



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

***“PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO A
EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO Y
COMERCIAL”***

T E S I S

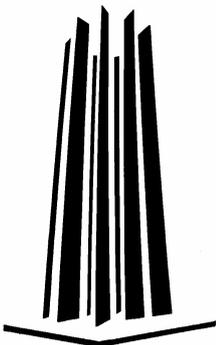
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA
ÁREA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**P R E S E N T A:
LEONARDO URBINA OLVERA**

ASESOR:

ING. DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO, 2007.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre:

Magdalena

Que me ha apoyado en todo momento sin recibir nada a cambio, a orientarme en las acciones a un buen camino y a tener amor que le profesó, además de darme la vida.

A mi padre:

José Luz

Por darme la vida.

A mis hermanos:

Lucila

Hugo

Norma

Florina

Juan

Romo

Que sin interés alguno, me apoyaron directa e indirectamente durante mis estudios, y por aquellos momentos tan difíciles que pasamos durante nuestra niñez.

A mi asesor de tesis:

Ing. Dámaso Velázquez Velázquez.

. Por su gran apoyo e infinita paciencia que me ha brindado.

Al Ing. Francisco Raúl Ortiz González

Por su confianza.

Al Ing. Ángel Alfonso Sánchez Razo.

Que tuvo la infinita paciencia y de impartir profesionalmente, una muy buena asignatura, colaborando para una sociedad mejor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN	
I.1.- REFRIGERACIÓN.....	5
I.2.- CICLO MECÁNICO DE COMPRESIÓN.....	5
I.3.- CICLO DE CARNOT.....	7
I.3.1.-CICLO INVERSO DE CARNOT.....	8
I.4.- CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR.....	10
CAPÍTULO II: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
II.1.- ACEITES DE REFRIGERACIÓN.....	12
II.2.- REFRIGERANTES.....	13
II.2.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES.....	13
II.2.2.- GRUPO DE LOS HIDROCARBUROS HALOGENADOS.....	14
II.2.2.1.- REFRIGERANTE R-12.....	14
II.2.2.2.- REFRIGERANTE R-22.....	16
II.2.3.- MEZCLAS AZEOTRÓPICAS.....	17
II.2.3.1.- REFRIGERANTE R-502.....	18
II.2.4.- REFRIGERANTES ALTERNATIVOS (Hidroclorofluorocarbonos).....	19
II.2.4.1.- REFRIGERANTE R-134a (REEMPLAZA AL R-12 Y R-22).....	20
II.2.4.2.- REFRIGERANTE R-407c Y R-410a (REEMPLAZA AL R-22).....	21
II.2.4.3.- REFRIGERANTE R-404a (REEMPLAZA AL R-502).....	21
II.3.- COMPRESORES.....	22
II.3.1.- TIPOS DE COMPRESORES.....	23
II.3.1.1.- COMPRESORES RECIPROCANTES.....	23
II.3.1.1.1.- COMPRESOR RECIPROCANTE DE TIPO ABIERTO.....	25
II.3.1.1.2.- COMPRESOR RECIPROCANTE DE TIPO CERRADO HERMÉTICO.....	25
II.3.1.1.3.- COMPRESOR RECIPROCANTE TIPO SEMIHERMÉTICO.....	26
II.3.1.2.- COMPRESORES ROTATORIOS.....	26
II.3.1.2.1.- COMPRESOR ROTATORIO DE TIPO PISTÓN RODANTE.....	27
II.3.1.2.2.- COMPRESOR ROTATORIO DE TIPO ALETA ROTATORIA.....	28
II.3.1.2.3.- COMPRESOR ROTATORIO TIPO HELICOIDAL.....	29
II.3.1.3.- COMPRESORES CENTRÍFUGOS.....	31
II.3.1.3.1.- COMPRESOR CENTRÍFUGO DE TIPO UNIRODETE.....	32
II.3.1.3.2.- COMPRESOR CENTRÍFUGO DE TIPO MULTIRODETE.....	33
II.4.- EL CONDENSADOR.....	33
II.4.1.- CLASIFICACIÓN DE CONDENSADORES.....	34
II.4.1.1. CONDENSADOR DE TUBO Y ALAMBRE.....	34
II.4.1.2.- CONDENSADOR DE PLACA Y TUBO.....	35
II.4.1.3.- CONDENSADOR DE VENTILACIÓN FORZADA.....	36
II.4.1.4.- CONDENSADOR DE TUBO DENTRO DEL TUBO.....	36
II.4.1.5.- CONDENSADOR DE CALDERA Y TUBO.....	36
II.4.1.6.- CONDENSADOR-EVAPORADOR DE AGUA.....	36
II.5.- EL EVAPORADOR.....	37
II.5.1.- CLASIFICACIÓN DE EVAPORADORES.....	38
II.5.2. TIPOS DE EVAPORADORES.....	38
II.5.2.1.- EVAPORADOR DE TUBO LISO.....	38

II.5.2.2.- EVAPORADOR DE PLACAS.....	39
II.5.2.3.- EVAPORADOR DE TUBO Y ALETAS.....	40
II.5.2.4.- EVAPORADOR SEMI-INUNDADO.....	40
II.5.2.5.- EVAPORADOR DE AIRE FORZADO.....	41
II.5.2.6.- EVAPORADOR MIXTO.....	41
II.5.2.7.- EVAPORADOR MULTITUBULAR.....	42
II.5.2.8.- EVAPORADOR ENFRIADOR DE CORTINA.....	42
II.5.2.9.- PLACAS CONGELADORAS.....	43
II.6.- ELEMENTOS DE EXPANSIÓN.....	44
II.6.1.- VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.....	44
II.6.2.- VÁLVULA DE EXPANSIÓN AUTOMÁTICA.....	45
II.6.3.- TUBO CAPILAR.....	45
II.6.4.- FLOTADOR DE BAJA.....	46
II.6.5.- FLOTADOR DE ALTA.....	47

CAPÍTULO III: CONTROLES ELÉCTRICOS

III.1.- RELÉS.....	48
III.1.1.-RELÉ DE ALAMBRE CALIENTE.....	48
III.1.2.- RELÉ DE AMPERAJE.....	49
III.1.3.- RELÉ DE VOLTAJE.....	50
III.2.- PROTECTOR TÉRMICO.....	51
III.3.- CONTROLADORES DE TEMPERATURA.....	51
III.3.1.- TERMOSTATO.....	52
III.3.2.- PRESOSTATO.....	52
III.3.2.1.- PRESOSTATO TIPO FUELLE.....	53
III.3.2.2.- PRESOSTATO TIPO DIAFRAGMA.....	53
III.3.2.2.- PRESOSTATO TIPO BOURDON.....	54

CAPÍTULO IV: MANTENIMIENTO

IV.1.- TEORÍA DEL MANTENIMIENTO.....	55
IV.1.1.- CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	56
IV.2.- MANTENIMIENTO A REFRIGERACIÓN.....	58
IV.2.1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO A REFRIGERADOR DOMÉSTICO.....	59
IV.2.1.1.- CARGA DE ACEITE EN REFRIGERADOR DOMÉSTICO.....	61
IV.2.1.2.- VACÍO EN REFRIGERADOR DOMÉSTICO.....	62
IV.2.1.3.- CARGA DE REFRIGERANTE EN REFRIGERADOR DOMÉSTICO.....	63
IV.2.1.4.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO A REFRIGERADOR DOMÉSTICO.....	64
IV.2.2.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO A REFRIGERADOR COMERCIAL.....	65
IV.2.2.1.- CARGA DE ACEITE EN REFRIGERADOR COMERCIAL.....	67
IV.2.2.2.- VACÍO Y CARGA EN REFRIGERADOR COMERCIAL.....	68
IV.2.2.3.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO A REFRIGERADOR COMERCIAL.....	69

CONCLUSIONES.....	71
-------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.....	72
-------------------	----

MESOGRAFÍA.....	74
-----------------	----

INTRODUCCIÓN

En la actualidad ya sea en el hogar, negocio o industria se necesita de la refrigeración artificial, ya que es esencial para la conservación de un producto que requiera de una temperatura adecuada para conservarse. Esto contribuye a elevar el nivel de vida de la gente de cualquier nación. En el siglo XIX, la refrigeración artificial fue un producto de la industrialización.

Desde los tiempos más remotos el hombre conoció, en un nivel empírico, el uso de los espacios cerrados que, debido a su disposición, permitían conservar determinados alimentos a una temperatura menor que la del medio. Por lo general, dichos espacios eran cavernas que al tener entrada y salida de corrientes de aire natural permitían este milagro de conservación.

Los animales prehistóricos al sentirse moribundos se adentraban por instinto en los rincones más profundos de las cuevas y ahí morían. Al estar alejados de la acción del sol y entre las corrientes de aire que ahí existían, sus cuerpos se secaban sin descomponerse, gracias al frío sostenido de esos lugares. Los primeros hombres se percataron de tal fenómeno y, después de agruparse en rudimentarias formas sociales, lo utilizaron para su provecho. El hombre prehistórico adoptó estas cuevas y comenzó a almacenar grandes trozos de carne para resguardarlos de la acción de los rayos solares. Primero los secaba para eliminar la grasa, y después los cubría con tierra para evitar la rápida putrefacción. Durante los tiempos en que la caza se escaseaba, podía obtener alimento de esta reserva de carne.

En las tribus más antiguas de Norteamérica también se conocía la conservación de la carne mediante un método natural que se realizaba de la siguiente manera: se localizaba una corriente de agua subterránea y en la piedra viva se hacía una cavidad, de modo que al ras de ella y en la parte inferior se humedeciera ligeramente la tierra, sin llegar a anegar la cavidad. Después se fabricaba una plataforma sobre la que se colocaban, previamente cubiertos de tierra, los trozos de carne que se deseaba conservar. Posteriormente, toda la cavidad se cubría con ramas y la misma corriente de agua neutralizaba el calor del hueco. La carne se consumía antes de que comenzara a descomponerse.

Otro uso de los espacios fríos en la antigüedad lo llevaron a cabo los egipcios a las orillas del río Nilo, para conservar determinadas clases de granos en tiempos de sequía. En América precolombina, los emperadores aztecas organizaban grupos de individuos para su servicio exclusivo, que desempeñaban la tarea de llevar hielo de los volcanes cercanos al Valle de México hasta la Gran Tenochtitlan. El uso del hielo de los glaciares de las montañas nevadas también se conoció por los griegos y los romanos.

Los sistemas de refrigeración por compresión de vapor se diseñan y adecuan por los cuatro principales elementos que lo forman, que son las siguientes: el compresor, condensador, evaporador, control de expansión. Este sistema tiene lo que se llama el lado de baja presión que es la línea de retorno del refrigerante en estado de vapor hacia el compresor y, el lado de alta presión, es el lado donde sale el gas del compresor.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo I se encuentran contenidos los conceptos básicos de la refrigeración, incluyendo el ciclo de un sistema típico de refrigeración relacionado con el ciclo inverso de Carnot.

En el capítulo II se describe de los elementos principales que forma un sistema de refrigeración compuesto por aceites, refrigerantes, compresores, condensadores, evaporadores y elementos de expansión, cada uno con algunas de sus características y su funcionamiento.

En el capítulo III que está formado por los controles eléctricos, los cuáles controlan el funcionamiento del compresor, como son los relés, el protector térmico, el controlador de temperatura, el termostato y los presostatos.

En el capítulo IV y último se da una introducción lo que es el mantenimiento, y seguidamente se habla del mantenimiento correctivo y preventivo del refrigerador doméstico y comercial.

CAPÍTULO I:

FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN

I.1. REFRIGERACIÓN

Refrigeración es la rama de la termodinámica que estudia el proceso de reducir y mantener un espacio, a una menor temperatura que su alrededor; por lo cual se realiza una transferencia de calor, de un lugar donde no se desee a otro donde no importa cederlo.

La primera y la más simple forma de producir enfriamiento es utilizando un pedazo de hielo, esta sustancia fría, la cual es agua solidificada, es capaz de enfriar un espacio determinado, una hielera por ejemplo, debido a que puede atraer el calor del medio que lo rodea y usarlo para pasar de sólido a líquido. Un problema con el hielo es que sólo enfriará hasta que el último pedazo se derrita, así que, para conservar fría la hielera, será necesario añadir más hielo.

Eso es lo que hace justamente un sistema de refrigeración, excepto que en lugar de usar un sólido usa un líquido llamado refrigerante, que por sus propiedades termodinámicas, absorbe calor y cambia a gas, y en lugar de evaporarse en un lugar abierto se evaporará en una cámara de tal forma que se recupera el gas para convertirlo de nuevo en líquido y así sucesivamente para repetir el ciclo.

La refrigeración se ha vuelto una necesidad primordial para el ser humano, en los procesos industriales, para la conservación de alimentos y productos que requieran de un control de temperatura, para el confort humano, en regiones de climas extremos por mencionar algunas de las aplicaciones más importantes.

I.2. CICLO MECÁNICO DE COMPRESIÓN

El funcionamiento del sistema se divide en cuatro procesos descritos en la **figura 1**, los cuales constituyen el llamado ciclo de refrigeración. Estos procesos son: Evaporación, Compresión, Condensación y Control, de los cuales se derivan los cuatro componentes básicos para el funcionamiento del sistema de refrigeración:

Evaporador, Compresor, Condensador y Válvula de control de Flujo.

Enseguida se indica el proceso que realiza la refrigeración:

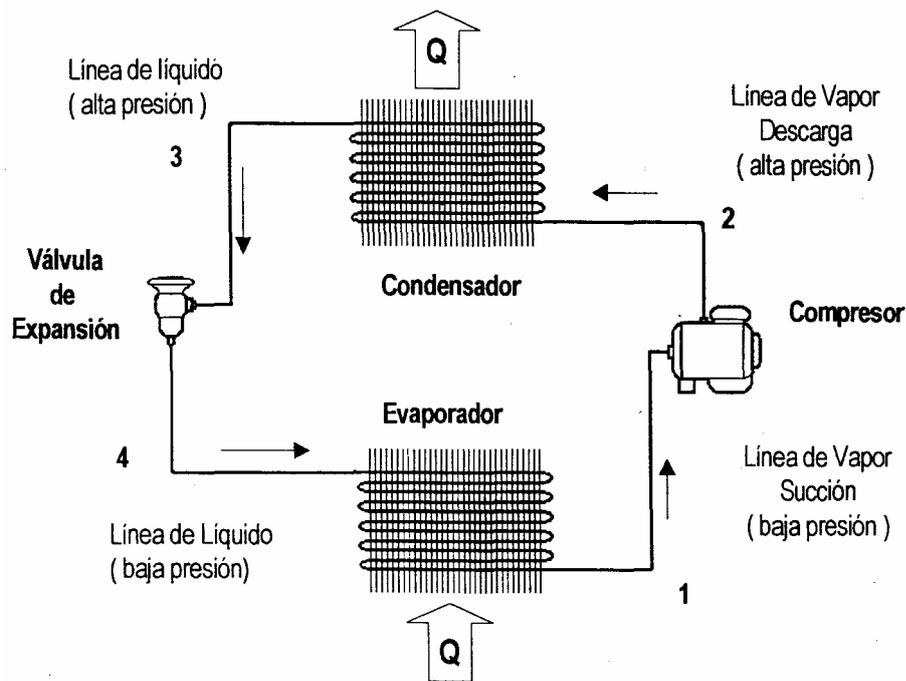


Figura 1. Ciclo completo de refrigeración.

[4-1] Evaporación

En la etapa de evaporación el refrigerante absorbe calor del espacio que lo rodea y por consiguiente lo enfría. Este proceso tiene lugar en un componente denominado evaporador, el cual es llamado así debido a que, al absorber calor del refrigerante, lo cambia de líquido a gas, es importante que el refrigerante sea evaporado totalmente ya que si, llegara líquido al compresor, éste se dañaría (golpe de líquido), debido a que ningún líquido es compresible.

[1-2] Compresión

Después de evaporarse, el refrigerante es transportado por la línea de succión, el vapor se conduce a baja presión del evaporador al compresor donde se le aumenta su presión, este aumento de presión y temperatura es necesario para que el gas refrigerante cambie fácilmente al estado líquido.

[2-3] Condensación

Una vez elevada su presión y temperatura, se transporta por la línea de descarga, el vapor se conduce a alta presión del compresor al condensador, donde el gas refrigerante cede su calor a un medio a menor temperatura como puede ser el aire ambiente, agua, u otro fluido, cambiando su estado de gas a líquido.

[3-4] Control

El refrigerante líquido es transportado por la línea de líquido a alta presión del condensador a la válvula de control. La fase de control es desarrollada por un mecanismo de control de flujo, este mecanismo regula el flujo del refrigerante hacia el evaporador y también actúa como trampa de presión. Después que el refrigerante deja

la válvula de control de flujo se dirige al evaporador por la línea de líquido a baja presión y comienza de nuevo el ciclo.

I.3. CICLO DE CARNOT

El ciclo reversible de Carnot, es la teoría básica para cualquier sistema práctico de refrigeración, (ver **figura 2**). La máxima cantidad de trabajo se puede obtener dejando pasar una cantidad de calor de un cuerpo, que sea una fuente de calor, a otro que sea un receptor, a través de una máquina que trabaje de una manera reversible.

Reversible no sólo respecto de su acción interna, sino también de la transferencia de calor de la fuente de calor a la máquina y de la máquina al receptor.

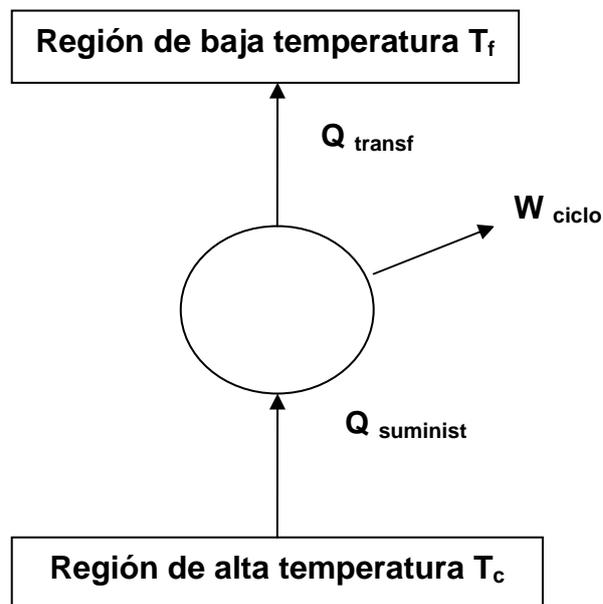


Figura 2. Diagrama del sistema de Carnot.

En 1824, Sadi Carnot publicó un tratado de termodinámica en el cual ideó un ciclo compuesto por cuatro procesos particulares. La máquina térmica que utiliza este ciclo (pero que nadie ha construido aún) ha sido denominada máquina de Carnot y el ciclo correspondiente, ciclo de Carnot. En la **figura 3** se muestran los cuatro procesos que constituyen este ciclo y son por orden los siguientes:

[1-2] Compresión isotérmica, el calor es cedido a una temperatura T_f .

[2-3] Compresión adiabática reversible desde la temperatura más baja T_f a la temperatura más elevada T_c .

[3-4] Expansión isotérmica reversible a la temperatura T_c .

[4-1] Expansión adiabática reversible desde la temperatura T_c a la temperatura T_f .

El proceso a temperatura constante o isotérmico, comprende transferencia de trabajo y calor, así como cambios de energía.

Se han considerado procesos en los cuales una propiedad importante permanece fija o constante, esto es, la presión, el volumen o la temperatura. Se

considerará a continuación la condición en la cual la transferencia de calor es cero, lo que se denomina proceso adiabático.

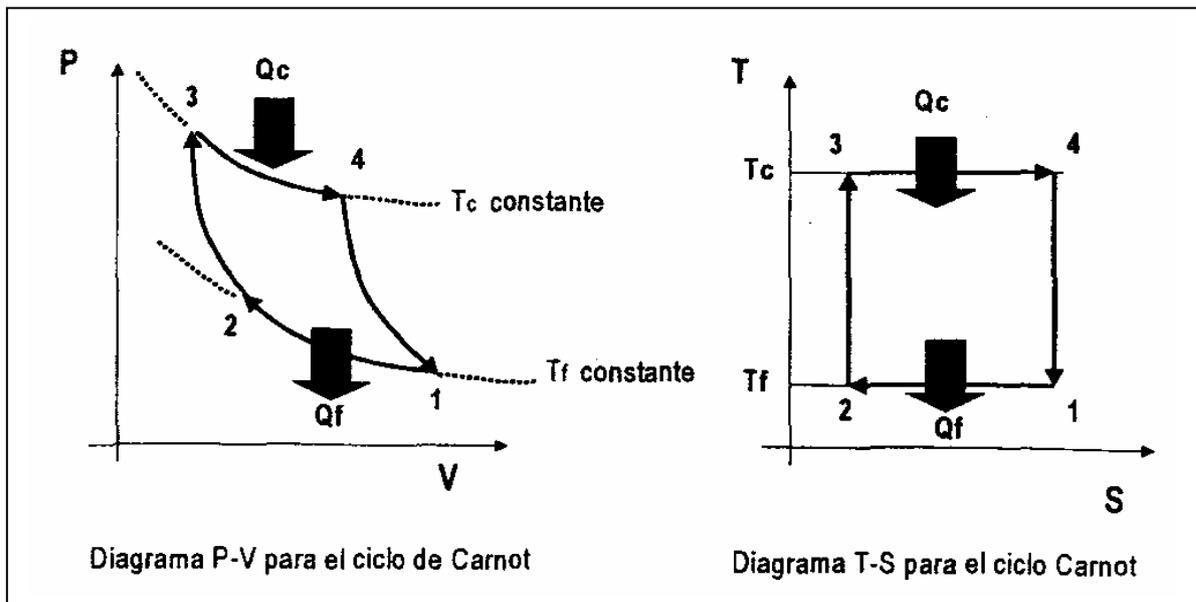


Figura 3. Diagramas P-V y T-S del ciclo de Carnot.

I.3.1. CICLO INVERSO DE CARNOT

Se ha mencionado el ciclo de Carnot como una máquina de calor que opera entre dos regiones de temperatura y que produce trabajo (ver **figura 4**). A la inversa del ciclo de Carnot, ya se tiene un dispositivo denominado la bomba de calor, la cual transfiere energía desde una región de baja temperatura a otra de temperatura mayor.

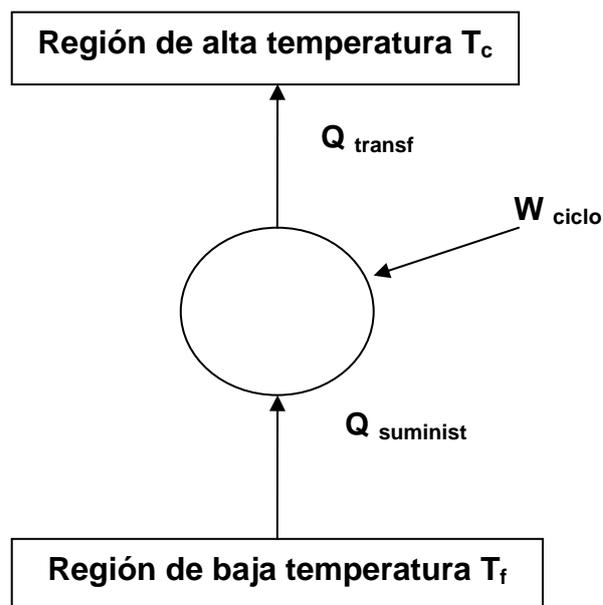


Figura 4. Diagrama del sistema inverso de Carnot (bomba de calor).

