Principio de funcionamiento:

El compresor de tornillo se clasifica como del tipo rotativo. Comprime el gas refrigerante continuamente cambiando el volumen entre dos rotores rotativos. El gas refrigerante se aspira en el espacio entre los rotores, y sube la presión disminuyéndole volumen, terminada la compresión del gas se lo descarga como gas de alta presión.

El funcionamiento de los compresores a tornillo se basa en el siguiente esquema:

- a)- Fase de aspiración
- b)- “ “ traslado
- c)- “ “ compresión
- d)- “ “ descarga

Fase de aspiración:

En la parte inicial de aspiración, un par de lóbulos aún no engranan. El gas fluye en el volumen formado entre los lóbulos y el cuerpo de los rotores hasta que aquellos están completamente engranados.

Fase de traslado:

El gas introducido entre los rotores macho y hembra es desplazado tangencialmente a presión de aspiración constante.

Fase de compresión:

Cuando comienzan a engranar los rotores en el extremo de la entrada, el volumen se reduce y el gas mezclado en el aceite es desplazado gradual y helicoidalmente, mientras simultáneamente es comprimido hacia el extremo de la descarga, cuando el punto de engrane de los lóbulos se mueve axialmente.

Fase de descarga:

La descarga comienza cuando el volumen comprimido ha sido trasladado a la zona axial de la abertura de descarga de la maquina y continua hasta que todo el gas es evacuado completamente.

Como se ha descrito en las fases antes dichas, el compresor de tornillo repite continuamente aspiración, traslado, compresión y descarga de todas las entre caras de los lóbulos.

Este compresor no posee plato de válvulas como en los compresores alternativos, por lo que no existen ni desgastes ni vibraciones. Además su funcionamiento es estable y libre de golpeteos, por lo que se garantiza un gran rendimiento, bajo cualquier condición de funcionamiento, tal como corresponde a un compresor de desplazamiento positivo.

SISTEMA DE CONTROL INVERTER

El sistema de control Inverter, mejora el rendimiento en un 50%, ya que la capacidad del compresor varía progresivamente en función de las necesidades térmicas de cada momento, por ejemplo para enfriar un local el cual está a la máxima carga de calor, el compresor estará al 100% de sus posibilidades y cuando el local está más frío el compresor rendirá mucho menos, con lo cual su rendimiento es variable, reduciéndose así los consumos eléctricos y evitando la parada/arranque de la máquina. Como consecuencia el sistema Inverter permite alcanzar la temperatura seleccionada más rápidamente, y la mantiene constantemente minimizando las oscilaciones de temperatura. Esto redundará en un menor gasto energético; y en un mayor confort y durabilidad del compresor.

La diferencia del sistema de control, para el resto de equipos que utilizan exclusivamente un termostato como dispositivo de control de temperatura, produciéndose un sistema de todo o nada, es decir, que el equipo funciona al 100% de sus posibilidades o está parado, no existiendo en este caso una opción intermedia. Con el sistema Inverter se consiguen unas temperaturas más homogéneas, y sin variaciones de temperatura apreciables en comparación con el resto de los equipos.

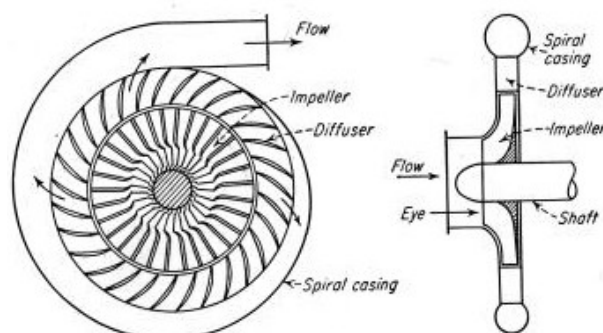
El principio de funcionamiento se basa en que para regular la capacidad de la instalación, se necesita un control de la frecuencia de suministro al motor para poder variar la velocidad de rotación del compresor.

COMPRESOR CENTRÍFUGO

El compresor centrífugo es una turbomáquina que consiste en un rotor que gira dentro de una carcasa provista de aberturas para el ingreso y regreso del fluido. El rotor es el elemento que convierte la energía mecánica del eje en cantidad de movimiento y por tanto energía cinética del fluido. En la carcasa se encuentra incorporado el elemento que convierte la EC en energía potencial de presión (el difusor) completando así la escala de conversión de energía.