Considérese el ciclo de Carnot al operar en sentido inverso. Esta es la bomba de calor que, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, requiere tener un aporte neto de trabajo o potencia hacia el dispositivo para que éste sea posible. La **figura 5** muestra los cuatro procesos que constituyen este ciclo, los cuales son los siguientes:

- [1-2] Compresión adiabática, la cual se realiza en el compresor.
- [2-3] Compresión isotérmica, este proceso se lleva a cabo en el condensador.
- [3-4] Expansión adiabática, se realiza en la válvula de control.
- [4-1] Expansión isotérmica, este proceso se lleva a cabo en el evaporador.

Sobre el gas se realizará el trabajo durante la compresión, y el gas realizará trabajo durante la expansión, con un trabajo neto, que es la diferencia representada en la figura P-V como el área 1-2-3-4-1.

En la figura T-S el calor cedido por el sistema, está representado por el área 2-3-5-6-2. El calor suministrado al sistema es 4-1-6-5-4; la diferencia 1-2-3-4-1 es la energía que se suministra en forma de trabajo.

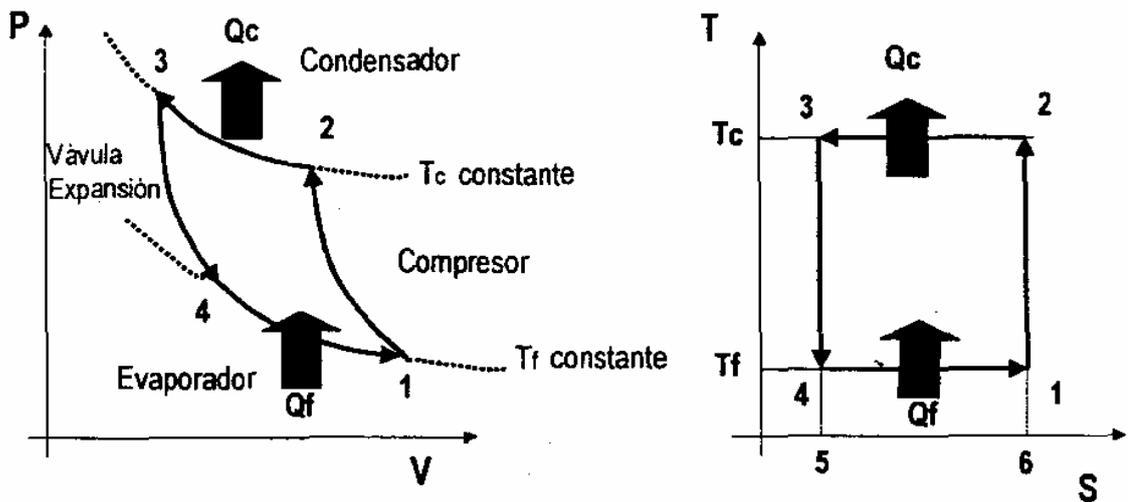


Diagrama P-V para el ciclo inverso de Carnot (Bomba de calor)

Diagrama T-S para el ciclo inverso Carnot (Bomba de calor)

Figura 5. Diagrama P-V y T-S para el ciclo inverso de Carnot (bomba de calor).

Obsérvese que las áreas encerradas en los diagramas de propiedades deben ser iguales para cada ciclo reversible, de manera que:

$$W_{ciclo} = Q_{neto} = \sum Q = Q_{suministrado} + Q_{transferido}$$

Para la máquina de Carnot se tiene que:

$$Q_{suministrado} = T_f \cdot \Delta S$$

$$Q_{transferido} = -T_c \cdot \Delta S$$

Donde ΔS es el valor absoluto del cambio de entropía durante la transferencia isotérmica de calor y el suministro de calor. Por consiguiente:

$$Q_{neto} = (T_f - T_c) \bullet \Delta S = W_{ciclo}$$

y el coeficiente de rendimiento COP se define por la siguiente ecuación:

$$COP = \frac{\text{calor transferido}}{\text{calor neto del ciclo}} = \frac{Q_{transferido}}{W_{ciclo}}$$

se reduce a

$$COP = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

El coeficiente de refrigeración COR se define mediante la ecuación:

$$COR = \frac{-Q_{suministrado}}{W_{ciclo}}$$

la cual, para la bomba de calor de Carnot, se obtiene de:

$$COR = \frac{T_f}{T_f - T_c}$$

Una de las unidades más comunes del sistema inglés para describir la capacidad frigorífica del dispositivo de una bomba de calor (como aire acondicionado o congelador) es la tonelada de refrigeración. Una tonelada de refrigeración es la cantidad de energía absorbida por una tonelada de agua a 32°F (grados Fahrenheit) y 14.7 psia (libras por pulgada cuadrada absolutas), en la conversión de un líquido puro a sólido (hielo) durante un periodo de 24 horas.

I.4. CICLO DE COMPRESIÓN DE VAPOR

La bomba de calor de Carnot representa el último avance de refrigeración en ciclos de refrigeración. Una aplicación práctica de ciclo ideal es el ciclo de compresión de vapor, definido por los siguientes procesos:

[1-2] Compresión adiabática, la cual se realiza en el compresor.

[2-3] Transferencia de calor a presión constante, este proceso se lleva a cabo en el condensador.

[3-4] Estrangulamiento de la expansión a entalpía constante, se realiza en la válvula de control.

[4-1] Suministro de calor a presión constante durante un cambio de fase del medio de funcionamiento, este proceso se lleva a cabo en el evaporador.

Obsérvese que se puede realizar una compresión del vapor seco (sobrecalentado) o con una mezcla vapor saturado y líquido. Como lo da a entender la descripción de los ciclos mostrados en la **figura 6**, el de compresión en seco entraña un proceso de compresión con un vapor seco [1-2], mientras que el ciclo de compresión del vapor húmedo comprende una mezcla de vapor y líquido durante la compresión [1'-2'].

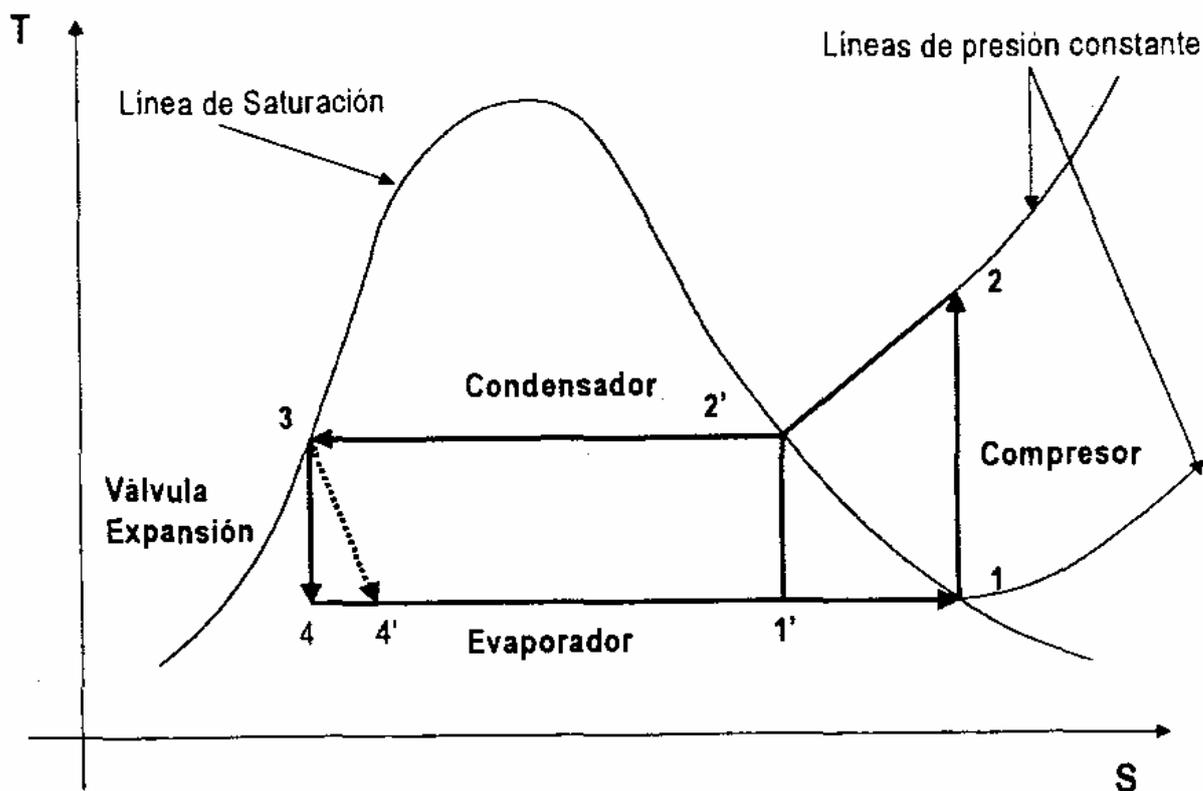


Figura 6. Ciclo de un refrigerante en el diagrama T- S.

El ciclo de compresión en seco parece ser el más popular en la aplicación de dispositivos modernos de refrigeración, no obstante que la compresión húmeda se aproxima más estrechamente al Ciclo Inverso de Carnot; es decir, el COP del ciclo de compresión húmeda se esperaría que excediese al COP de la compresión en seco, ambos operando bajo las mismas presiones. La razón en que radica el éxito del ciclo de compresión en seco es que los compresores se comportan mejor con un vapor puro que con una mezcla vapor y líquido, hay que recordar que los líquidos no son compresibles, por lo cual, en los compresores se debe manejar solamente vapor para evitar un daño mecánico llamado “golpe de líquido”, esto es, el paso de líquido a los cilindros de compresión.

A partir de esta observación, se debe esperar que se tomen decisiones razonadas al seleccionar los agentes de funcionamiento o refrigerantes en el diseño de una unidad refrigeradora.

CAPÍTULO II:

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

II.1. ACEITES DE REFRIGERACIÓN

El sistema de compresión utiliza equipos que necesitan lubricación, que se mezcla y viaja con la mayoría de los refrigerantes en estado líquido, para lo cual se emplea un aceite especial de refrigeración. Este aceite es mineral, similar a los comúnmente empleados para lubricar, pero con características especiales, tales como:

- Estable; en el sentido que no se debe afectar su estado físico ni químico cuando se mezcla con el refrigerante en los ambientes de diferente temperatura del ciclo, conservando sus características lubricantes.
- Deshidratado; es decir, no debe contener humedad, la cual puede mezclarse con él. La humedad es uno de los peores enemigos del sistema.
- Sin cera, los aceites en general la tienen, por ello no deben emplearse en el ciclo porque al bajar su temperatura la cera se endurece obstruyendo o dificultando el movimiento de partes móviles.
- Densidad; estos aceites, como todo lubricante, se diferencian por su viscosidad, la cual debe ser adecuada al tipo de equipo que lubrican. El SAE (Society of Automotive Engineers) clasifica a los aceites de refrigeración, de acuerdo con su viscosidad, con la numeración 150, 200, 300 y 500:

Donde:

- El aceite 150 se emplea en compresores herméticos y semiherméticos de refrigeración doméstica. También se recomienda en los compresores de refrigeración comercial así como en centrífugos de altas revoluciones.
- El aceite 200 es el intermedio, para compresores herméticos y semiherméticos que se emplean en equipos tradicionales que requieren un mejor sello o cuando las temperaturas de operación sean ligeramente altas.
- El aceite 300 se emplea en compresores industriales tienen un rendimiento comprobado en compresores recíprocos de tornillo y centrífugos que se emplean en las plantas de hielo, cervecerías, empacadoras, sistemas de aire acondicionado de hoteles, etcétera.
- El refrigerante 500 es ideal para compresores automotrices, donde se emplean refrigerantes R-12, en el cual se requiere una película lubricante lo suficientemente gruesa para soportar las cargas pesadas entre las superficies. También se emplea donde las temperaturas del compresor son altas, con baja velocidad o para aumentar la presión de descarga. Es el aceite ideal para compresores excesivamente gastados.

II.2. REFRIGERANTES

Los refrigerantes son los fluidos de transporte que conducen la energía calorífica desde el nivel a baja temperatura al nivel a alta temperatura, donde en términos de transferencia de calor, pueden ceder su calor. En un amplio sentido, los gases incluidos en los procesos de licuefacción o en los ciclos de compresión de un gas pasan por una fase de temperatura baja y por tanto, pueden llamarse refrigerantes, de una manera similar a los fluidos de compresión de vapor más convencionales.

Uno de los atributos que debe considerarse en los sistemas de compresión de vapor es el punto de ebullición normal, ya que este es importante en la selección de un fluido que esté a una presión superior a la atmosférica en la parte baja y, por lo tanto, libre de la posibilidad de entradas de aire; se suele dividir a los refrigerantes, en cuatro amplias categorías, basadas en las temperaturas de ebullición:

- Temperaturas altas: -65°F o más bajas
- Temperaturas bajas: -65°F a -20°F
- Temperaturas intermedias: -20°F a +20°F
- Temperaturas altas. +20°F o más

II.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

La norma 34 de la ASRE (American Society of Refrigerating Engineers) clasifica a los refrigerantes en varios grupos de acuerdo con sus compuestos químicos:

1.- Grupo de hidrocarburos halogenados

1.1.- Hidrocarburos clorados.

Cloro metano	CH ₃ Cl
Cloro etano	CH ₃ CH ₂ Cl
Di cloro metano	CH ₂ Cl ₂
Di cloro etano	CHCl-CHCl
Tricloro eteno	CHCl-CCl ₂

1.2.- Hidrocarburos fluorados (serie metanos).

R-11	Tricloromonofluorometano.	CCl ₃ F
R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂
R-13	Monoclorotrifluorometano	CClF ₃
R-14	Tetrafluorometano	CF ₄
R-21	Dicloromonofluorometano	CHCl ₂ F
R-22	Monoclorodifluorometano	CHClF ₂

1.3.- Hidrocarburos fluorados (serie de etanos).

R-113	Triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCClF ₂
R-114	Diclorotetrafluoroetano	CClF ₂ CClF ₂

R-115	Monocloropentafluoroetano	C_2ClF_5
-------	---------------------------	------------

1.4.- Hidrocarburos Fluorados (bromuros).

R-131	Bromotrifluorometano	$CBrF_3$
-------	----------------------	----------

2.- Grupos de Hidrocarburos

2.1.- R-170	Etano	CH_3CH_3
2.2.- R-150	Eteno	CH_2CH_2
2.3.- R-290	Propano	$CH_3CH_2CH_3$
2.4.- R-600a	Isobutano	$CH(CH_3)_3$
2.5.- R-600	Butano	$CH_3CH_2CH_2CH_3$

3.- Mezclas Azeotrópicas

3.1.- R-500	refrigerantes 12/152a	CCl_2F_2/CH_3CF_3
3.2.- R-501	refrigerantes 22/12	$CHClF_2/CCl_2F_2$
3.3.- R-502	refrigerantes 22/115	$CHClF_2/CClF_2CF_3$
3.3.- R-503	refrigerantes 23/13	$CHF_3/CClF_3$

4.- Compuestos Inorgánicos

4.1.- R-717	Amoniaco	NH_3
4.2.- R-744	Dióxido de carbono	CO_2
4.3.- R-764	Dióxido de Azufre	SO_2
4.4.- R-718	Agua	H_2O
4.4.- R-727	Aire	

Debido a que existe una gran diversidad de refrigerantes, aquí sólo se especificarán los refrigerantes más usados a nivel industrial, comercial y domésticamente.

II.2.2. GRUPO DE LOS HIDROCARBUROS HALOGENADOS

En el grupo de los hidrocarburos halogenados comprende refrigerantes que contienen uno o más de los tres halógenos: cloro, fluor y bromo.

En este grupo aparecen los populares refrigerantes, R-12 y R-22, los más usados actualmente en refrigeración y aire acondicionado. El refrigerante R-12 es el más utilizado en los equipos de refrigeración comercial y doméstico.

II.2.2.1. REFRIGERANTE R-12

Es uno de los compuestos de la familia de los generalmente llamados freón más usado en refrigeración. Se compone de un átomo de carbono, dos de cloro y dos de

flúor, para formar una molécula de diclorodifluorometano. Su fórmula química es CCl_2F_2 y el nombre usado actualmente es R-12, no tiene olor ni color.

El punto de ebullición de este refrigerante es de -30°C (grados centígrados), a la presión atmosférica. En el gráfico de la **figura 7** se detalla la relación entre presiones de aspiración, condensación y temperatura del medio enfriador empleado en el condensador.

La mezcla de R-12 y el aceite va al evaporador, formando una solución que aumenta ligeramente el punto de ebullición del refrigerante. Durante la evaporación, el aceite forma una película alrededor del gas y sale del evaporador en forma de neblina, lo que explica el retorno del mismo al cárter del compresor.

El R-12 sólo se mezcla ligeramente con el agua, formando ácido fluorhídrico, que tiene sobre los metales, la misma propiedad que el ácido clorhídrico.

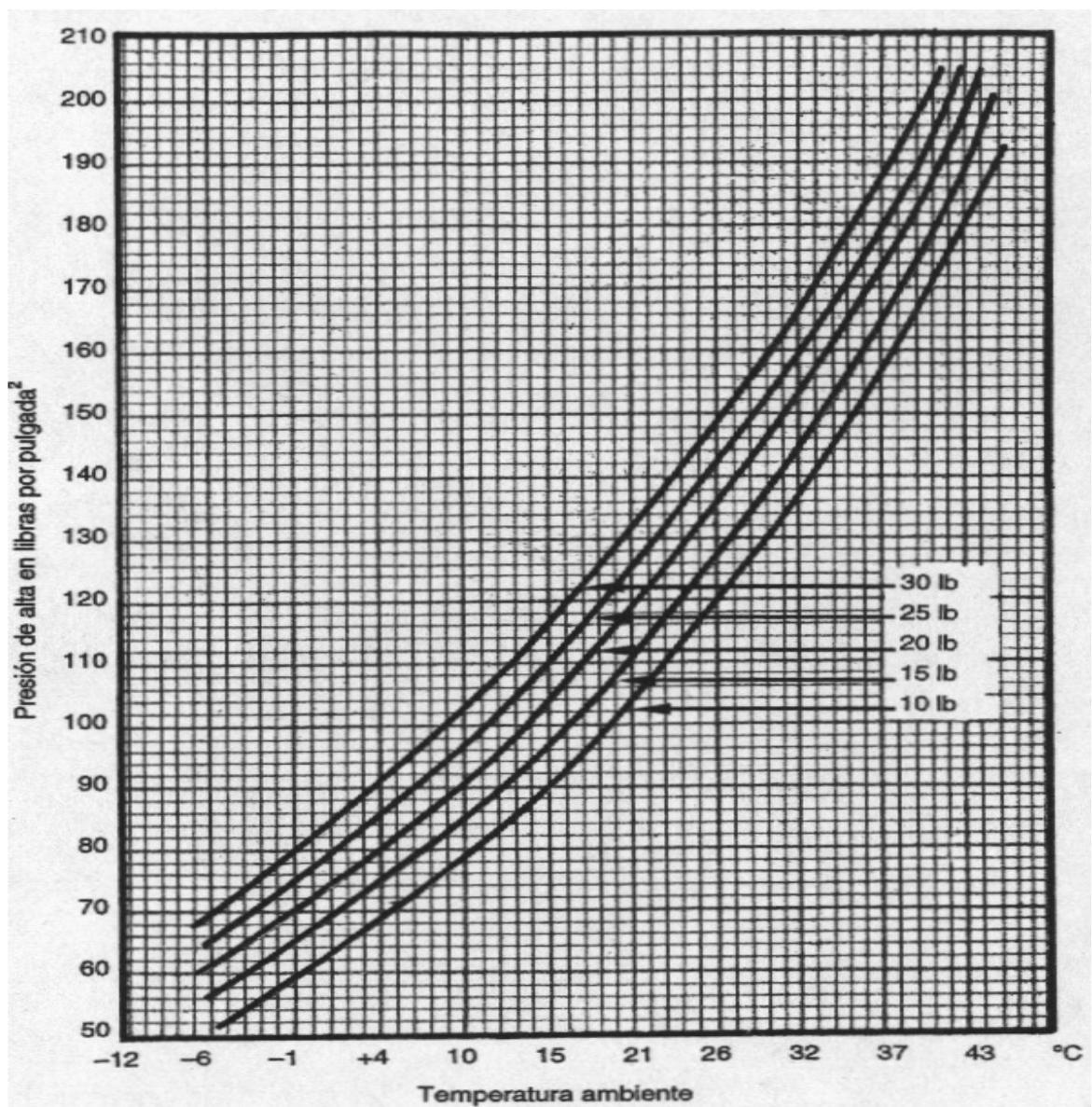


Figura 7. R-12. Curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración y temperaturas ambiente.

II.2.2.2. REFRIGERANTE R-22

Está formado por un átomo de carbono, uno de hidrógeno, uno de cloro, y dos de flúor, siendo su fórmula química CHClF_2 (monoclorodifluorometano).

Su punto de ebullición es de -40°C a la presión atmosférica, con su empleo se conseguirá aumentar en un 60 por 100 la capacidad de un compresor de R-12, con el mismo pistón, recorrido y velocidad, u obtener la misma capacidad reduciendo la velocidad de aquél. La siguiente tabla es una relación de las presiones de trabajo de este refrigerante comparadas con las correspondientes al R-12.

Temperatura de Evaporación	Presiones de evaporación	
	R-12	R-22
-60	23 pulg	18.8 pulg
-40	11 pulg	0.6 lb/pulg ²
-25	3.2 lg/pulg ²	14.5 lb/pulg ²
-10	17 lb/pulg ²	36 lb/pulg ²
-5	23.6 lb/pulg ²	46.7 lb/pulg ²
0	30 lb/pulg ²	57.8 lb/pul ²
5	38 lb/pulg ²	70.5 lb/pulg ²

Tabla 1. Relación entre las presiones de trabajo del R-12 y R-22.

El R-22 y los aceites lubricantes se mezclan en la compresión, pero se separan en el evaporador para formar dos capas, con el aceite en la capa superior, cuyo espesor depende de la cantidad de aceite que contenga el refrigerante líquido y de las propiedades del mismo aceite, que deberá de ser un alto grado de refinamiento.

La solubilidad del agua con este refrigerante es aproximadamente ocho veces mayor que la del R-12. Una instalación de R-22, que esté perfectamente deshidratada al ponerla en funcionamiento, es por lo tanto capaz de absorber una mayor cantidad de humedad que una instalación con R-12, antes de que se corra el riesgo de que se forme hielo en las válvulas de expansión.

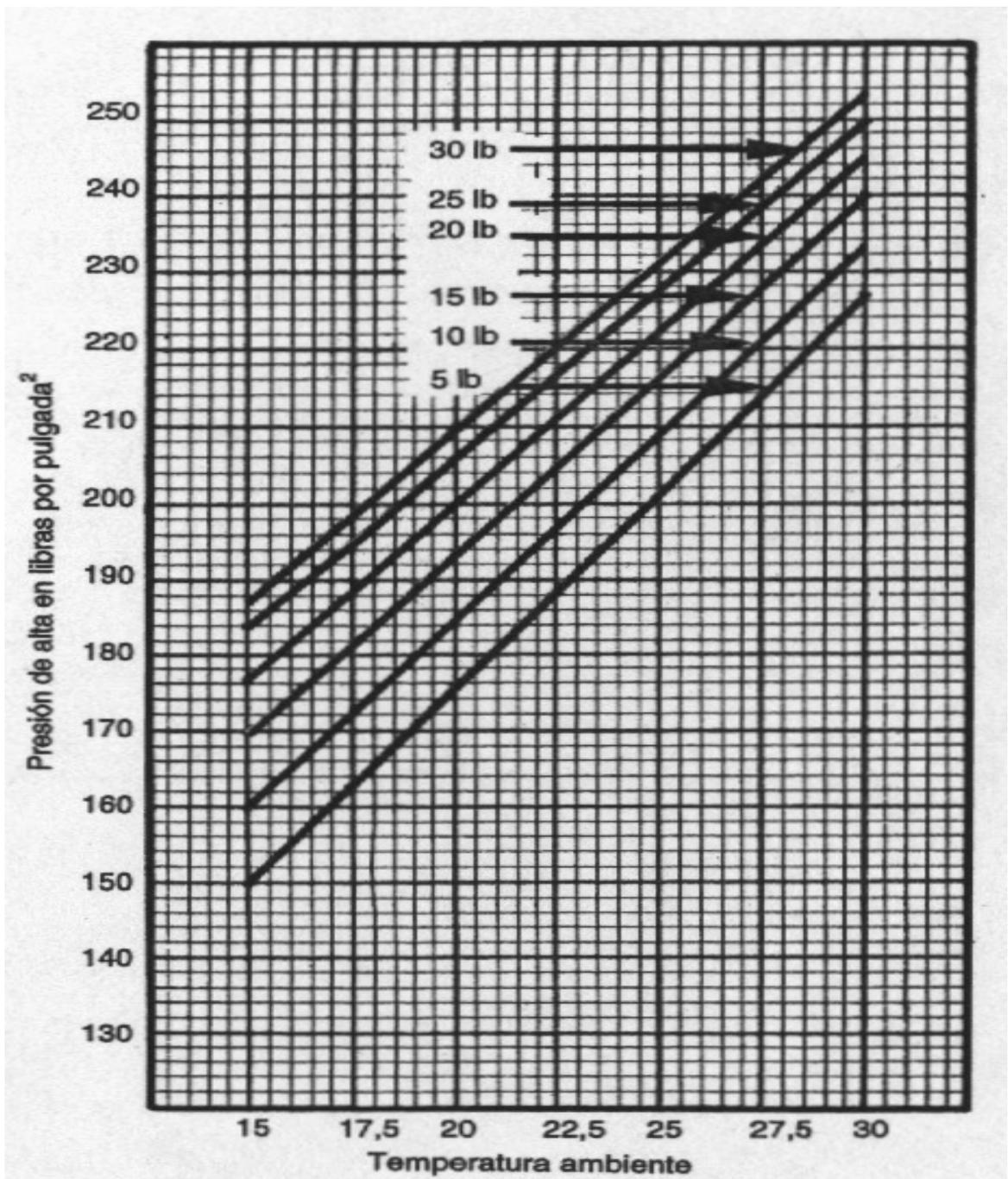


Figura 8. R-22. Curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración y temperaturas ambientes.

II.2.3. MEZCLAS AZEOTRÓPICAS

Un azeotrópico es una mezcla de dos o más sustancias químicas en el cual se mantiene la misma relación de constituyentes químicos en ambas fases, líquida y de vapor, por ejemplo, los constituyentes de una mezcla azeotrópica no pueden ser separados por destilación.

Enseguida sólo se describe el refrigerante más utilizado a nivel industrial.

II.2.3.1. REFRIGERANTE R-502

Es una mezcla azeotrópica de R-22 y R115 (en una proporción de 48.8% del primero y 51.2% del segundo), siendo su fórmula química $\text{CHClF}_2/\text{C}_2\text{ClF}_5$.

El punto de ebullición es 5°C más bajo que el R-22. La capacidad y características de estabilidad son parecidas a las del R-22, con temperaturas de descarga más bajas, del orden de 16 a 20°C.

Su solubilidad con el aceite es similar a la del R-22. La relación de compresión es aproximadamente un 10% menor que la del R-12 y R-22 según se expresa en la tabla 2.

Refrigerante	Temperatura de evaporación		
	-29°C	-18°C	-5°C
R-12	9.9	6.3	2.9
R-22	9.7	6.3	2.9
R-502	8.6	5.7	2.7

Tabla 2. Relación de compresión.

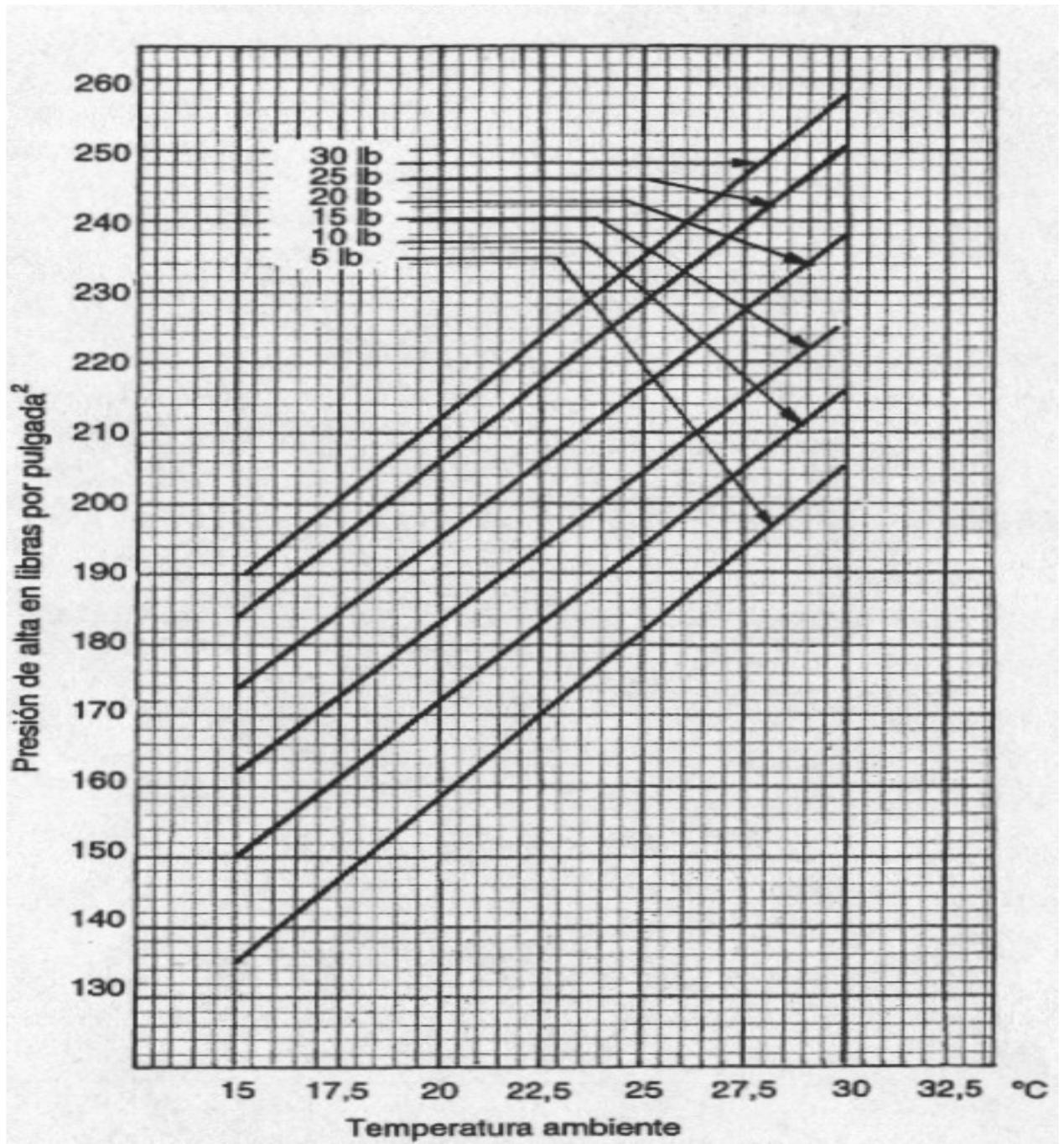


Figura 9. R-502. Curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración y temperaturas ambiente.

II.2.4. REFRIGERANTES ALTERNATIVOS (Hidroclorofluorocarbonos)

Los cloro fluorados CFC están siendo reemplazados por refrigerantes llamados alternativos o ecológicos, este nuevo tipo de refrigerantes llamados HFC, nombrados por sus marcas propias de los fabricantes, como por ejemplo Dupont primero desarrolló el *Freón®* y ahora lanza al mercado el refrigerante conocido como *Suva®*, con mejores propiedades elementales, estos refrigerantes no contienen cloro y pueden ser utilizados en todas las aplicaciones de los CFC con un alto grado de seguridad.

II.2.4.1. REFRIGERANTE R-134a (REEMPLAZA AL R-12 y R-22)

Su nombre químico es 1,1,1,2-tetrafluoroetano y la fórmula $\text{CH}_2\text{-FCF}_3$. Es un gas exento de cloro, químicamente estable e inerte. No es tóxico ni inflamable, y su principal cualidad es que no degrada la atmósfera.

Sus presiones de aspiración son más bajas que las del R-12 al que sustituye, así como también las temperaturas de descarga, que son 10% menores. En cambio, las presiones de condensación son ligeramente más altas. De baja capacidad térmica y alta conductividad térmica, sus temperaturas de trabajo son apropiadas para las instalaciones de frío y de acondicionamiento.

Hasta temperaturas de evaporación de -10°C , su rendimiento es igual al de R-12. Los intercambiadores de calor pueden tener básicamente la misma superficie que para R-12.

Su punto de ebullición a la temperatura atmosférica es de -26.5°C . El punto crítico es de 100.5°C .

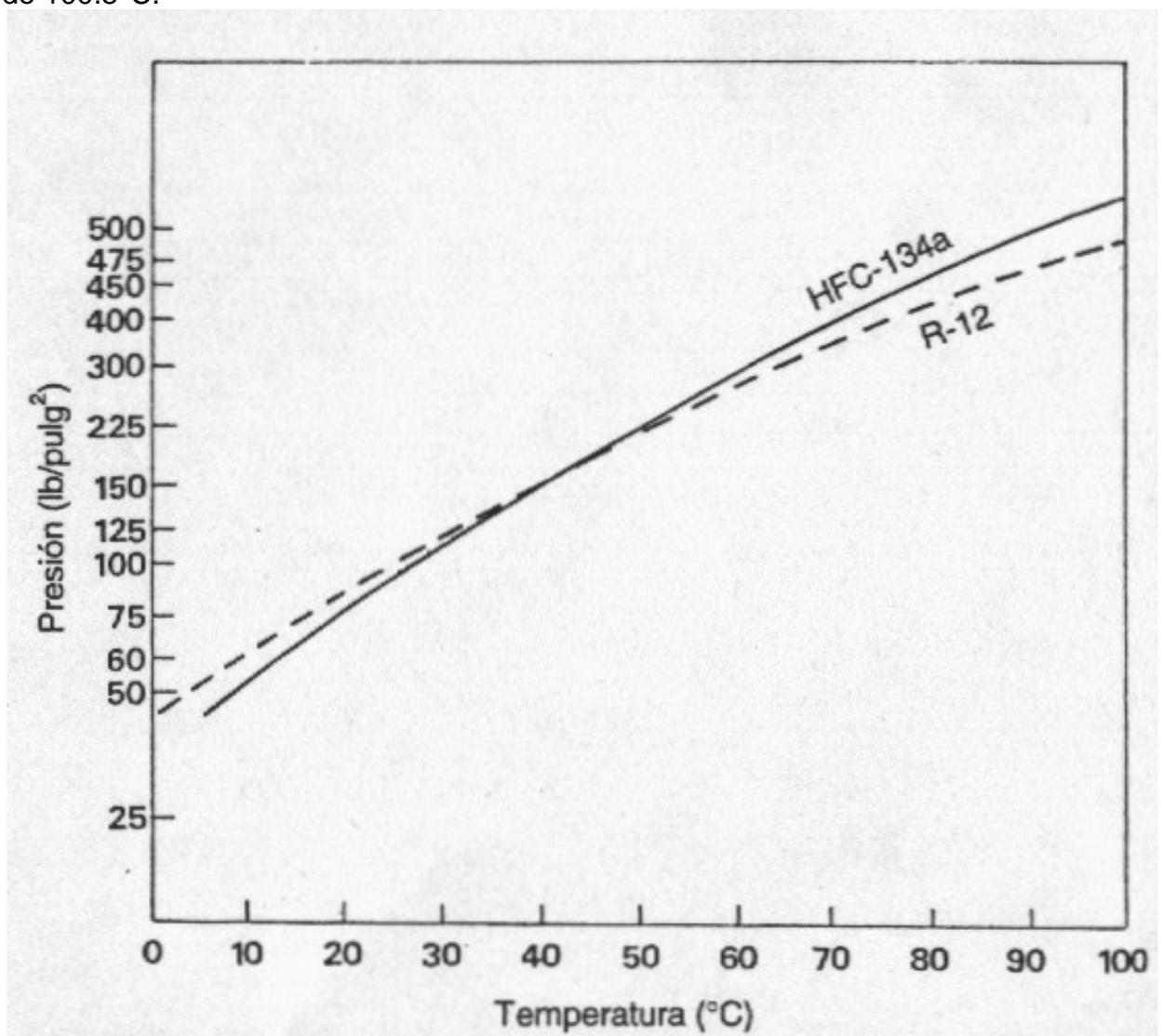


Figura 10. Relaciones de presiones y temperaturas entre el nuevo refrigerante HFC-134 y el R-12.

II.2.4.2. REFRIGERANTE R-407c Y R-410a (REEMPLAZA AL R-22)

Se han desarrollado una familia de alternativas para reemplazar al R-22 para los sistemas de refrigeración, aire acondicionado doméstico, industrial, comercial, etc.

El refrigerante R-407c al igual el R404a son refrigerantes denominados mezclas, ya que forman de la combinación de otros refrigerantes, así su composición de ambos es la siguiente:

Refrigerante	Composición		
R-407c	R-32 / 23%	R-125 / 25%	R-134a / 52%
R-410a	R-32 / 50%	R-125 / 50%	

Tabla 3. Relación de composición.

II.2.4.3. REFRIGERANTE R-404a (REEMPLAZA AL R-502)

Su fórmula química es $\text{CHF}_2\text{CF}_3/\text{CH}_3\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{FCF}_3$ y es un azeotropo compuesto de R-134a/R-125 y R-134a (44, 52 y 4%), hallándose absolutamente exento de cloro. Este refrigerante corresponde al SUVA MP62 producido por Dupont y al FX70 de Atochem. Es inflamable, tiende a trabajar a temperaturas de descarga más bajas que el R-502 al que sustituye (8°C menos) permitiendo así la instalación de sistemas de un solo escalón para la obtención de bajas temperaturas. Su presión de descarga es de 2.1 barías, más alta que a la del R-502 y la presión de aspiración es muy similar en ambos refrigerantes.

Su punto de ebullición a la presión atmosférica es de -46.45°C. El punto crítico es de 72.07°C.

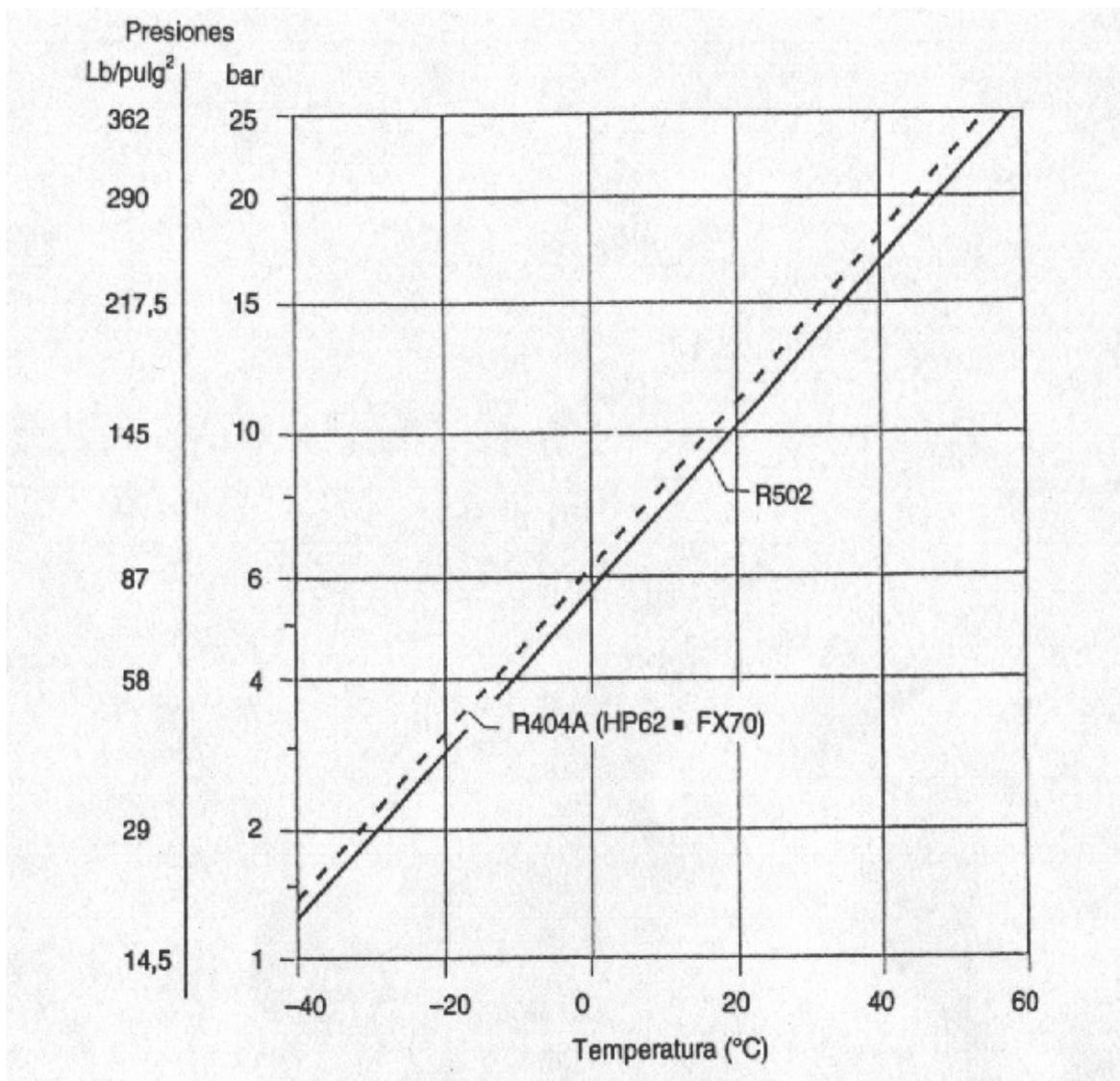


Figura 11. Relación de presiones y temperaturas entre el nuevo refrigerante R-404a y el R-502.

II.3. COMPRESORES

El compresor, en una instalación de producción de frío por compresión, se constituye en el elemento generador del movimiento del fluido refrigerante por los órganos de la planta. Las funciones básicas de estos elementos son:

- Función de aspiración. Consiste en aspirar los vapores generados en evaporador, por absorción de potencia térmica procedente de la carga a enfriar, con la finalidad de que estos no se acumulen en evaporador, puesto que de producirse aumentaría la presión y en consecuencia la temperatura de vaporización.
- Función de compresión. Labor necesaria para conseguir un nivel en el que los vapores pueden ser licuados, de forma económica, con la ayuda de un agente externo. Con esta función se produce un consumo de potencia

necesaria para conseguir el transporte de la potencia térmica de la baja temperatura de evaporador al alta de condensación.

II.3.1. TIPOS DE COMPRESORES

Tres son los tipos de compresores más comúnmente usados en sistemas de refrigeración: (1) reciprocantes, (2) rotatorios y (3) centrífugos. Los tipos reciprocante y rotatorio son compresores de desplazamiento positivo, efectuándose la compresión del vapor por medio de un miembro compresor. En el compresor reciprocante, el miembro compresor es un pistón reciprocante, mientras que en el compresor rotatorio, el miembro que comprime tiene la forma de rodillo, aleta o lóbulo. Por otra parte el compresor centrífugo no tiene miembro compresor, la compresión del vapor se obtiene principalmente por la acción de la fuerza centrífuga la cuál es desarrollada a medida que el vapor es girado por un impulsor de alta velocidad.

II.3.1.1. COMPRESORES RECIPROCANTES

El compresor reciprocante es el tipo más usado, siendo utilizado en todos los campos de refrigeración. Se adapta muy en especial para usarse con refrigerantes que requieran desplazamientos relativamente pequeños y para presiones condensantes relativamente altas.

Se tienen compresores en tamaños que varían desde 1/8 hp (caballos de potencia) en unidades domésticas hasta unidades de 250 toneladas o más en instalaciones industriales grandes.

Los compresores reciprocantes pueden ser de acción simple o de acción doble. En los de acción simple, la compresión se efectúa en un solo lado del pistón y sólo una vez en cada vuelta del cigüeñal, mientras que en los compresores de acción doble la compresión se efectúa dos veces por cada vuelta del cigüeñal.

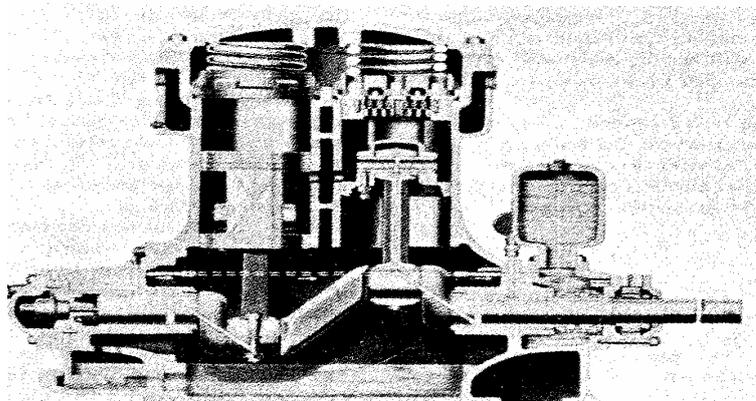


Figura 12. Compresor Vertical de acción simple. (Cortesía de Vilter Manufacturing Company).

Por lo general los compresores de simple acción son de tipo cerrado donde el pistón es directamente impulsado por una biela conectada al cigüeñal, ambos, biela y

cigüeñal están encerrados en la caja del cigüeñal la cual está herméticamente cerrada al exterior, pero abierta a hacer contacto con el refrigerante del sistema (**figura 12**), los compresores de acción doble generalmente usan caja de cigüeñal que está abierta al exterior, pero aisladas del sistema refrigerante, en cuyo caso el pistón es impulsado por un vástago conectado a una cruceta, la cual a su vez es impulsada por una biela conectada al cigüeñal (**figura 13**).