El difusor puede ser del tipo de paletas sustancialmente radiales, o de caracol. Las figuras ilustran un compresor radial con ambos tipos de difusores:

Compresor



centrífugo (Lee)

FUNCIONAMIENTO INUNDADO DE LOS COMPRESORES

Si un compresor aspira refrigerante que esté dentro de la campana (no hay recalentamiento) pueden ocurrir averías en el compresor:

Si el compresor aspira líquido y no se evapora por el calor de los devanados del motor eléctrico, se diluye el aceite. Lo que puede provocar desgastes en las partes móviles, con lo que podría quemarse el motor eléctrico como consecuencia del desgaste de los cojinetes.

Si el líquido llega a los cilindros puede provocar desgaste y adherencia entre el pistón y el cilindro o dañar las válvulas de descarga.

Cuando el compresor arranca inundado, en la mirilla de aceite del carter podríamos ver que se forma una espuma blanca. Esta situación puede evitarse o minimizarse realizando el paro por vaciado del evaporador.

LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE LOS COMPRESORES

Los motores de los compresores suelen ser de corriente alterna y del tipo de jaula de ardilla y de corriente alterna monofásica o trifásica. Los monofásicos son menos eficientes que los trifásicos



MOTORES MONOFÁSICOS

Éstos motocompresores pueden alcanzar los 3 CV de potencia. En los motores monofásicos no resulta sencillo iniciar el campo giratorio, por lo cual, se tiene que usar algún elemento auxiliar (devanado).

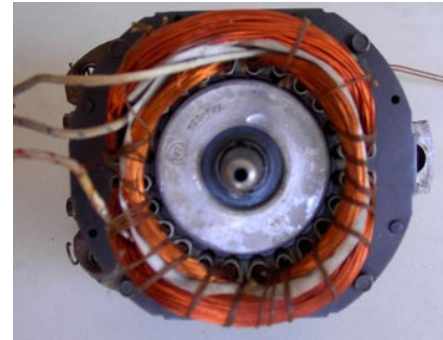
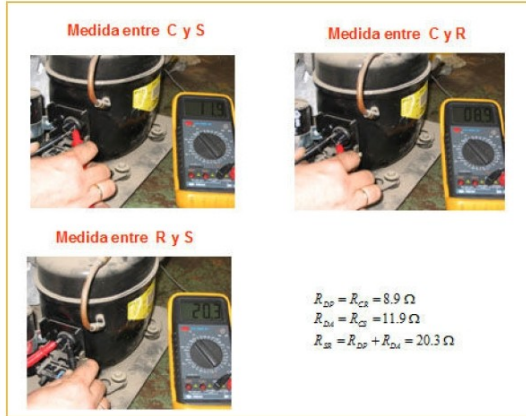
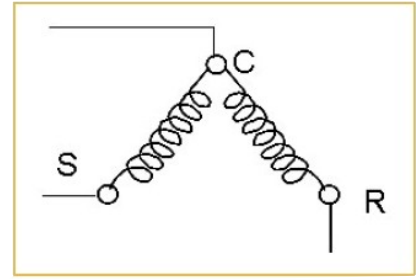


Si empleamos un devanado resistivo para arrancar el motor, el par de arranque es bajo y si empleamos un condensador en serie con el devanado de arranque, es alto, tal y como vemos en la figura superior.

El stator de un motor monofásico está formado por dos devanados: el de arranque y el de marcha. El segundo tiene más espiras que el primero, pero el de arranque tiene una resistencia más elevada.

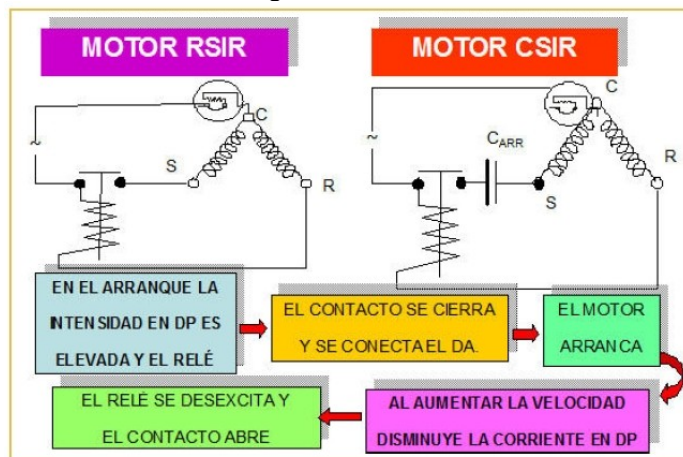
Estos dos devanados se conectan a un terminal común, llamado C, y tiene el otro extremo unido a otro llamado S, para el devanado de arranque, y R para el principal o de marcha.