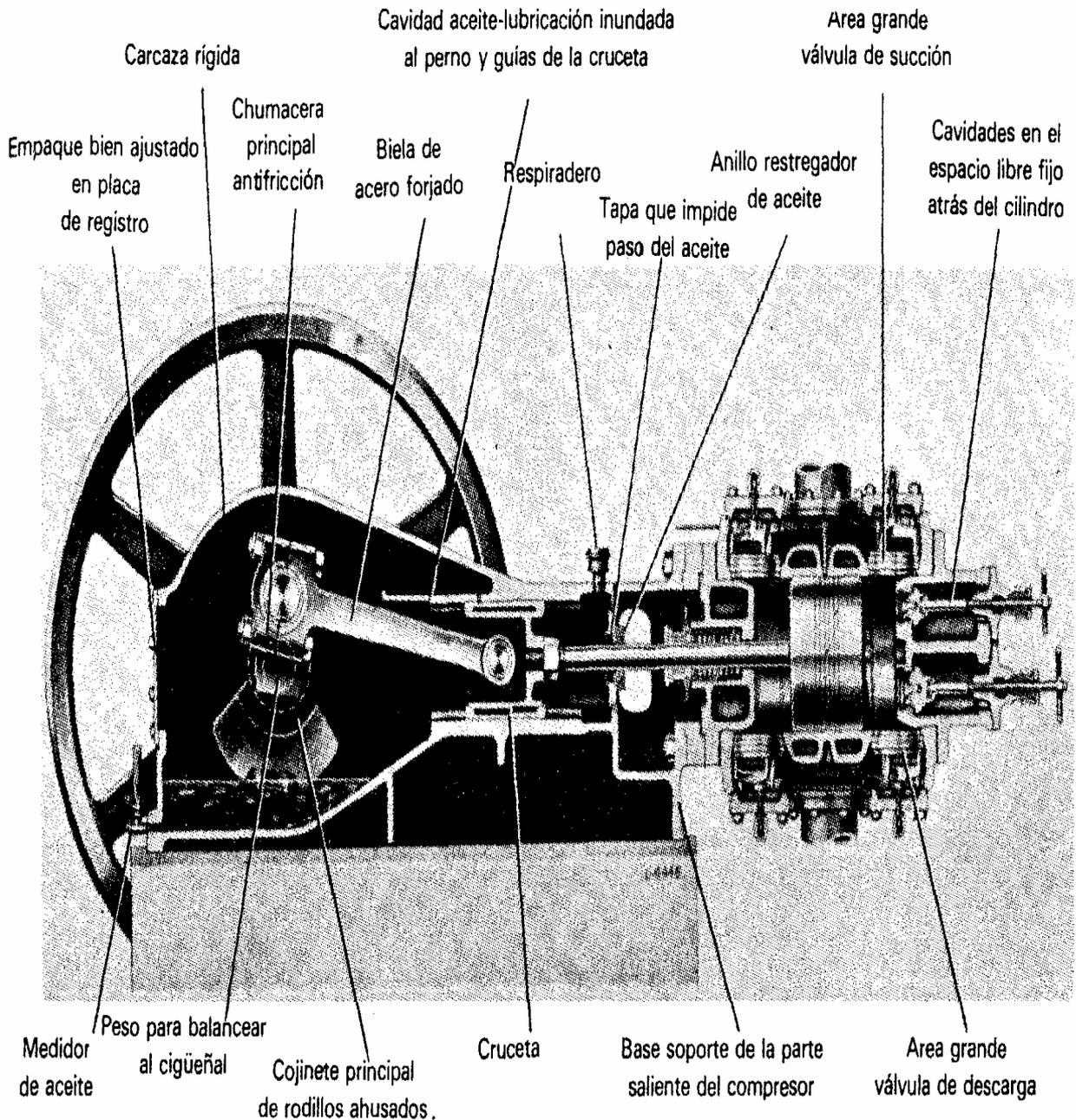


Figura 13. Compresor horizontal de acción doble. (Cortesía de Worthington Corporation).

El compresor de acción doble es más costoso que el de acción simple resulta ser más fácil su mantenimiento debido a que la caja del cigüeñal no está expuesta al refrigerante del sistema. La principal desventaja de este compresor es el empacamiento o sellado alrededor del vástago, el cual está sujeto a ambas presiones de succión y descarga, mientras que el compresor de simple acción, el empacamiento o sellado alrededor del cigüeñal está sujeto sólo a la presión de succión.

Estos compresores de simple acción difieren considerablemente en su diseño de acuerdo al tipo de servicio que desarrollan. Estos pueden clasificarse de acuerdo al tipo, como abiertos, herméticos o semiherméticos.

II.3.1.1.1. COMPRESOR RECIPROCANTE DE TIPO ABIERTO

En un compresor abierto, el eje se prolonga a través del cárter (**figura 14**). La transmisión al compresor puede ser directa o por medio de bandas. Si se trata de un compresor accionado directamente, el eje de éste generalmente se conecta al eje motriz mediante un acoplamiento flexible. Este acoplamiento sirve para absorber el exceso de vibración y los impactos y proporciona un método sencillo de alinear los dos ejes. Si la unidad motriz es un motor eléctrico, la velocidad directa de operación, utilizando corriente de 60 Hz (Hertz), es aproximadamente 1,750 o 3,500 rpm (revoluciones por minuto). Los compresores accionados por bandas utilizan una polea en cada eje, las cuales se conectan por medio de las bandas. La velocidad del compresor puede cambiarse utilizando poleas de diferentes diámetros.

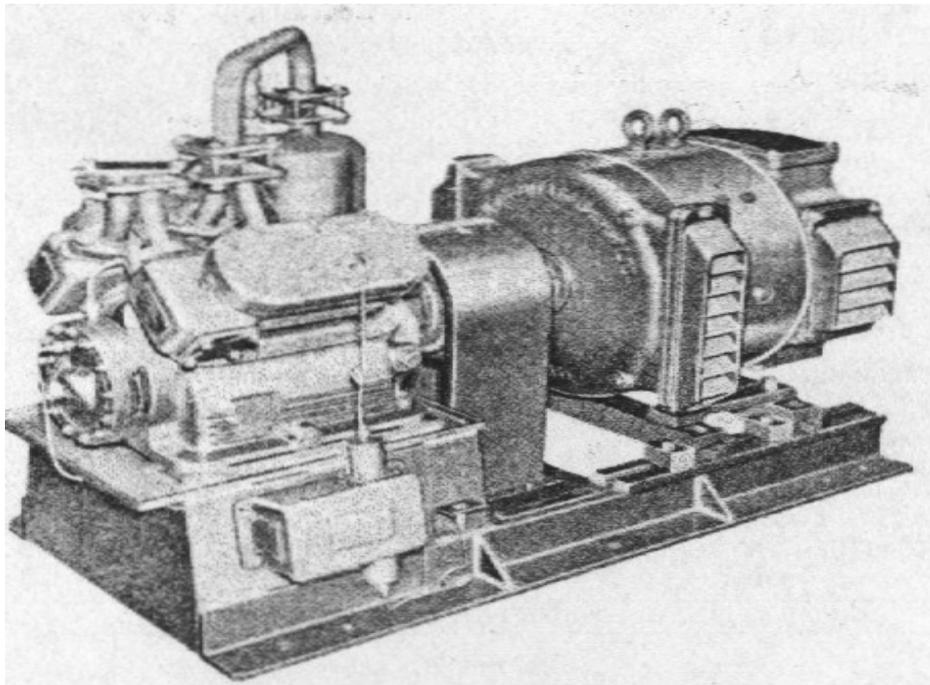


Figura 14. Compresor reciprocante de tipo abierto.

II.3.1.1.2. COMPRESOR RECIPROCANTE DE TIPO CERRADO HERMÉTICO

El compresor del tipo hermético es aquél en la cuál el compresor y el motor están integrados en un eje, y contenidos ambos en una caja sellada a presión. Estos compresores se fabrican ya sea completamente herméticos o semiherméticos (llamados también herméticos desarmables). El compresor hermético tiene una caja soldada y sellada (**figura 15**), y no puede ser reparado en el campo de trabajo. Es compacto, silencioso y de bajo costo. Estas características han propiciado su uso generalizado en los refrigeradores domésticos, y en otros equipos integrales pequeños.

El gas refrigerante de succión enfría el motor del compresor. La potencia (nominal) admisible de salida de un motor disminuye a medida que aumenta la temperatura de los embobinados del mismo, para evitar el sobrecalentamiento. El gas frío de succión, que fluye rápidamente sobre los embobinados, permite al motor tomar más corriente y así transmite más fuerza.

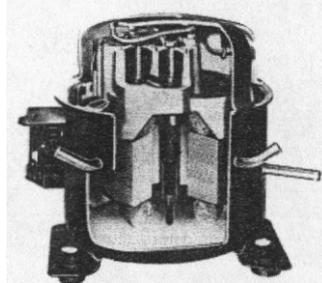


Figura 15. Compresor recíprocante de tipo hermético.

Debido al ensamble sellado del compresor con el motor, tiene por lo común un nivel de ruido inferior. Los compresores que utilizan corriente a 60 Hz, operan aproximadamente a 1,750 rpm (con motores de cuatro polos), y a 3,500 rpm (con motores de dos polos).

II.3.1.1.3. COMPRESOR RECÍPROCANTE TIPO SEMIHERMÉTICO

El compresor semihermético (**figura 16**), tiene una cubierta desmontable con tornillos de manera que se le puede dar servicio en el mismo lugar de trabajo. Este motor se enfría por aire ambiente estático.

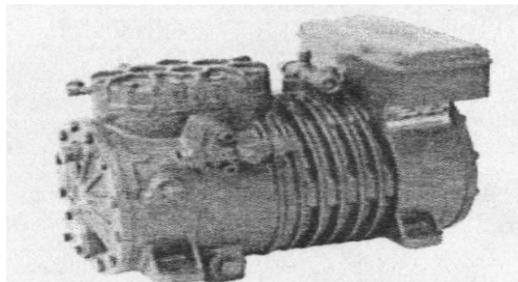


Figura 16. Compresor recíprocante de tipo semihermético.

II.3.1.2. COMPRESORES ROTATORIOS

Los compresores rotatorios sellados herméticamente se utilizan con frecuencia para las aplicaciones de refrigeración de tonelaje fraccional, son de tres tipos de diseño general: (1) pistón rodante, (2) aleta rotatoria y (3) lóbulo helicoidal (tornillo).

II.3.1.2.1. COMPRESOR ROTATORIO DE TIPO PISTÓN RODANTE

El tipo de pistón rodante emplea un rodillo de acero cilíndrico el cual gira sobre un eje excéntrico, estando este último montado concéntricamente en un cilindro (**figura 17**). Por la excentricidad del eje, el rodillo cilíndrico está excéntrico con respecto al cilindro y hace contacto con la pared del cilindro en el punto de mínimo claro. A medida que gira la flecha, el rodillo gira alrededor de la pared del cilindro en la dirección del giro del eje, manteniendo el contacto con la pared del cilindro. Con respecto al eje de la leva, la superficie interior del cilindro gira en dirección opuesta al giro del eje como si fuese la chumacera del perno de la manivela. Se tiene una aleta colocada en una ranura en la pared del cilindro, la cual está accionada por un resorte que le permite estar en todo tiempo en contacto con el rodillo. La aleta se desliza hacia adentro y hacia fuera de la ranura siguiendo al rodillo a medida que este último gira alrededor de la pared del cilindro.

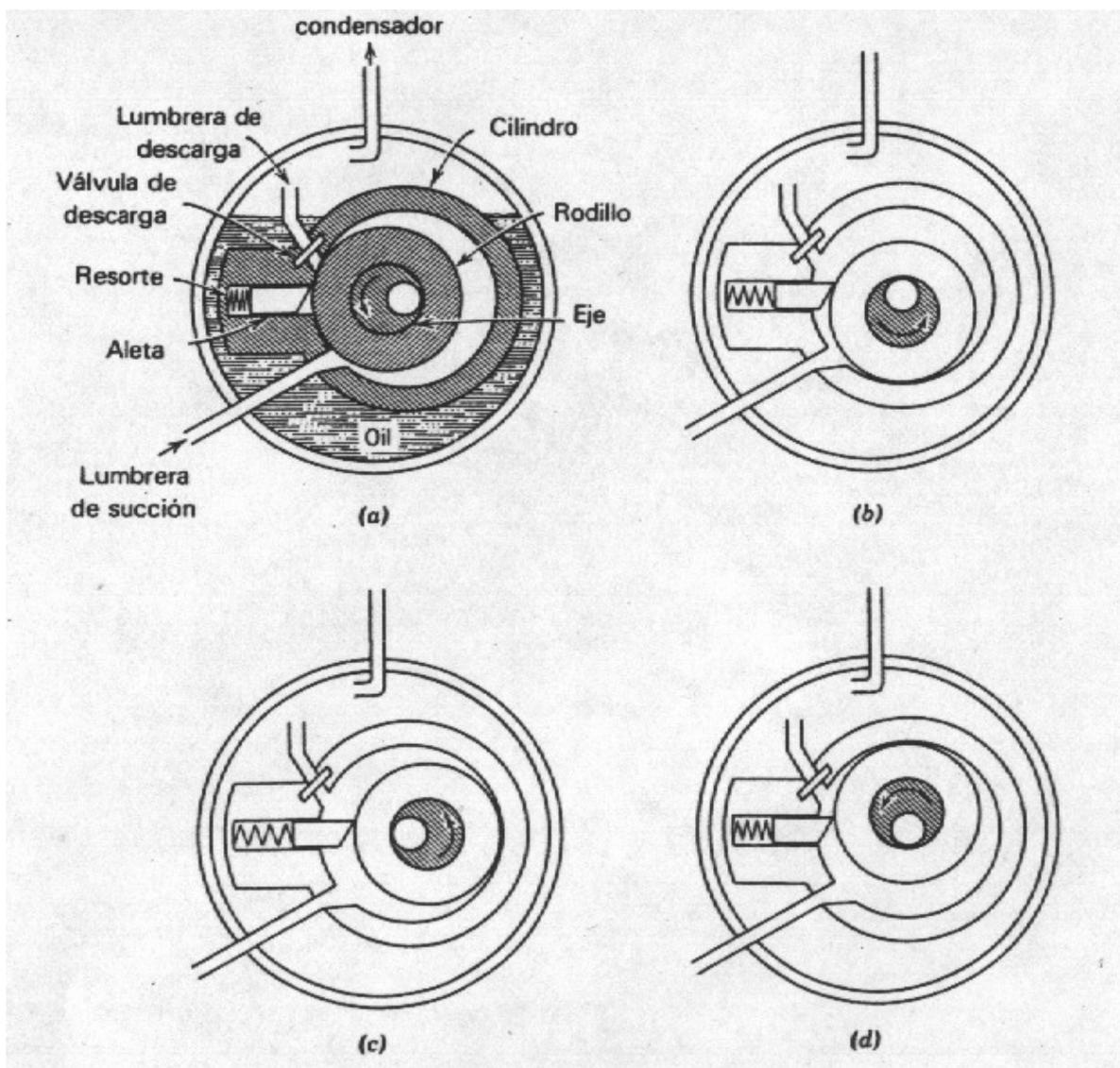


Figura 17. Compresor rotatorio tipo pistón rodante.

Para cerrar el cilindro, se usan placas en cada uno de sus extremos que a la vez sirven de soporte al eje de la leva. Tanto el rodillo como la aleta se extienden a todo lo

largo del cilindro, teniéndose solamente el claro del trabajo permitido entre estas partes y las placas de los extremos. Las lumbreras de la succión y la descarga están localizadas en la pared del cilindro cerca de la ranura de la aleta en direcciones opuestas. El flujo de vapor a través de ambas ranuras es continuo, excepto cuando el rodillo cubre a una o la otra lumbrera. La separación de los vapores de la succión y de la descarga están separados en el punto de contacto que se tiene entre la aleta y el rodillo sobre uno de los lados entre el rodillo y el cilindro en otro de los lados.

El ensamble del cilindro completo está encerrado en una carcaza y trabaja sumergido en un baño de aceite. El vapor de alta presión es descargado hacia el espacio que está por encima del nivel del aceite en la carcaza por donde éste pasa hacia la tubería de descarga. Todas las superficies de contacto en el compresor incluyendo las placas en los extremos están completamente pulidas y perfectamente ajustadas. Cuando el compresor está en operación, una película de aceite forma sello entre las áreas de baja y alta presión. Cuando el compresor para, el sello de aceite se pierde y se equilibran las presiones de alta y baja en el compresor.

II.3.1.2.2. COMPRESOR ROTATORIO DE TIPO ALETA ROTATORIA

Los compresores de tipo paleta emplean una serie de paletas o álabes, las cuales están equidistantes a través de la periferia de un rotor ranurado como se muestra en la **figura 18**, el eje del rotor está montado excéntricamente en un cilindro de acero. Las tapas o placas extremas están colocadas en los extremos del cilindro para sellarlo y para soportar el eje del rotor. Las paletas se mueven hacia atrás y hacia delante radialmente sobre las ranuras del rotor. Las paletas permanecen firmes contra la pared del cilindro por la acción de la fuerza centrífuga desarrollada por el rotor.

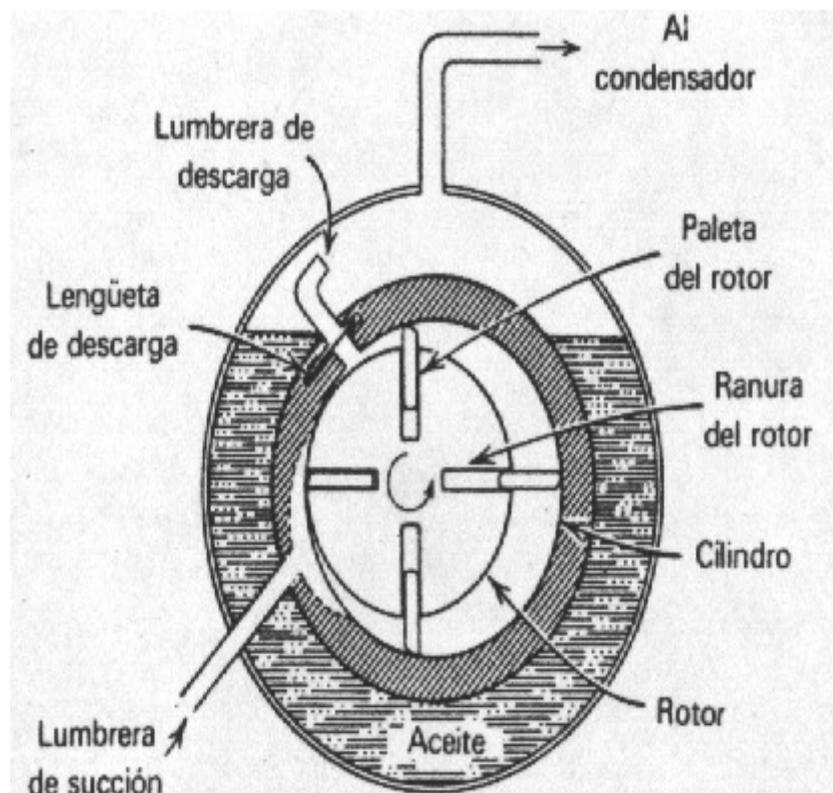


Figura 18. Compresor rotatorio tipo paleta.

El vapor de la succión es pasado hacia el cilindro a través de las lumbreras de la succión en la pared del cilindro. El vapor comprimido es descargado del cilindro a través de las lumbreras localizadas en la pared del cilindro cerca del punto de claro mínimo con el rotor.

El compresor que se muestra en la **figura 19** del tipo de paleta rotatorio está diseñado con chaqueta y/o enfriamiento del aceite para evitar sobrecalentamiento y para la eficiencia del compresor.

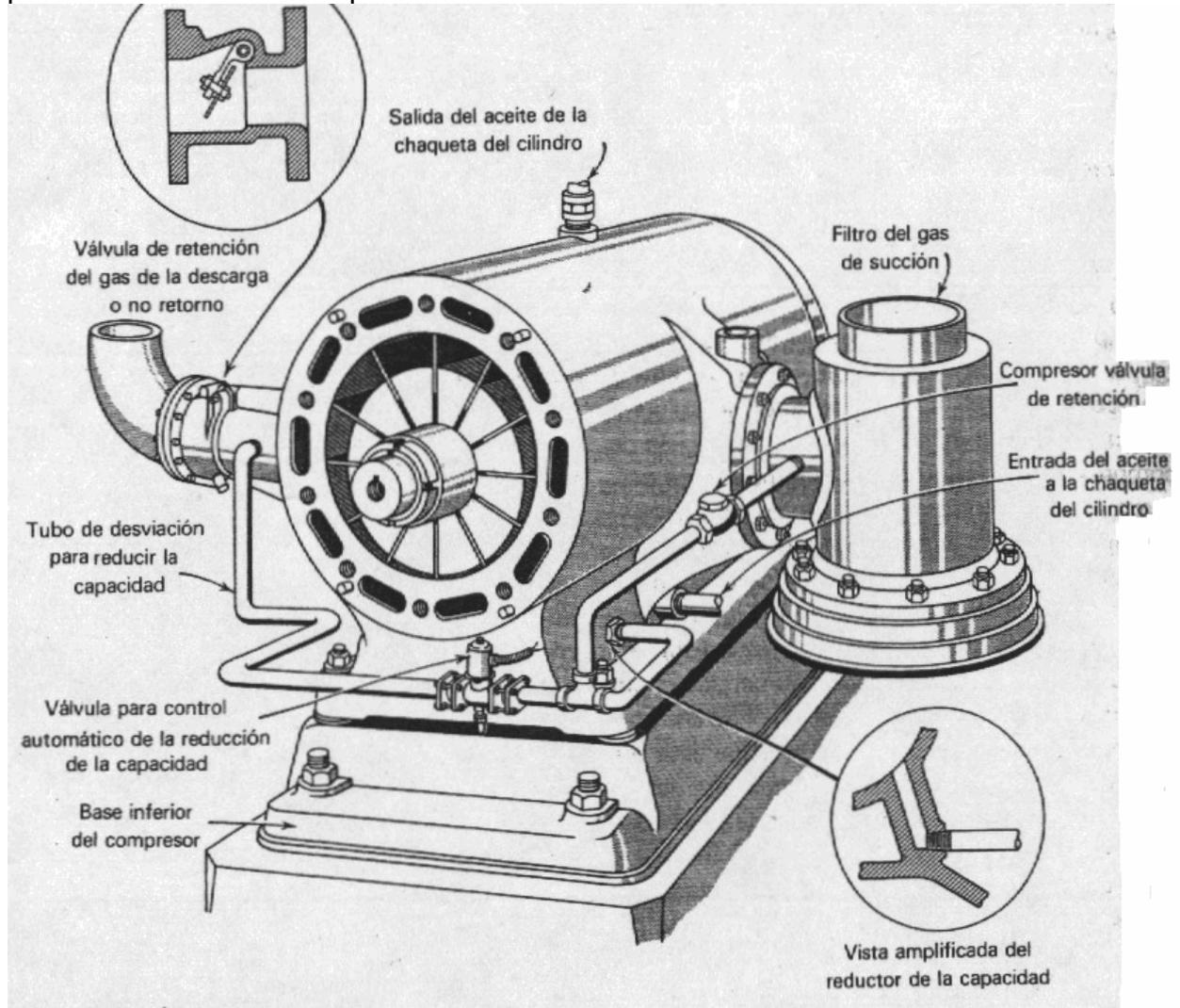


Figura 19. Compresor rotatorio de gran capacidad tipo aleta rodante.

II.3.1.2.3. COMPRESOR ROTATORIO TIPO HELICOIDAL

El compresor rotatorio helicoidal o de tornillo es un compresor de desplazamiento positivo en el cual la compresión se obtiene por el engranamiento de dos rotores ranurados helicoidalmente y colocados dentro de una cubierta cilíndrica equipadas con lumbreras adecuadas de entrada y de descarga, como se muestra en la **figura 20**. El rotor principal que es el motriz consiste de una serie de lóbulos a lo largo de la longitud del rotor, el cual se engrana con el rotor impulsado (**figura 21**). El gas es lanzado hacia la abertura de entrada llenándose el espacio entre el lóbulo del rotor motriz y la estría en el rotor impulsado (**figura 22**).



Figura 20. Compresor rotatorio helicoidal.

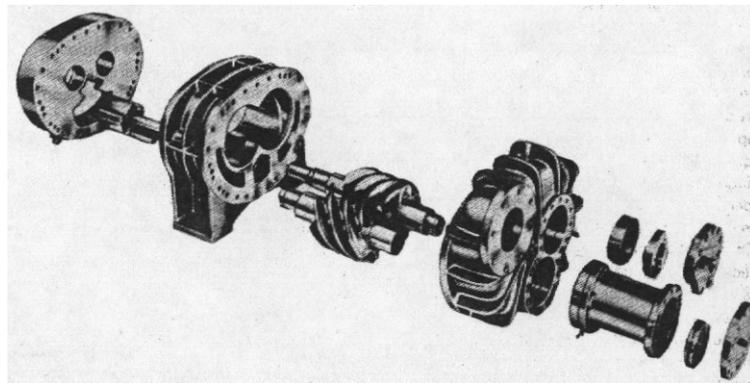


Figura 21. Piezas mecánicas del interior del compresor rotatorio helicoidal.

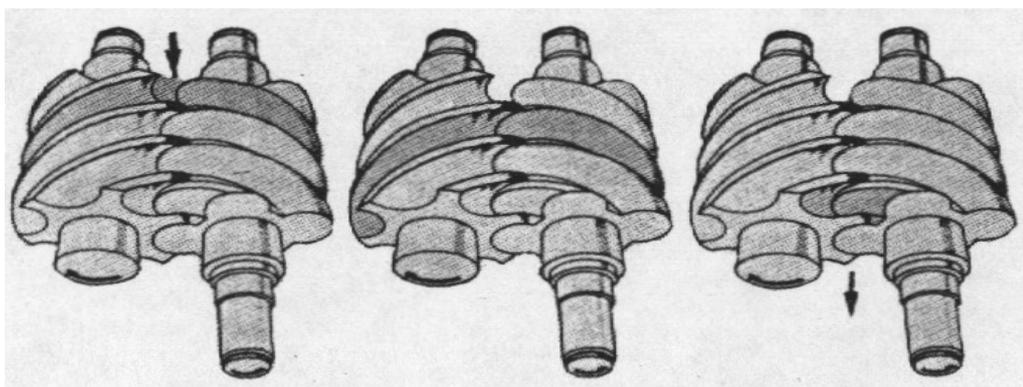


Figura 22. Diagrama del flujo del gas a través de los lóbulos.

El control de capacidad del compresor se logra a través de una válvula corrediza única la cual se localiza en el interior de la carcasa del compresor debajo de los rotores y está impulsada por el pistón de un cilindro hidráulico montado en el compresor (**figura 23**). Los sistemas de lubricación son bastante elaborados: consisten de una bomba de aceite externa de su separador de aceite, en un receptor o

sumidero y de algunos medios para enfriamiento del aceite asociados con filtros y dispositivos de seguridad.

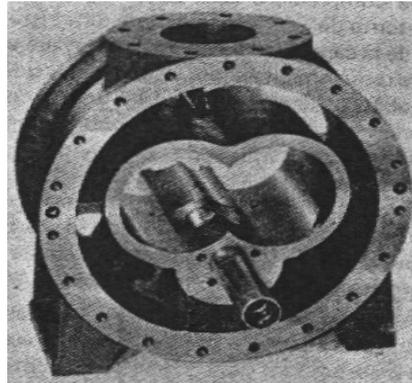


Figura 23. Carcaza del compresor rotatorio helicoidal.

II.3.1.3. COMPRESORES CENTRÍFUGOS

Estos compresores son de dos tipos: (1) unirodete y (2) multirodete. El compresor centrífugo consiste esencialmente de una serie de ruedas impulsoras montadas en un eje de acero contenidas dentro de una carcaza de hierro vaciado.

En la **figura 24** la rueda impulsora de un compresor centrífugo consiste de dos discos, un disco con maza y otro disco colocado encima del primero, el cual tiene un cierto número de álabes o paletas las que están montadas radialmente.

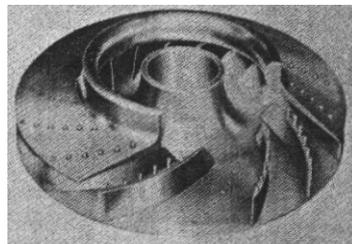


Figura 24. Vista en corte de la rueda impulsora de un compresor centrífugo.

Los principios de operación de este compresor son similares a los de los ventiladores o bombas centrífugas. El vapor de baja presión proveniente de la tubería de succión es pasado hacia la cavidad interna u ojo de la rueda impulsora a lo largo de la dirección del eje del rotor. Entrando a la rueda del impulsor el vapor es forzado radialmente hacia fuera y entre los álabes del impulsor por la acción de la fuerza centrífuga desarrollada por la rotación de la rueda y es descargada en la salida de los álabes hacia la carcaza del compresor habiendo adquirido el vapor un aumento de temperatura y presión. El vapor es descargado de la periferia de la rueda y es colectado en conductos o pasadizos especialmente diseñados en el cuerpo mismo del compresor.

En la **figura 25** se muestra la trayectoria que sigue el flujo refrigerante a través de un compresor centrífugo.

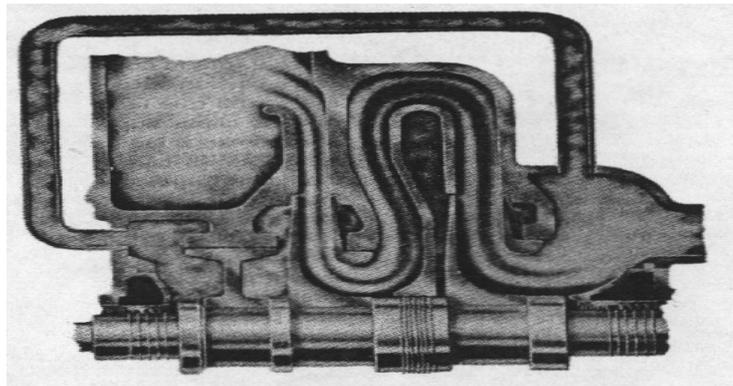


Figura 25. Diagrama del flujo del gas a través de un compresor centrífugo.

Estos compresores se lubrican a presión ya sea del tipo sumergido o con bomba de aceite la cual es impulsada directamente por el eje del rotor o en forma separada por una bomba impulsada externamente por un motor contándose con un depósito exterior con aceite. Las partes principales que requieren lubricarse, son las chumaceras y los sellos del eje.

II.3.1.3.1. COMPRESOR CENTRÍFUGO DE TIPO UNIRODETE

El compresor (**figura 26**) comprende un carter que constituye el estator, de fundición acerada de grano fino; el rodete 1 construido en aleación de aluminio y un eje de acero tratado térmicamente; el sello estanco 6, dos bombas de aceite 3 y 7, un juego de álabes de prerrotación 2 colocados en la aspiración del compresor y un manguito de acoplamiento.

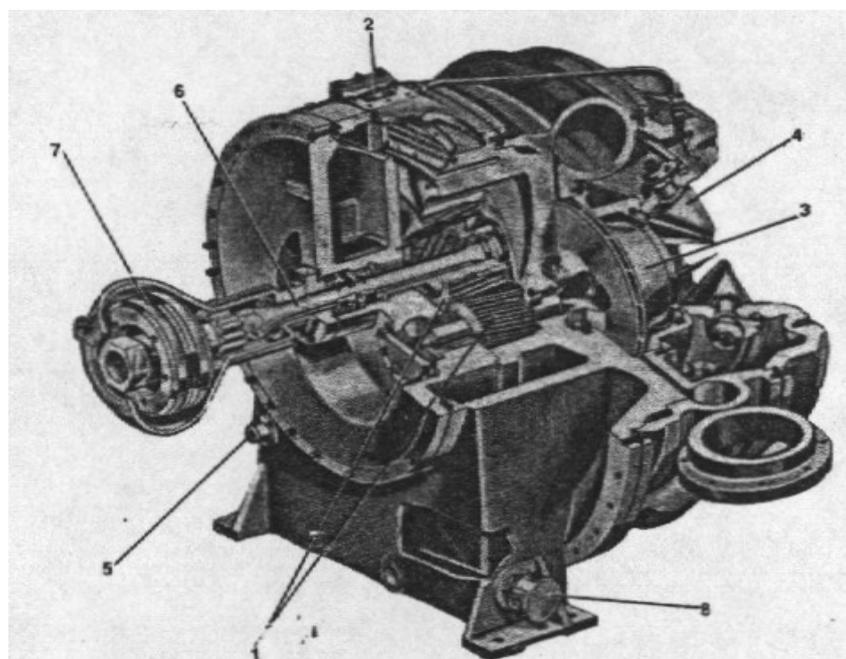


Figura 26. Corte de un compresor con multiplicador de velocidad: 1. Engranajes del multiplicador de velocidad; 2. Recipiente de aceite; 3. Rodete; 4. Alabes de prerrotación; 5. Interruptor de flotador para el retorno de aceite; 6. Eje de baja velocidad; 7. Manguito de acoplamiento; 8. Resistencia de calentamiento de aceite.- (Doc Cork).

Los álabes de prerrotación permiten obtener una potencia frigorífica diferente para cada una de las posiciones de los álabes.

II.3.1.3.2. COMPRESOR CENTRÍFUGO DE TIPO MULTIRODETE

Cuando los compresores centrífugos incorporan varios rodetes (**figura 27**) el difusor de un rodete se prolonga por medio de un conducto de retorno, que conduce los vapores comprimidos por un rodete a la entrada del rodete siguiente, completándose cada rodete con su correspondiente difusor; el sistema de prerrotación se monta a la entrada del primer rodete. En determinados tipos de compresores con dos rodetes, los álabes de prerrotación van incorporados a la entrada de cada uno de los rodetes.

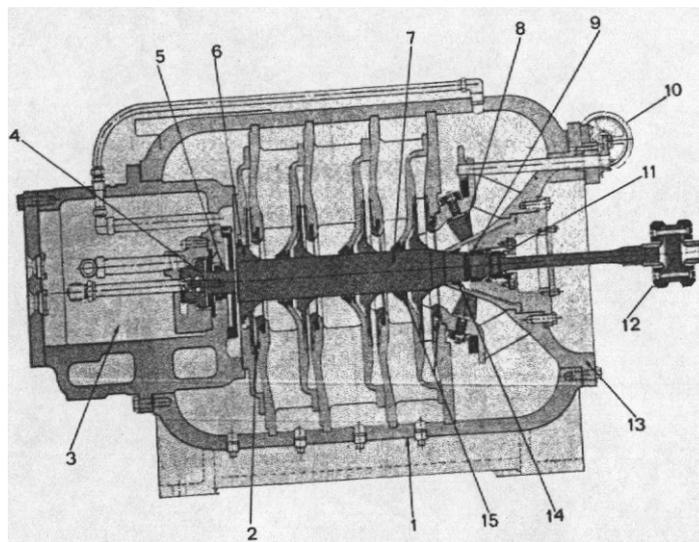


Figura 27. 1. Cárter; 2. Rodete; 3. Depósito de aceite; 4. Bomba de aceite; 5. Cojinete de empuje; 6. Disco equilibrador de la presión axial; 7. Eje; 8. Álabes de prerrotación; 9. Cojinete; 10. Mando manual o automático de los álabes de prerrotación; 11. Sello rotativo; 12. Acoplamiento; 13. Cubierta del cárter; 14. Junta estanca fluido/aceite; 15. Laberintos.

II.4. EL CONDENSADOR

El objeto del condensador en el sistema de refrigeración es remover calor del vapor refrigerante que sale del compresor, de manera que el refrigerante se condense a su estado líquido.

En el condensador, el calor se transfiere del refrigerante a un medio de enfriamiento, ya sea el aire o el agua. El medio enfriador debe estar a una temperatura más baja que el refrigerante. El refrigerante siempre sale del compresor a una temperatura muy superior a su temperatura de saturación. En la primera parte del condensador tiene lugar la remoción del calor sensible. A continuación, la remoción adicional del calor condensa gradualmente el refrigerante (remueve el calor latente).

El condensador debe remover todo el calor adquirido por el refrigerante en el sistema de refrigeración. Dicho calor consiste en el calor absorbido en el evaporador más el calor que se adquiere al comprimir el gas refrigerante.

II.4.1. CLASIFICACIÓN DE CONDENSADORES

Los condensadores se clasifican obedeciendo a su estructura de la siguiente forma:

- ❖ Enfriamiento de aire:
 - Tubo y alambre.
 - Placa y tubo.
 - Placa y tubo con ventilación forzada.

- ❖ Enfriamiento de agua:
 - Tubo dentro del tubo.
 - Tubo y caldera.
 - Torre y evaporadora de agua.

II.4.1.1. CONDENSADOR DE TUBO Y ALAMBRE

En este condensador el gas que penetra por la parte alta (el gas que sale del compresor) del condensador, obedeciendo a su alta presión, comienza a condensarse fácilmente tomando en cuenta que el conjunto tubo y alambre ofrece una superficie muy eficaz para la entrega de calor latente de evaporación (**figura 28**). Esta condensación no se efectúa en forma instantánea, lo que justifica en su recorrido primero un gas húmedo que al saturarse se convierte en líquido, lo cual sucede al salir del condensador.

A la mitad del recorrido del condensador debe completarse la condensación, lo cual depende de la temperatura del aire ambiente.

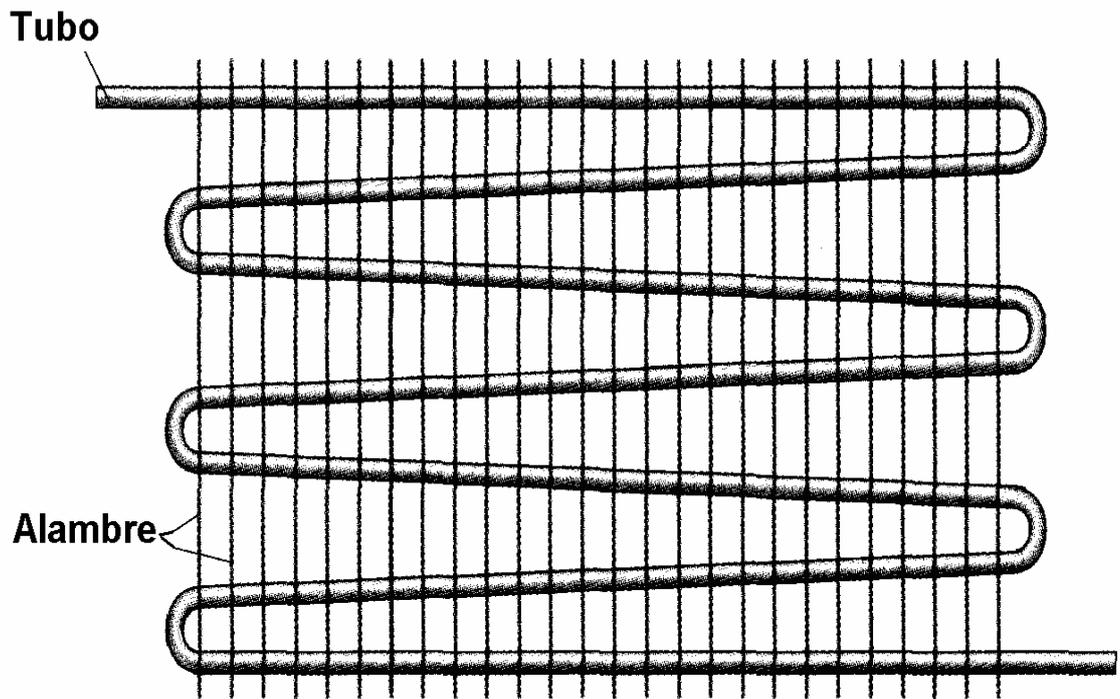


Figura 28. Condensador de tubo y alambre.

II.4.1.2. CONDENSADOR DE PLACA Y TUBO

En este tipo de condensador, el tubo, que está en íntimo contacto con la placa, ofrece una eficaz superficie de enfriamiento y es enfriado por convección natural (figura 29).

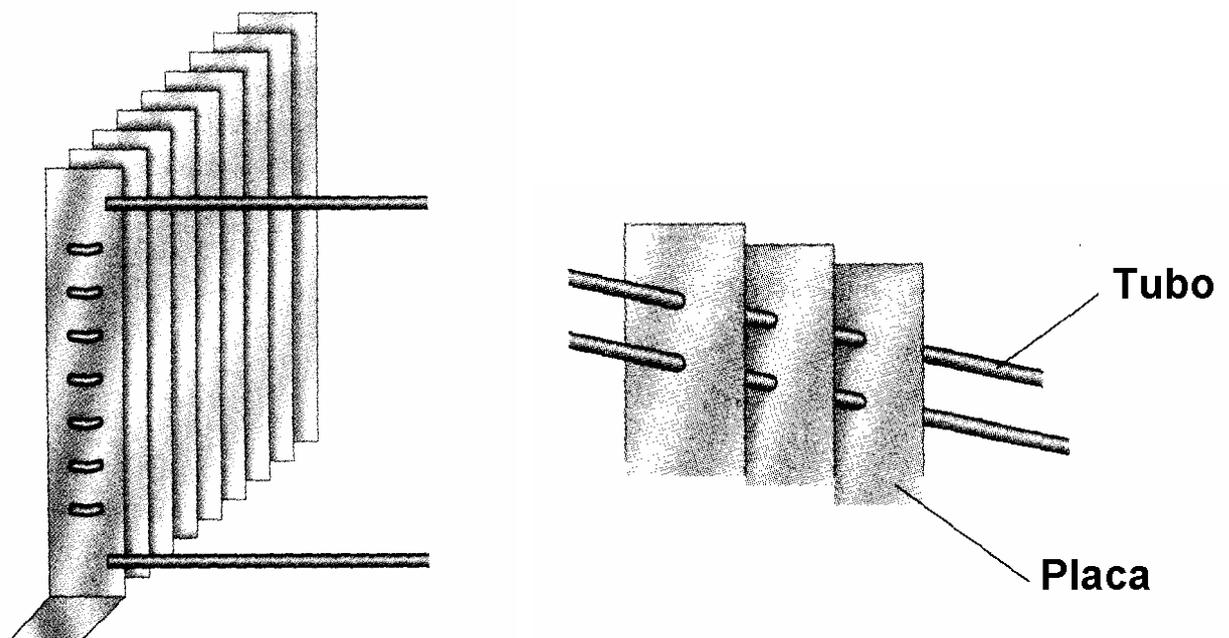


Figura 29. Condensador de placa y tubo.

II.4.1.3. CONDENSADOR DE VENTILACIÓN FORZADA

Su estructura es similar al condensador de placa y tubo, pero con ventilación forzada. El mayor volumen de aire movido y dispuesto a tomar calor aumenta el rendimiento con cierto límite, pues es necesario dar tiempo para que se opere la conducción.

Algunos equipos emplean el motor del compresor para mover el aire de condensación, adaptando una hélice estratégica en su eje. En equipos de alto tonelaje se emplean condensadores gigantes ubicados al aire libre, proporcionándoles los ventiladores que sean necesarios.

II.4.1.4. CONDENSADOR DE TUBO DENTRO DEL TUBO

La estructura de estos condensadores logra su enfriamiento valiéndose del agua que circula por el tubo contenido dentro del otro de mayor diámetro, ya que por la corona formada entre estos tubos circula gas refrigerante que entrega su calor al agua y exteriormente también al aire para condensarse.

El agua empleada debe estar más fría que el gas que condensa, y una vez que recibe el calor no se desperdicia, pues se circula no sin antes enfriarla en una torre enfriadora de agua.

El agua circula en sentido contrario al gas en los tubos concéntricos; se emplea tubo de cobre considerando un factor de conducción y mayor duración.

II.4.1.5. CONDENSADOR DE CALDERA Y TUBO

En estos condensadores el gas se condensa en una caldera en cuyo interior existe un serpentín de cobre por el cual circula el agua de enfriamiento. Su estructura es fuerte, para soportar la presión de alta. Tiene la ventaja de poder servir como depósito del refrigerante condensado.

Tanto este condensador como el tubo dentro del tubo eliminan el uso del ventilador que se emplea en el de aire con ventilación forzada.

II.4.1.6. CONDENSADOR-EVAPORADOR DE AGUA

Este condensador es de alto rendimiento y se usa en equipos de alto tonelaje. Es un remoto, que opera al aire libre separado del resto del equipo, está constituido por un serpentín expuesto a una lluvia artificial, por el cual circula el gas. El agua que enfría el serpentín es recuperada en un tanque receptor. El enfriamiento se basa principalmente en la evaporación de parte del agua de lluvia, la cual toma el calor latente de evaporación del tubo condensador. El conjunto opera al aire libre contenido en una

caseta de persianas que evita que los vientos transversales dispersen el agua (**figura 30**).

La reposición del agua evaporada, la cual se estima en un porcentaje de agua circulada en una hora, es repuesta mediante el control de un flotador. El agua se recupera y se enfría en una torre para recircularla en forma continua.