En las figuras siguientes se pueden ver las mediciones para diferenciar los terminales de la caja de conexiones y los dos devanados del stator.

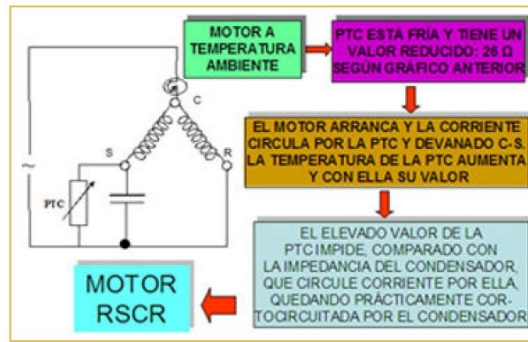


El arranque se puede conseguir por relé de intensidad, por PTC y por relé de tensión.

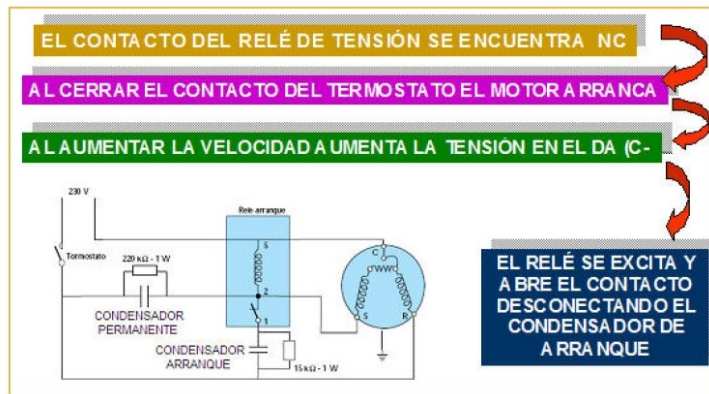
Arranque por relé de intensidad: se emplea en motores de poca potencia. Este tipo de relés tiene un contacto que se encuentra NA. Al circular corriente por la bobina del relé, el contacto se desplaza a la posición de cierre. Cuando la corriente que circula por la bobina es insuficiente para mantener el contacto cerrado, éste se abre por efecto de un muelle o la gravedad.



Arranque por relé PTC: El relé PTC se coloca en serie con la bobina de arranque y generalmente posee una resistencia muy baja. En el momento del arranque del motor, cuando la corriente comienza a circular por la bobina de arranque, la resistencia del PTC rápidamente comienza a subir a valores muy altos reduciendo dramáticamente la corriente hacia la bobina de arranque, eliminando la alimentación eléctrica hacia dicha bobina o devanado. Puede ser usado simplemente conectado en paralelo con un capacitor de marcha (ver figura). Durante el arranque, el PTC provoca un corto a través del capacitor de marcha. Esto permite la alimentación de voltaje a pleno de la bobina de arranque durante la partida, dándole al motor un mayor desfasaje y torque de arranque. Una vez que el termistor se calienta, el corto a través del capacitor de marcha es eliminado y el motor comienza a funcionar normalmente.



Arranque por relé de tensión: estos relés se usan en motores de potencia más elevada. Su funcionamiento se explica en la figura siguiente:



Klixon: es un dispositivo que va en la carcasa del compresor y lo más cerca posible de los devanados para que pueda responder a las variaciones de temperatura de los mismos. Están formados por una lámina bimetálica y que se deforma con la temperatura de los devanados y la intensidad de corriente que circula por el motor, ya que está en serie con éste.



MOTORES TRIFÁSICOS

Se pueden arrancar con motor Part-winding, con resistencias estáticas y con estrella-triángulo (la más frecuente)