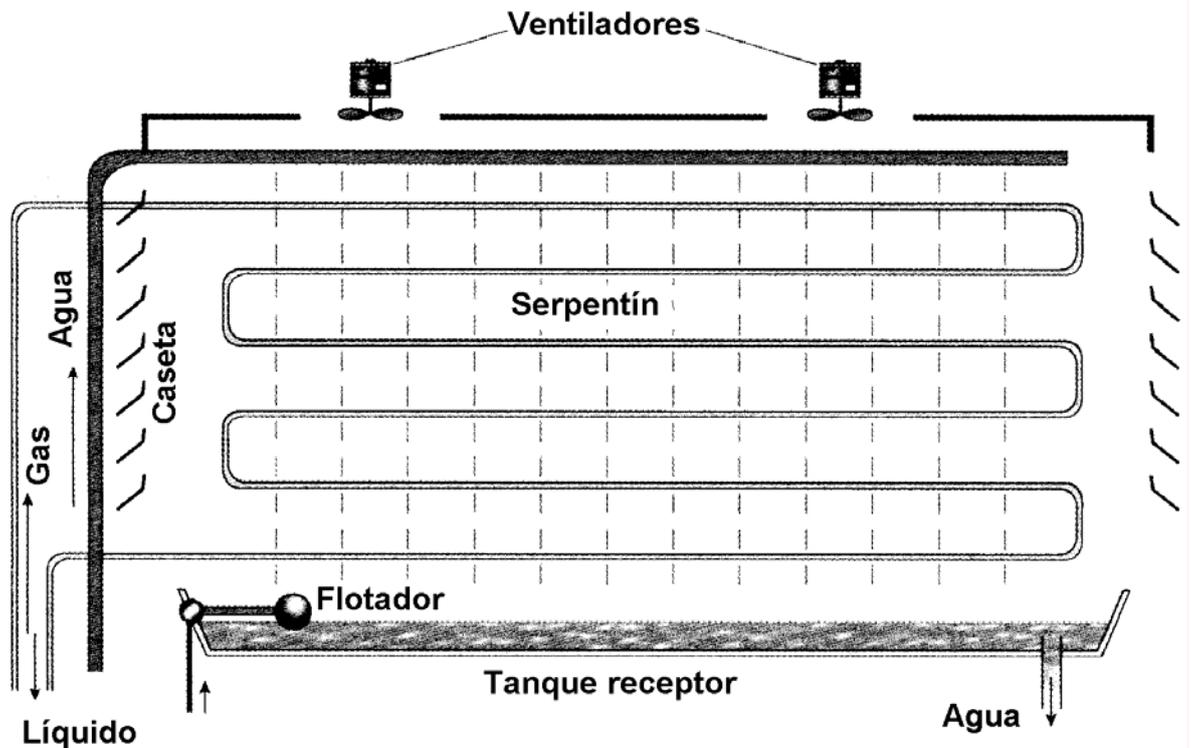


Figura 30. Condensador evaporador-agua.

II.5. EL EVAPORADOR

El evaporador es uno de los elementos más importantes de toda instalación frigorífica, por ser de donde se produce el efecto frigorífico que se desea obtener. Definiendo los evaporadores de un modelo general, son unos recipientes cerrados de paredes metálicas donde se efectúa la ebullición del refrigerante líquido que procede del equipo compresor, con la consiguiente absorción de las calorías contenidas en el refrigerador, cámara o depósito a enfriar.

En la **figura 31** se expresan los diversos estados que atraviesa el refrigerante a su paso por el evaporador después de ser expansionado a través del estrangulamiento a que da lugar la válvula reguladora (válvula de expansión o tubo capilar).

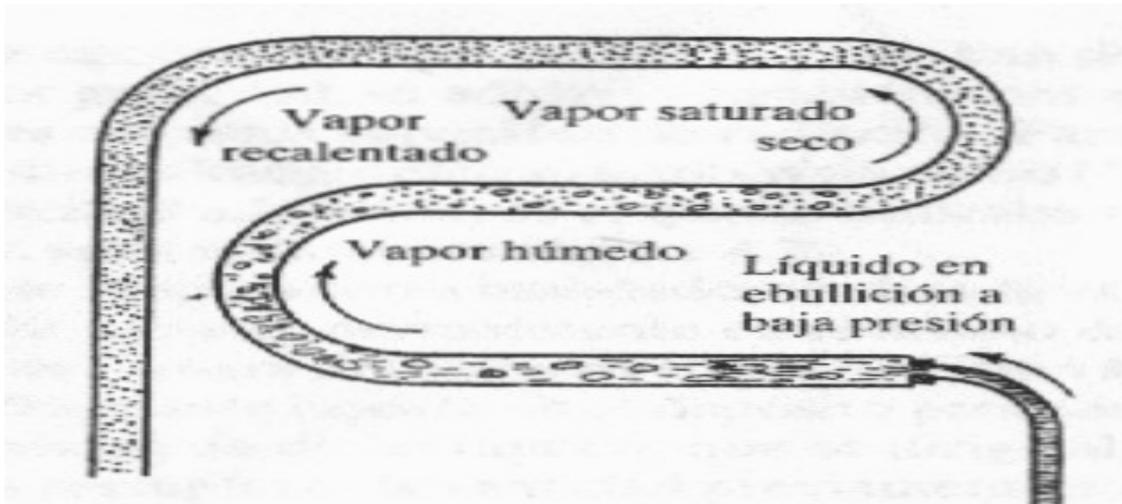


Figura 31. Cambios de estado del refrigerante en el interior del evaporador. El refrigerante líquido entra a alta presión.

Antes de llegar a dicho punto el refrigerante, se halla en estado líquido a alta presión, y después de atravesar el citado estrangulamiento se convierte en un instante en líquido a baja presión. Al efectuarse este descenso de presión tiene lugar la ebullición y consiguiente absorción de calor, en una acción parecida a la ebullición del agua, originando las clásicas burbujas. Mientras avanza a lo largo del evaporador, la masa del líquido conteniendo burbujas de vapor se convierte en una masa de vapor que arrastra gotas de líquido, mezcla que se denomina vapor húmedo. Finalmente, cuando las últimas gotas de líquido se han evaporado, sólo resta vapor saturado.

II.5.1. CLASIFICACIÓN DE EVAPORADORES

El evaporador, en términos de operación se clasifica en dos grandes grupos:

- 1) Evaporadores de tubo solamente:
 - i) De expansión directa:
 - (a) Con circulación de aire por gravedad.
 - (b) Con circulación de aire forzado.
 - ii) Inundado
- 2) Evaporadores de tubo y aletas:
 - i) De expansión directa:
 - (a) Con circulación de aire por gravedad.
 - (b) Con circulación de aire forzado.

II.5.2. TIPOS DE EVAPORADORES

II.5.2.1. EVAPORADOR DE TUBO LISO

Este evaporador está formado por un tubo al cual se le da la forma más conveniente para su colocación en el recinto o recipiente que se desea enfriar. El material empleado es el tubo de cobre, en los diámetros siguientes: $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ".

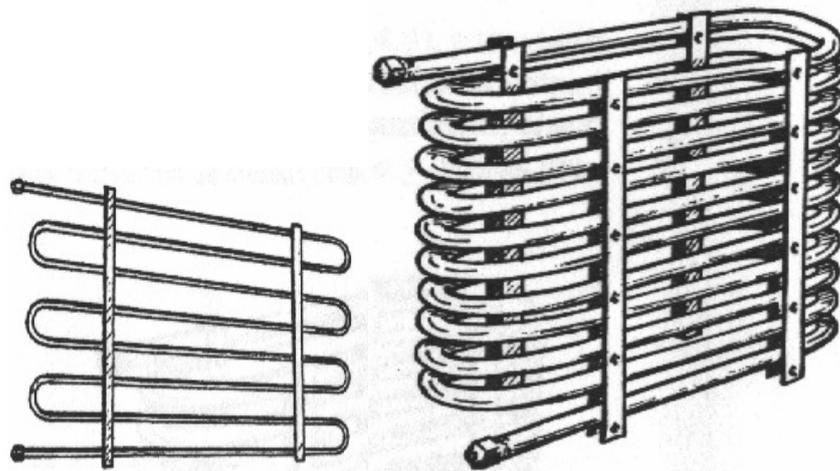


Figura 32. Serpentines evaporadores de tubo liso.

II.5.2.2. EVAPORADOR DE PLACAS

Se fabrica generalmente con dos placas de aluminio acanaladas, soldadas entre sí y formando tubos en los cuales se evapora el refrigerante.

Se emplea generalmente para frigoríficos de uso doméstico (**figura 33**), y también en placas de mayores dimensiones para aplicaciones de orden comercial e industrial (**figura 34**), formando en algunos casos el propio depósito de almacenamiento, como ocurre en los muebles destinados a la conservación de cremas heladas y demás productos congelados.

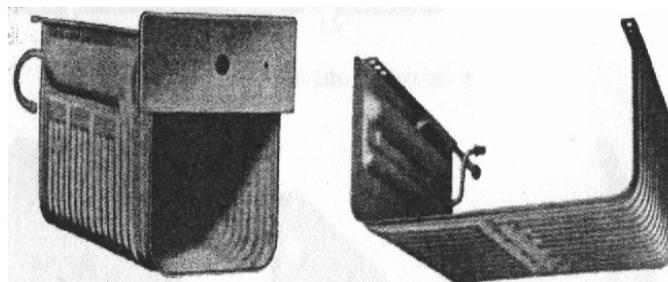


Figura 33. Evaporador de placas tipo doméstico.

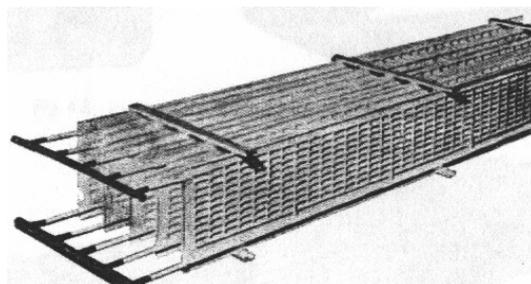


Figura 34. Evaporadores de placas para usos comerciales e industriales trabajando en paralelo.

II.5.2.3. EVAPORADOR DE TUBO Y ALETAS

Este evaporador está formado por unas horquillas de tubo generalmente de cobre, en los diámetros empleados en los serpentines de tubo liso ya descritos, a los que se aplican, fuertemente adheridas, aletas o placas cuadradas o rectangulares de latón, cobre o aluminio. Para obtener una mejor condición de dicho contacto se acostumbra dar al evaporador un baño de estaño (en los evaporadores que se emplean aletas de metal) que llenan los espacios que pueden existir entre el tubo y las aletas, y sirve de capa antioxidante al conjunto que forma el evaporador.

Las aletas se hallan separadas entre sí, de forma conveniente (normalmente unos 14 mm (milímetros)) a fin que entre ellas se establezca una adecuada circulación de aire, evitando así que la formación de escarcha entre las mismas impida la perfecta absorción de calor. El grueso de dichas aletas puede ser bien pequeño, siempre que dicho límite no sea causa de deformación (normalmente varía de 0.4 a 0.7 mm), (ver **figura 35**).

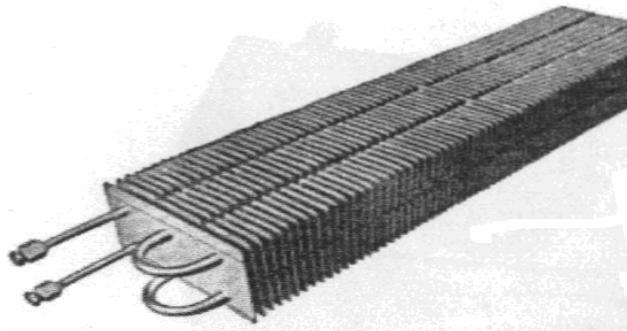


Figura 35. Evaporadores de tubo y aletas.

II.5.2.4. EVAPORADOR SEMI-INUNDADO

Este tipo de evaporador está formado por varias series de tubos cuyo extremo inferior está conectado a un colector o tubo de diámetro un poco mayor, por donde se hace la entrada común de refrigerante líquido. El otro extremo de los tubos desemboca en otro colector de mayor diámetro que el anterior, en el que se efectúa la aspiración de manera uniforme.

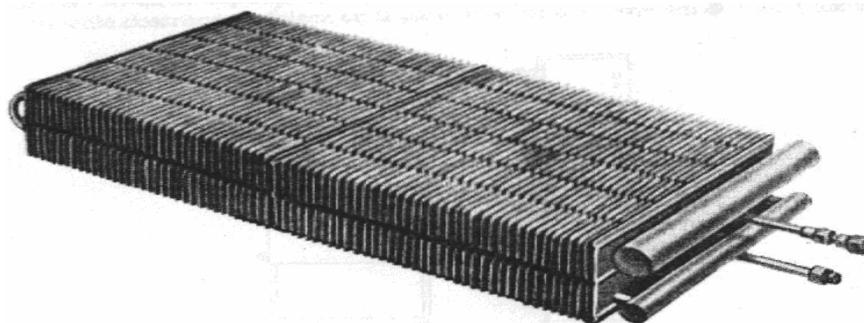


Figura 36. Evaporador semi-inundado, con colector inferior para distribución de líquido y superior de aspiración.

II.5.2.5. EVAPORADOR DE AIRE FORZADO

Esta formado por un serpentín de tubo de cobre con aletas adheridas, trabajando en régimen semi-inundado, y el conjunto va montado dentro de una caja metálica con un ventilador directamente rígido que establece de esta forma una circulación de aire forzado (**figura 37**) aumentando así considerablemente la absorción de calor.

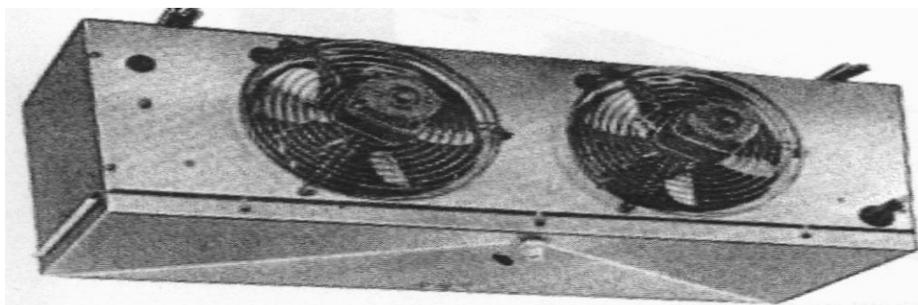


Figura 37. Evaporador de aire forzado.

El espacio entre aletas de estos evaporadores es normalmente más reducido que en los de tipo corriente con circulación de aire natural. La formación de una escarcha excesiva que pueda perjudicar la eficacia del evaporador queda superada por los sistemas de desescarchado promovido artificialmente merced a una perfecta automatización de los correspondientes ciclos, a fin de mantener libre de hielo la batería y conseguir su máxima eficacia de transmisión.

El motor del ventilador va controlado automáticamente por medio de un termostato, cuya colocación debe efectuarse en la pared opuesta a la mitad de su altura total, la válvula de expansión, al igual que en los demás tipos de evaporadores anteriormente descritos, se coloca en la parte inferior de serpentín de tubo y aletas.

II.5.2.6. EVAPORADOR MIXTO

Está formado por una caja metálica que constituye el cuerpo central, con serpentines de tubo liso soldados en la parte inferior de cada estante, sobre las cuales se colocan las bandejas de agua para la producción de cubitos de hielo u otros productos a congelar. A los de dichas cajas se acoplan unos elementos de tubo y aletas que sirven de transmisores de frío al ambiente de la cámara o nevera. Su empleo es indicadísimo en instalaciones para bares y restaurantes, e instalaciones de tipo doméstico de gran capacidad en fincas o casas de campo. (**Figura 38**).

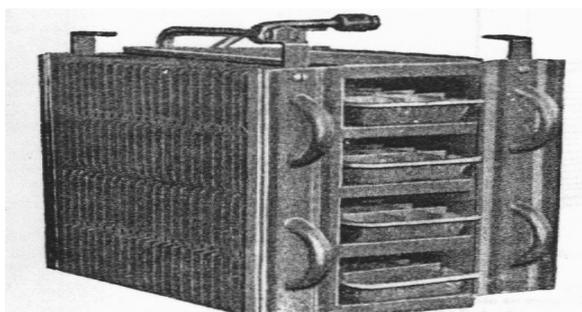


Figura 38. Evaporador mixto.

II.5.2.7. EVAPORADOR MULTITUBULAR

Este evaporador, que se emplea normalmente para el enfriamiento de líquidos por expansión directa del refrigerante, tiene su aplicación más directa en instalaciones de aire acondicionado o en fábricas de bebidas carbónicas. Están formados por un haz de tubos en el interior de un cilindro de chapa de acero y pueden ser de dos tipos: con el refrigerante en el cilindro, circulando el líquido a enfriar por el interior de los tubos, o bien, con el refrigerante evaporado en dichos tubos y el líquido a enfriar circulando por el cilindro.

El grabado de la **figura 39** se muestra esquemáticamente ambos tipos de evaporadores. En el primero de ellos con el refrigerante expansionado en el cilindro, el líquido a enfriar se mantiene a un nivel por debajo de la parte superior del envolvente a fin de que haya suficiente espacio para la separación entre refrigerante líquido y vapor, trabajando en régimen inundado y regulando la inyección por medio de una válvula de flotador. Para el segundo evaporador, la alimentación de refrigerante a los tubos interiores se hace por medio de una válvula de expansión termostática; el líquido a enfriar circula por el cilindro a través de unos mamparos que aumentan la turbulencia y el coeficiente de transmisión.

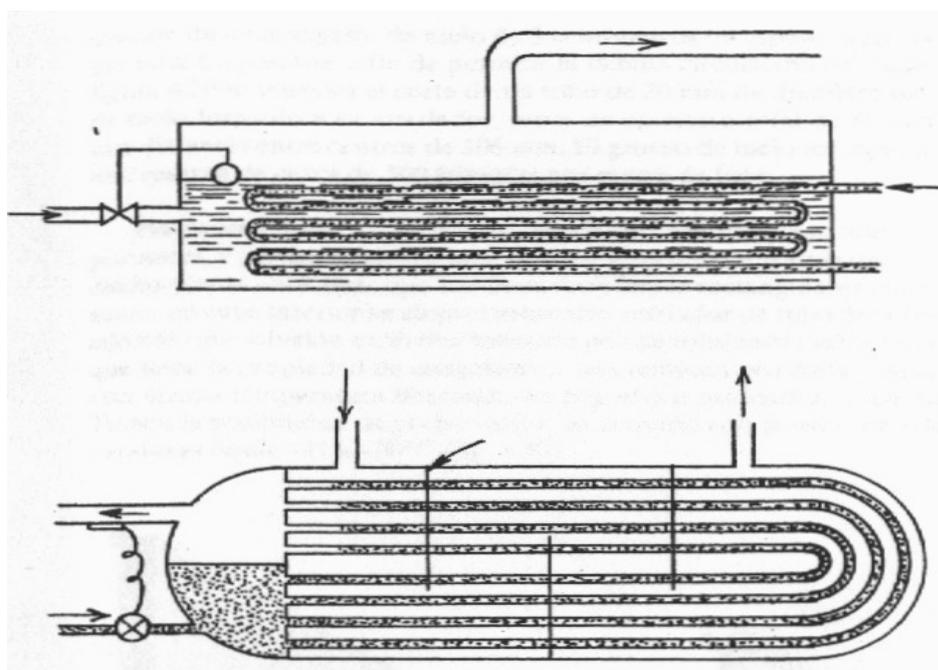


Figura 39. Tipos de evaporadores multitubulares.

II.5.2.8. EVAPORADOR ENFRIADOR DE CORTINA

Se emplea exclusivamente para el rápido enfriamiento de la leche recién ordeñada. Consiste en varios tubos paralelos, conectados en serie, en cuyo interior circula la salmuera enfriada en tanque aparte, y por cuyo exterior cae la leche en forma de cortina. En muy pocos casos se produce en estos serpentines la expansión del refrigerante, siendo, en cambio, más corriente la instalación de serpentines dobles con circulación de agua en la primera mitad y salmuera en el interior (**figura 40**).

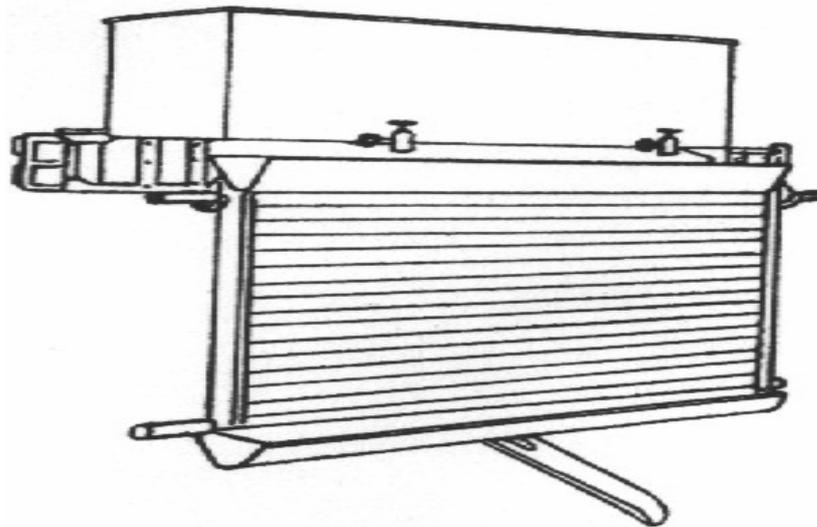


Figura 40. Enfriador de cortina.

II.5.2.9. PLACAS CONGELADORAS

Son bandejas con doble fondo que crean un volumen hermético para efectuar la evaporación en él. Extraen el calor, principalmente por conducción, de la mercancía que se coloca sobre ellas. Se utilizan en forma de estantes para aumentar su capacidad de almacenaje (**figura 41**).

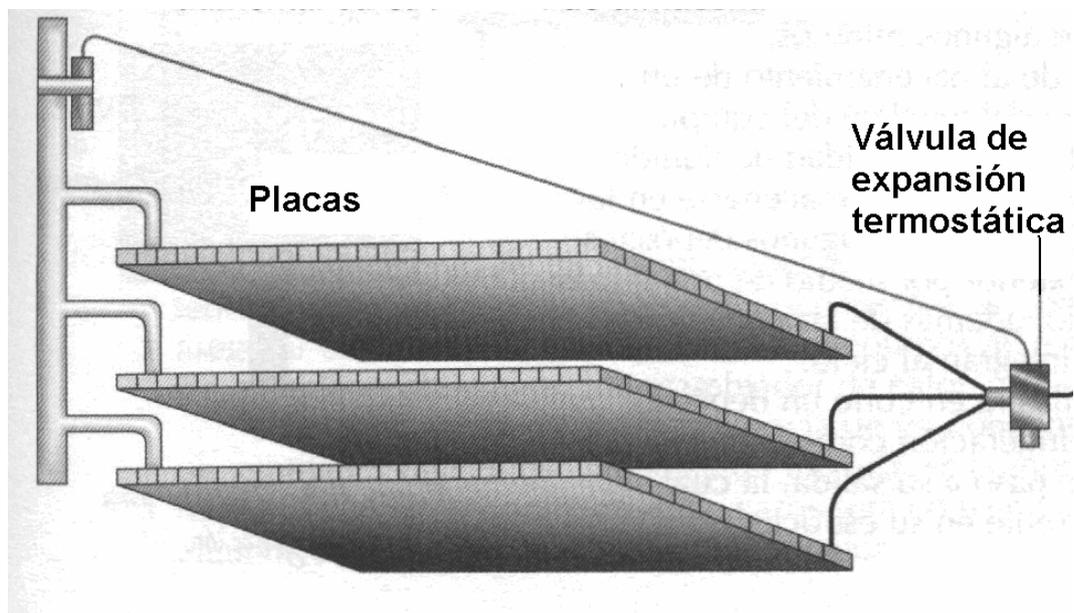


Figura 41. Evaporador de placas.

Operan con una evaporación a baja presión utilizando válvula de expansión termostática que sirve para varias placas en paralelo. También las hay con tubo capilar. Es importante considerar en cada placa la uniformidad con respecto a la presión con que operan.

II.6. ELEMENTOS DE EXPANSIÓN

Un componente fundamental e indispensable de cualquier sistema de refrigeración es el control de flujo o dispositivo de expansión. Sus principales propósitos son:

- Permitir el flujo de refrigerante al evaporador a la razón necesaria para remover el calor de la carga.
- Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja en el sistema de refrigeración.

Los cinco tipos principales de dispositivos de expansión son:

1. Válvula de expansión termostática.
2. Válvula de expansión automática.
3. Tubo capilar.
4. Flotador de baja.
5. Flotador de alta.

Existe también un dispositivo de expansión manual, que obviamente, no es apropiada para el funcionamiento automático de sistemas de refrigeración de baja capacidad, pero si son muy utilizadas en la refrigeración industrial, que no se mencionará aquí.

II.6.1. VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA

Debido a su alta eficiencia y a lo fácil de adaptarse a cualquier tipo de aplicaciones de refrigeración, la válvula de expansión termostática, es probablemente la que más se usa en la actualidad para el control del flujo de refrigerante. Su habilidad para proporcionar un amplio y efectivo uso de la superficie del evaporador bajo todas las condiciones de carga, la válvula de expansión termostática es prácticamente adecuada para control refrigerante en sistemas que están sujetos a grandes variaciones de carga.

La **figura 42** muestra el esquema de una válvula de expansión termostática, mostrando en corte sus partes interiores.

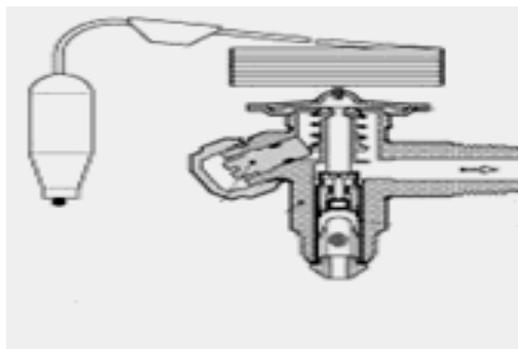


Figura 42. Válvula de expansión termostática.

Sus componentes principales son: una aguja y asiento, fuelle o diafragma de presión, un bulbo remoto cargado con cierto fluido el cual está abierto en el lado del fuelle o diafragma a través de un tubo capilar y un resorte, cuya tensión es ajustada por un tornillo de ajuste. Normalmente un filtro va ubicado en la entrada de líquido a la válvula para evitar la entrada de material extraño que perjudique el buen funcionamiento de la válvula.

La característica de operación de la válvula de expansión termostática resulta de la interacción de tres fuerzas independientes, o sea: (1) la presión en el evaporador, (2) la presión ejercida por el resorte y (3) la presión del fluido potencia ubicada en el bulbo y capilar unidos al fuelle o diafragma.

II.6.2. VÁLVULA DE EXPANSIÓN AUTOMÁTICA

La válvula de expansión automática es muy parecida al anterior, pero carece de tubo y bulbo. Funciona controlada por la presión de baja. La presión atmosférica influye en su regulación, según en la altura en que opera, la cual se hace presente en el espacio ocupado por un resorte y un diafragma flexible.

Las presiones ejercidas por los resortes son graduales y se combinan con las diferencias de presión de baja al funcionar el compresor, lo cual disminuye al hacerlo; operan su funcionamiento abriendo y cerrando el paso de líquido que penetra en el evaporador pulverizado.

Su funcionamiento respeta una presión constante de evaporación, lo que impide emplearla con presostato.

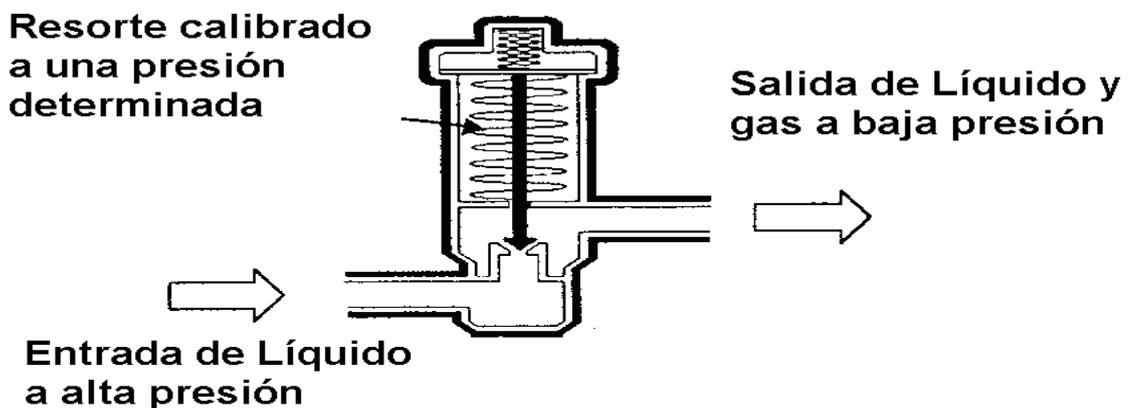


Figura 43. Válvula de expansión automática.

II.6.3. TUBO CAPILAR

Está constituido por un tubo de paso reducido que se intercala en el ciclo, que por su larga y notoria disminución de diámetro restringe el paso de líquido, que por turbulencia (choque de moléculas) va disminuyendo su presión.

Al penetrar en el evaporador la presión ha bajado con lo que se facilita la evaporación del líquido que controla. Un mayor diámetro y un menor longitud justifican un mayor paso de líquido, y a la inversa. De acuerdo con su diámetro y longitud se calibra la capacidad de servicio, según el tipo de refrigerante y su tonelaje.

Al dejar de funcionar el compresor, lentamente se equilibran las presiones de alta y baja. El uso de este dispositivo es muy común en la refrigeración doméstica y aire acondicionado de bajo tonelaje, a veces se emplea en la refrigeración comercial.

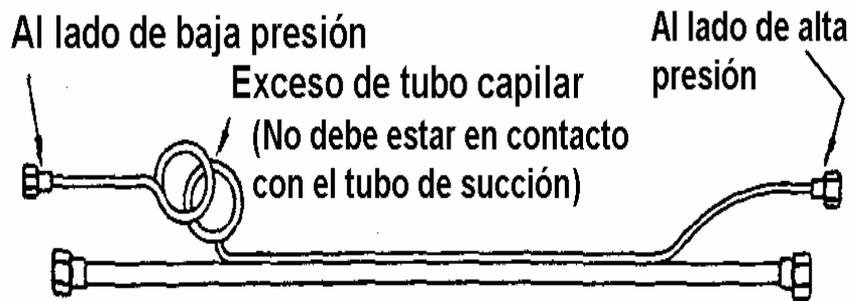


Figura 44. Tubo capilar.

II.6.4. FLOTADOR DE BAJA

Esta válvula está prácticamente fuera de uso pues ocupa mucho espacio en el gabinete interior. Opera con el evaporador inundado de líquido. Al funcionar el compresor se efectúa la evaporación, la cual logra el funcionamiento en forma similar al refrigerador elemental, pero funcionando automáticamente.

El líquido evaporado es reemplazado mediante el paso regulado por un flotador que mantiene el nivel en el evaporador inundado. Es indispensable que el refrigerador opere nivelado. Puede decirse que esta válvula funciona por escasez de líquido, el cual a medida que se evapora es reemplazado automáticamente.

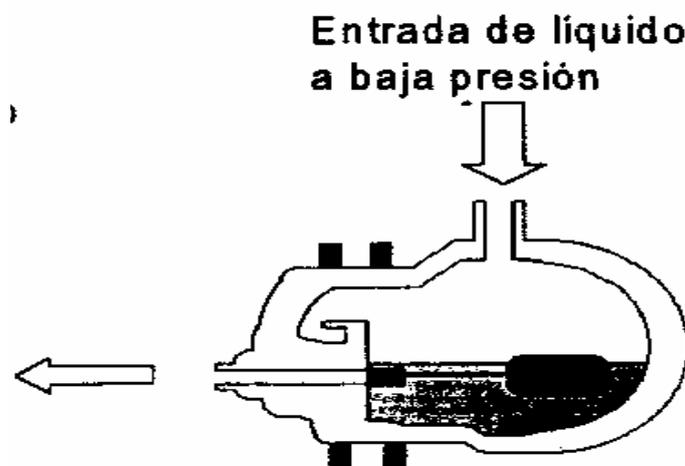
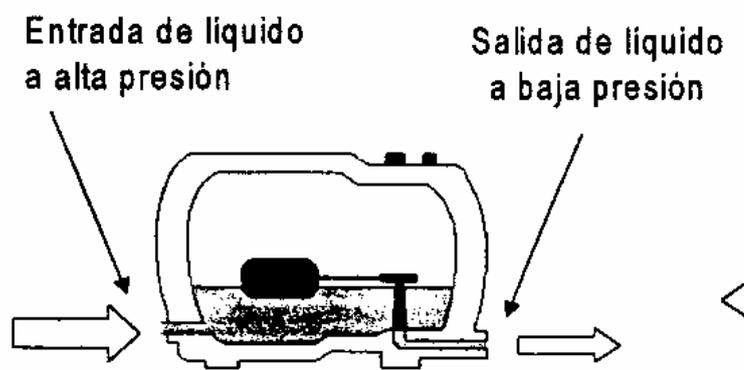


Figura 45. Flotador de baja.

II.6.5. FLOTADOR DE ALTA

Se emplea en equipos industriales, su funcionamiento obedece al exceso de líquido cuyo rebalse abastece la evaporación, lo que obliga a que la carga de refrigerante en el equipo sea exacto para mantener en equilibrio el funcionamiento.

Está construido por un tubo de alta unido a un depósito que contiene en su interior un flotador que controla mediante el paso del líquido al evaporador, conforme un exceso de éste provoque su flotación, manteniendo el nivel en el interior de la válvula. Cuando el evaporador se encuentra retirado de la válvula es necesario aislar el tubo que los une con una capa de aislante para negarle al líquido el calor necesario para su evaporación, que debe efectuarse hasta el evaporador y no antes.



Flotador en el lado alto

Figura 46. Flotador de alta.

CAPÍTULO III:

CONTROLES ELÉCTRICOS

Los controles eléctricos, son dispositivos que encierran o abren los circuitos eléctricos, que echan a andar o detienen el sistema entero. Controlan el flujo en alguna parte del sistema, cambian la capacidad de los compresores y proporcionan descongelación automática del sistema; además, realizan otras funciones en la operación automática de un sistema de refrigeración mecánica.

III.1. RELÉS

Los compresores abiertos emplean motores con interruptor centrífugo para desconectar el circuito del campo auxiliar de arranque.

Los compresores sellados necesitan mantener la estabilidad de los fluidos que operan en el ciclo, los cuales están en íntimo contacto con el motor dentro del casco, que si bien el electromagnetismo no lo compromete, si lo haría la chispa de alta temperatura provocada por un interruptor eléctrico (platinos). El motor empleado por estos compresores desconecta el cuerpo auxiliar utilizando un interruptor que funciona fuera del casco. Estos complementos del motor se denominan relés.

Existen tres tipos:

1. Relé de alambre caliente.
2. Relé de amperaje.
3. Relé de voltaje.

III.1.1. RELÉ DE ALAMBRE CALIENTE

La **figura 47** representa en forma esquemática el funcionamiento de este relé conectado al campo auxiliar de arranque y al campo motor.

Este relé funciona con base en la dilatación lineal (alargamiento) de un alambre especial que controla tanto el circuito auxiliar de arranque como el circuito motor mediante los platinos.

El relé tiene tres bornes para conectar al circuito: línea (L), motor (M), y Stara (S). Al arrancar el motor se sirve de los campos 1 y 2 que cierran su circuito en paralelo controlados por el alambre caliente, el cual se dilata al hacerlo; éste, mediante un mecanismo de palanca, abre el platino S, logrando la marcha normal del motor. Cuando algo anormal se presenta, tanto en la parte mecánica como automáticamente el alambre caliente desconecta el circuito motor, protegiéndolo. Los bornes del motor se identifican con las conexiones: común (C), motor (M) y Stara (S).

Al enfriarse el alambre se conectan los platinos S y M, para asistir nuevamente el arranque.

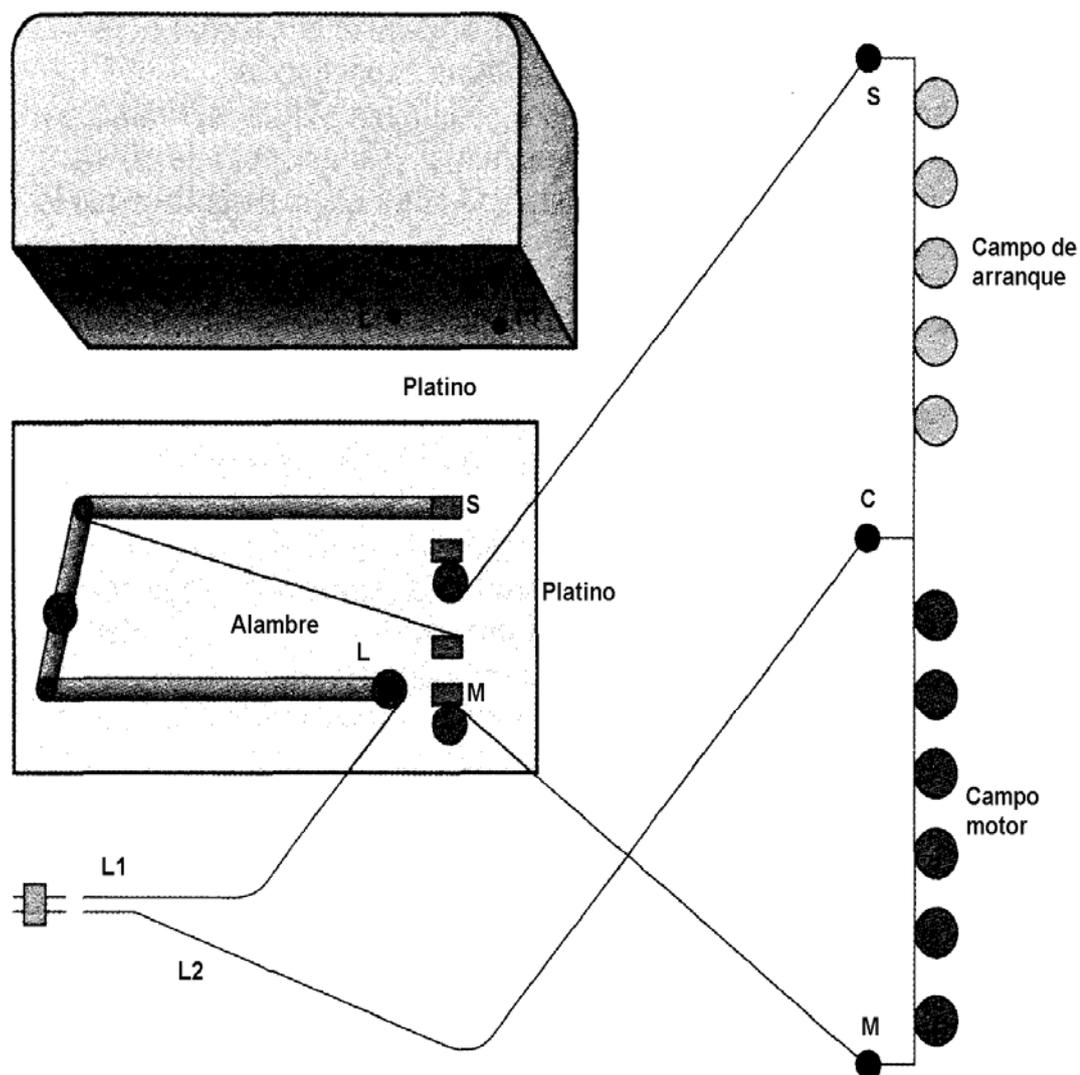


Figura 47. Relé de alambre caliente.

III.1.2. RELÉ DE AMPERAJE

Este relé se aprovecha de una bobina que atrae su núcleo móvil en el momento que aumenta la intensidad de corriente característica del amperaje al arrancar el motor.

Cuando se cierra el circuito para arrancar el motor circula una apreciable intensidad de corriente por la bobina y el campo de régimen, en ese momento el núcleo móvil es atraído por la bobina cerrando los platinos que conectan momentáneamente el campo auxiliar para asistir al momento de arranque del motor; cuando el motor ha alcanzado su velocidad de régimen, el amperaje baja a su consumo normal y por tanto disminuye el efecto magnético de la bobina, lo cual permite que el núcleo por gravedad vuelva a su posición inicial, desconectando los platinos del campo auxiliar de partida, ver **figura 48**. Este no ofrece protección al motor. Además pega los platinos conectando un amperaje respetable, lo que justifica un arco que a la larga los quema.

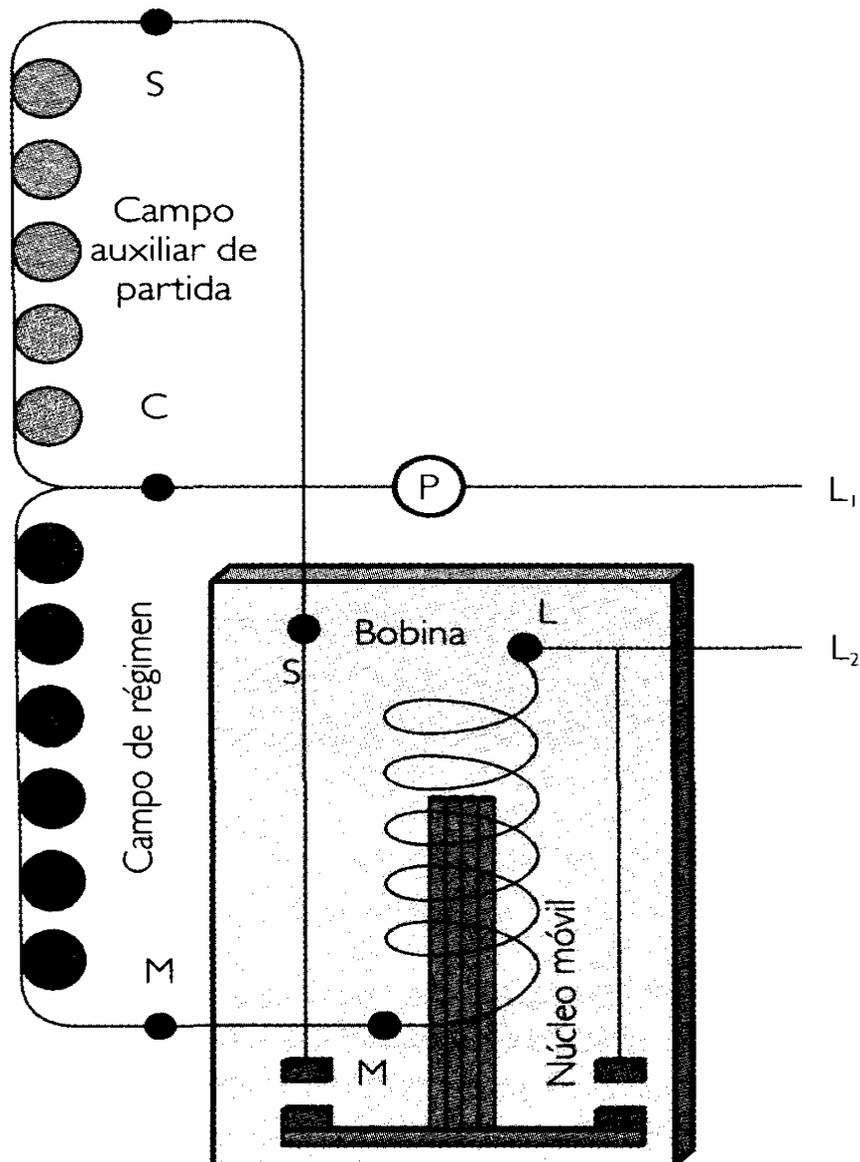


Figura 48. Relé de amperaje.

III.1.3. RELÉ DE VOLTAJE

Funciona especulando con la conducta de los motores con respecto a su voltaje en el momento de arranque. Este elemento aprovecha el momento en que el motor alcanza su voltaje normal de funcionamiento, al lograr su velocidad de régimen, para hacer que el núcleo móvil de la bobina abra los platinos del circuito del campo auxiliar, los cuales están pegados en el momento de arranque y permanecen abiertos hasta que el motor se detiene, ver **figura 49**.

El que los platinos estén juntos en el momento del arranque evita su cierre con un alto amperaje, lo que prolonga su duración. Este relé, al ser de voltaje, funciona con el enrollado de la bobina entre la L_1 y la L_2 creando un cortocircuito que se evita por lo largo y poco diámetro de éste en ella, tampoco protege el motor en su funcionamiento.

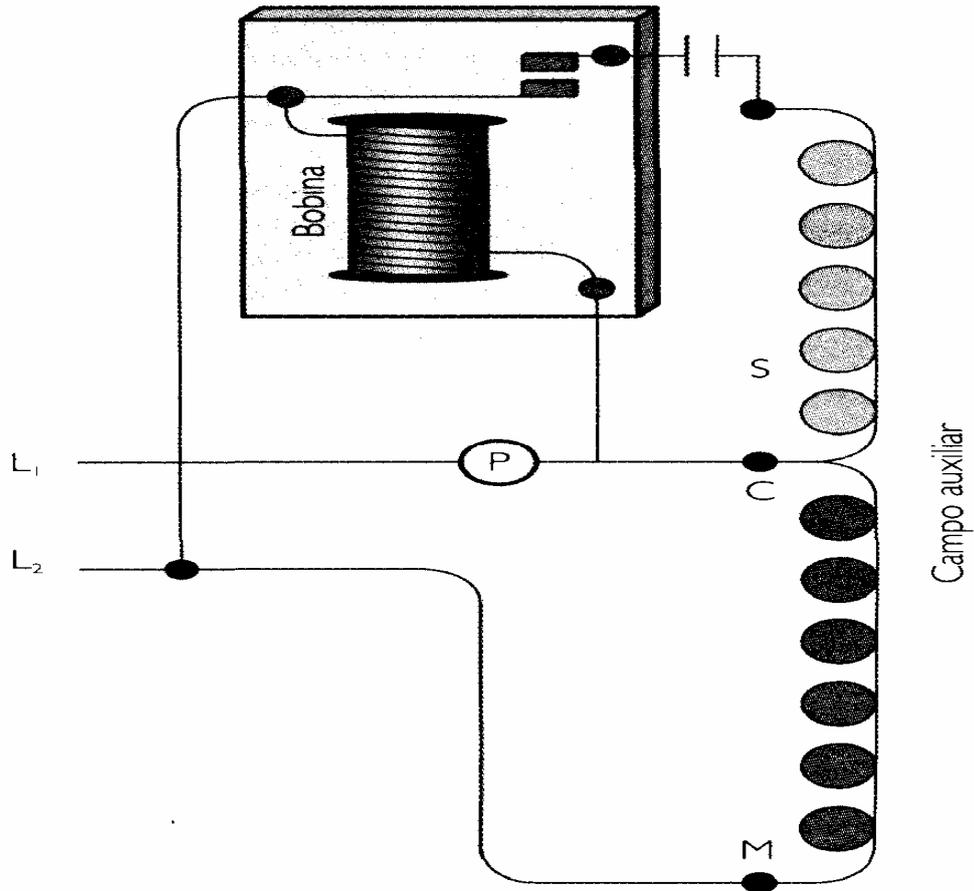


Figura 49. Relé de voltaje.

III.2. PROTECTOR TÉRMICO

El protector térmico se emplea en motores que usan interruptor centrífugo o relés de amperaje o voltaje para proteger las bobinas contra sobrecargas injustificadas.

Operan con el principio bimetálico, el cual se basa en la dilatación de dos metales en presencia de calor, causando una diferente dilatación lineal.

III.3. CONTROLADORES DE TEMPERATURA

La temperatura deseada en el sistema de enfriamiento del equipo se logra automáticamente. Esto se consigue parando el motor intermitente para que el ciclo no siga extrayendo calor, permitiendo un pequeño calentamiento mientras éste no opera, dentro de límites que logran una temperatura media deseada.

Con este fin se emplea el control de temperatura, que es de dos tipos: termostato y presostato.

III.3.1. TERMOSTATO

El termostato es un interruptor eléctrico automático controlado por un sistema que obedece a la temperatura del evaporador. Su estructura consiste de un bulbo que se comunica por un tubo delgado al cuerpo del termostato, en cuya estructura actúa un fuelle que interpreta con su presión la temperatura del bulbo, el cual está junto al evaporador, **ver la figura 50**.

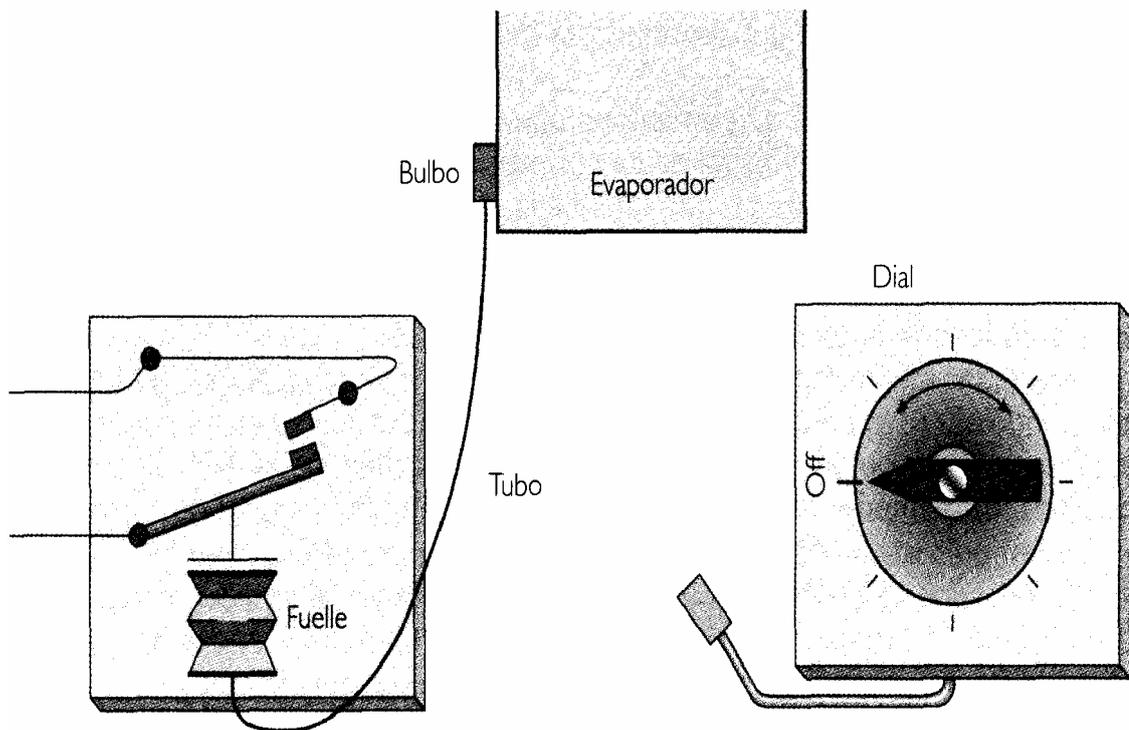


Figura 50. Termostato.

Las diferencias de presión dentro del bulbo obedecen a la temperatura del evaporador con base en un sistema de resortes y palancas que controlan el termostato como interruptor eléctrico automático.

III.3.2. PRESOSTATO

La presión del lado de baja del ciclo opera el funcionamiento del presostato, que se conecta directamente al ciclo adaptado en la válvula de servicio de baja del compresor. Un tubo se deriva de la válvula de servicio de baja del compresor para unirse al fuelle, que completa el cuerpo del presostato. Este fuelle opera los platinos, que conectan o desconectan el circuito que sirve al motor obedeciendo a la presión con que opera el refrigerante en el ciclo, en el lado de baja.

El presostato permite su graduación dentro de un amplio margen, el cual controla la temperatura estableciendo la presión con que debe arrancar el equipo (cut in) o parar (cut out) (**figura 51**).

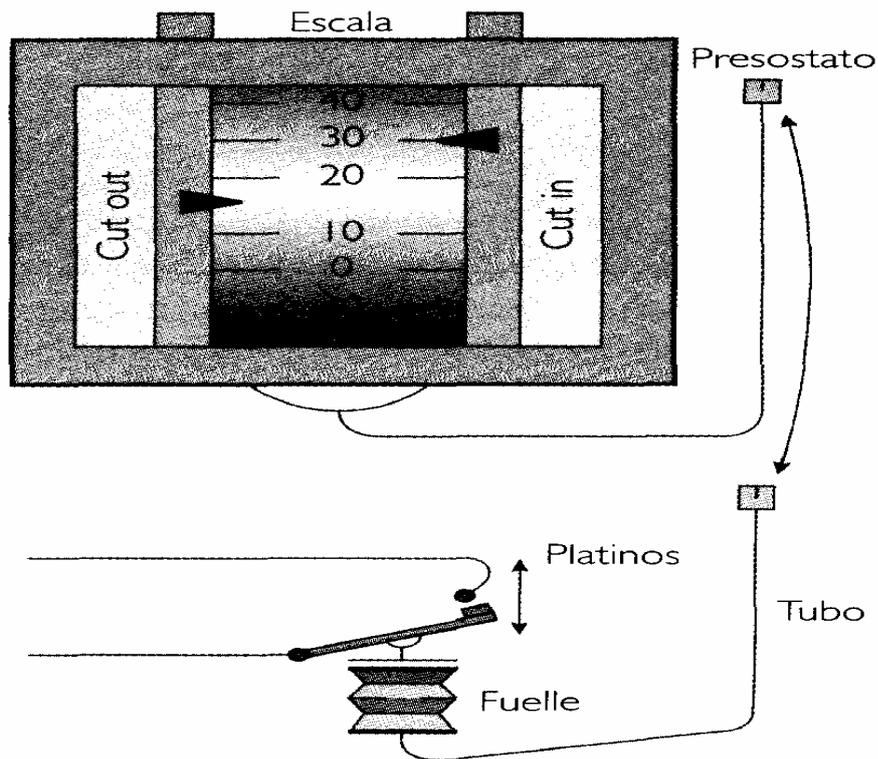


Figura 51. Presostato.

Los tres tipos básicos de presostatos, clasificados según sus elementos de potencia son:

1. De fuelle.
2. De diafragma.
3. De tubo de Bourdon.

III.3.2.1. PRESOSTATO TIPO FUELLE

El controlador tipo fuelle, es un fuelle flexible conectado a la línea que se controla la presión en la línea tiende a expandir el fuelle, pero se le opone un resorte con un tornillo de ajuste. El movimiento del fuelle es transmitido por un mecanismo que abre o cierra los contactos eléctricos.

III.3.2.2. PRESOSTATO TIPO DIAFRAGMA

El controlador está provisto de un diafragma flexible que desempeña la misma función que el fuelle. Puesto que el movimiento del diafragma es limitado, se necesitan palancas grandes para proporcionar movimientos suficientes que accione el mecanismo de conexión eléctrica.

III.3.2.2. PRESOSTATO TIPO BOURDON

El controlador de tipo de Bourdon, consiste en un tubo de sección transversal ovalado y curvado, anclado firmemente en un extremo y libre para acercarse o alejarse del mecanismo de conexión en el otro extremo. Está equipado con mecanismos para abrir o cerrar los contactos eléctricos o inclinar un bulbo de mercurio en relación con la presión en el interior del tubo.

CAPÍTULO IV:

MANTENIMIENTO

IV.1. TEORÍA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento, industrialmente hablando, es la acción y efecto del conjunto de actividades con el fin de conservar y mantener en óptimas condiciones de uso y servicio las unidades e instalaciones y equipos, para incrementar su productividad y rendimiento, realizado en un lugar determinado, en un mínimo de tiempo y al más bajo costo.

Un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada-salida. Las entradas de dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, refacciones, equipo, etc., y la salida es equipo funcionando, confiable y bien configurado para lograr la operación planeada de la planta. Esto nos permite optimizar los recursos para aumentar al máximo las salidas de un sistema de mantenimiento. En la **figura 52** se muestra un sistema típico de mantenimiento. En esta figura se muestran las actividades necesarias para hacer que este sistema sea funcional, a saber, planeación, organización y control.

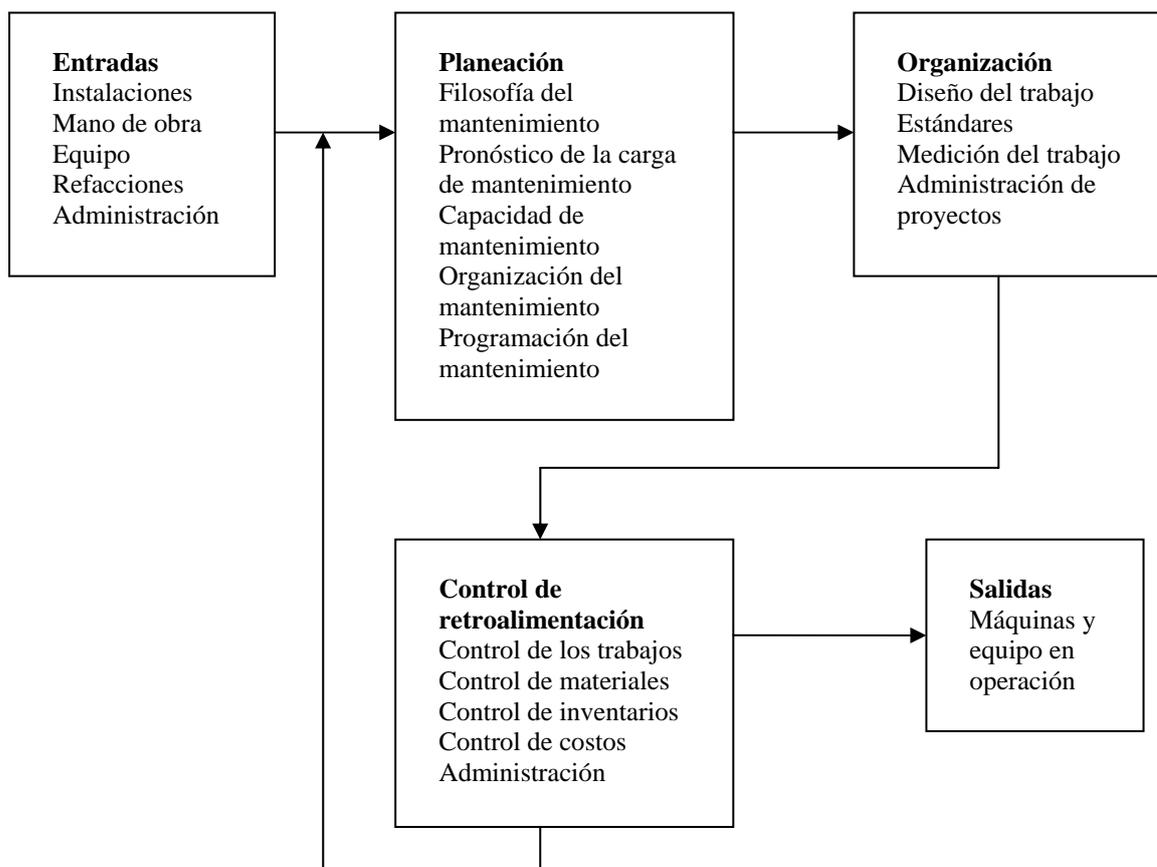


Figura 52. Sistema típico de mantenimiento.

IV.1.1. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La principal clasificación del mantenimiento es:

- A) CORRECTIVO
- B) PREVENTIVO
- C) PREDICTIVO

Donde:

A) MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

Este mantenimiento consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y, el encargado de las reparaciones, el personal de mantenimiento.

La forma de aplicar este tipo de mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las causas que provocaron la falla, pues se ignora si falló por maltrato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, o por desgaste natural.

B) MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Tiene por misión conocer el estado actual, por sistema, de todos los equipos y programar así el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno.

Para la implantación de este mantenimiento es necesario hacer un plan de seguimiento para cada equipo. Con este plan se especifican las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías de funcionamiento y las frecuencias en las que se realizarán. Al detectar cualquier anomalía se estudia su causa y se programa para realizar las reparaciones que correspondan.

Los métodos más usuales que utiliza el mantenimiento preventivo para el conocimiento de los equipos se puede resumir en:

- **Inspecciones visuales**

Consiste en verificar posibles defectos o anomalías superficiales que vayan apareciendo en diferentes elementos del equipo. La inspección puede ser interna o externa. Para la externa puede realizarse a simple vista o con ayuda de lupas. Para la interna se utilizan aparatos como los baroscopios y flexiscopios, capaces de acceder a zonas difíciles del interior del equipo.

- **Medición de temperaturas**

Puede detectar anomalías que van acompañadas de generación de calor como rozamientos o mala lubricación, fugas en válvulas y purgadores e incluso permite determinar el estado de los equipos mediante termografías superficiales.

La temperatura del evaporador no puede determinarse con exactitud, pero puede obtenerse una aproximación engrapando un termómetro en su superficie. Se encuentra que la temperatura exterior no será más de 5°C superior a la del refrigerante en el interior del evaporador, equivalente a la presión de aspiración cuando el compresor funciona.

La temperatura a obtener en un sistema con evaporadores por circulación natural de aire por gravedad, la diferencia entre la temperatura del refrigerante evaporado y la del aire en la cámara o espacio refrigerado, será de 8 a 12°C, y con evaporadores de aire forzado, de 6 a 8°C.

- **Medición de presiones**

Cualquier recipiente o tubería, posee cierta presión máxima de operación y de seguridad, variando este, de acuerdo con el material y la construcción. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo, si no también puede provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitas, fluidos inflamables o corrosivos. Para tales aplicaciones, las lecturas absolutas de gran precisión con frecuencia son tan importantes como lo es la seguridad extrema.

La toma de presiones en sistemas de refrigeración, se realiza con los manómetros de baja y alta presión en el compresor

- **Control de la lubricación**

El análisis de los aceites de las máquinas permite determinar el contenido de hierro o cualquier otro metal, el grado de descomposición, la posible presencia de la humedad o cualquier otro compuesto que altere su funcionamiento. Con estos análisis se pueden determinar los grados de desgaste de los elementos lubricados.

El control de aceite en los refrigeradores con compresor hermético no es necesario, ya que están fabricados para un mínimo mantenimiento como se dijo anteriormente. Al contrario, el del compresor abierto se debe de revisar en la mirilla su nivel de aceite. En el caso del refrigerador comercial, su nivel de aceite se observa en la mirilla que está incluida en el compresor.

- **Medición de vibraciones**

El estudio de los espectros de vibraciones y su amplitud puede proporcionar suficiente información para saber las partes que comienzan a dañarse dentro de cualquier equipo.

Los ruidos anormales en el compresor, motor, transmisiones o en la válvula de expansión son indicadores de una avería.

- **Control de fisuras**

Para el control de fisuras y otros defectos, se emplean métodos como las radiografías, líquidos penetrantes, ultrasonidos, corrientes inducidas, etc. El conocimiento de fisuras en elementos que han estado trabajando permitirá tomar decisiones sobre la sustitución y tiempo máximo de funcionamiento antes de la falla total.

Las fugas en tuberías de refrigeración se detectan a simple vista cuando hay manchas de aceite sobre la superficie.

- **Control de la corrosión**

Para el control de la corrosión puede emplearse desde testigos hasta medición de espesores mediante ultrasonidos o radiografías.

C) MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo consiste en el conocimiento permanente del estado y operatividad de los equipos, mediante la medición de determinadas variables. El estudio de los cambios en estas variables determina la actuación o no del mantenimiento correctivo.

Los parámetros a controlar pueden ser: presión, pérdidas de carga, caudales, consumos energéticos, caídas de temperatura, ruido, vibraciones, dimensiones de una cota, etc.

Para fijar la implantación de este tipo de mantenimiento es necesario fijar las magnitudes que mejor definan el proceso interno del equipo. Una vez seleccionadas, fijar los valores normales de funcionamiento y los valores límite que puede alcanzar cada una de estas magnitudes; por último, dotar a la instalación de los aparatos de medición y centralizarlos para su seguimiento.

IV.2. MANTENIMIENTO A REFRIGERACIÓN

Toda máquina registra fallas después de cierto tiempo debidas al desgaste o mal funcionamiento en sus piezas. Lo mismo sucede en equipos de refrigeración, considerando que éstos operan casi sin interrupción durante periodos prolongados.

Casi siempre que aparece un desperfecto aparecen otros, esto se debe a que con el tiempo algunas piezas funcionan indebidamente sin comprometer la marcha del equipo. En equipos de poco uso, también pueden aparecer desperfectos de funcionamiento aislado.

Los síntomas de desperfectos son engañosos cuando son varios, complicando su apreciación. También existen partes sujetas a mayor desgaste que facilitan su diagnóstico. Considerando lo anterior, es conveniente establecer los desperfectos que

pueden presentarse en cada parte por separado, facilitando así la revisión total del equipo, lo cual empleará menor tiempo en la reparación.

IV.2.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO A REFRIGERADOR DOMÉSTICO

En este tema se especificarán las fallas que puede tener un refrigerador doméstico y la reparación que se puede llevar a cabo y, posteriormente llevar a cabo un mantenimiento adecuado de acuerdo a las características de dicho refrigerador.

A) CUANDO EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN NO FUNCIONA

Las causas que provocan esta falla son distintas y variadas, las cuales son:

1. Cable de alimentación a corriente alterna defectuoso o roto

Cuando el cable de alimentación se encuentra dañado, normalmente no enciende el foco de iluminación interna del gabinete.

Cuando no enciende el foco, se recomienda probar el equipo con un cable adicional y provisto de clavija y conectarlo sobre las puntas del cable del refrigerador. Si funciona el aparato, entonces se sustituye el cable completo con todo y clavija.

2. Control automático de temperatura defectuoso

Para saber si lo dañado es el control automático de temperatura, se comprueba que el foco de iluminación encienda. Se coloca el control con ayuda de la perilla de regulación manual en la exposición de apagado y, enseguida, se gira suavemente hasta que llega a la máxima posición de frío calibrada. Cuando el control está en buen estado, casi inmediatamente al girarlo de la posición de apagado se escuchará un clic suave que corresponde al encendido de control automático de temperatura.

Si al girar el control automático de temperatura conecta al compresor en un número que sea mayor que uno o el mínimo de frío calibrado en la perilla se debe revisar el bulbo del contactor del control, ya que éste puede encontrarse picado y, por tal motivo, perder gas sin intermisión, por lo que, el refrigerador no funciona adecuadamente .

La forma correcta de probar el control automático de temperatura es desarmar la pantalla en la que va montado, desconectar los cables de alimentación del compresor conectados en él y conectarlos entre sí. Si con esto comienza a funcionar el compresor, es indicio que el control debe sustituirse.

3. Protector térmico de sobrecarga del compresor defectuoso.

Cuando el control automático de temperatura se ha demostrado y punteado y aún así no funciona el compresor, se vuelve a conectar el control y se procede a revisar el protector térmico de sobrecarga.

Normalmente el control se deja en la posición de máximo frío, para que se pueda probar el compresor y su circuito desde la parte posterior del gabinete.

4. Relevador electromagnético de arranque del compresor dañado

Cuando el relevador electromagnético de arranque se encuentre dañado y no se cuenta con otro para probarlo a sustitución, se procede a probar directo el embobinado del compresor.

Se desconecta el relevador y se conecta la alimentación que se conectaba del mismo al borne del trabajo, entonces se crea un puente momentáneo con un destornillador entre los bornes de trabajo y arranque con el protector térmico de sobrecarga conectado y colocado en su lugar.

Al crear el puente se aprecia un pequeño chispazo entre los bornes pero el compresor no comienza a funcionar, se reemplaza el destornillador por un capacitor electrolítico de arranque, el cual se conecta entre los bornes de trabajo y arranque al momento que se efectúa el puente momentáneo.

Si aún así el compresor se niega a arrancar, es señal que el campo eléctrico del mismo se dañó, o que se trabó el mecanismo interno del compresor talvez por una rotura del pistón.

B) EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN TRABAJA CONTINUAMENTE SIN CONGELAR

Cuando un sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar, existe la señal de que el circuito eléctrico se encuentra en buen estado, por lo que, se le realiza el análisis del sistema de enfriamiento del equipo.

El primer paso es apagar el control automático de temperatura a su posición de apagado para probarlo. Se gira suavemente y se comprueba la posición en que empieza a funcionar. Si el control enciende al compresor a un número mayor que el del frío mínimo, además de la falla que ocasiona la falta de congelación, se debe reemplazarlo.

Pasar con suavidad la mano sobre las paredes del evaporador para localizar cualquier mancha de aceite que pueda existir.

Cuando se produce una fuga de refrigerante en cualquier punto del sistema de refrigeración, ocurre una pérdida de aceite hacia el exterior y, por tanto, existe pérdida de aceite lubricante del compresor.

Una forma de ver provisionalmente si existen fugas o pérdidas de refrigerante en el evaporador es mediante la localización de manchas de aceite provocadas por las mismas fugas.

Cuando se localiza una mancha de aceite en el evaporador es señal inequívoca de existencia de una o varias fugas, según sea el caso.

Se debe tener especial cuidado durante las pruebas de fugas en el evaporador, ya que en algunas ocasiones el evaporador se daña tanto, que se hace necesaria la sustitución completa. Si existe alguna fuga en el evaporador, también es aconsejable comprobar la compresión del sistema de refrigeración, para evitar sorpresas desagradables a la hora de repararlo.

C) EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN TRABAJA CONTINUAMENTE Y CONGELA EN EXCESO

Cuando el sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso, es que se trata de una falla del control automático de temperatura, aunque se debe tomarse ciertas precauciones antes de dar como un hecho que el control es el que falla:

Control de temperatura defectuoso. Ver si el evaporador escarcha completamente. Cuando en algunas de las esquinas del evaporador no escarcha adecuadamente, la falla se debe a la falta de refrigerante en el mismo o bien por pérdida de compresión.

IV.2.1.1. CARGA DE ACEITE EN REFRIGERADOR DOMÉSTICO

Obviamente para todo refrigerador doméstico después de que se halla reparado se debe de retirar el aceite usado, retirando del refrigerador el compresor hermético después de que se le cortaron las tuberías y sus conexiones eléctricas.

Para introducir aceite al sistema es necesario operar convencionalmente su vacío valiéndose de la T en el tubo de baja. Al efectuar el vacío se suelta la manguera de servicio con el manómetro cerrado. Al abrir el manómetro, el vacío succiona la cantidad de aceite estimada, como se muestra en la **figura 53**, no puede cargarse aceite con el equipo lleno de refrigerante.

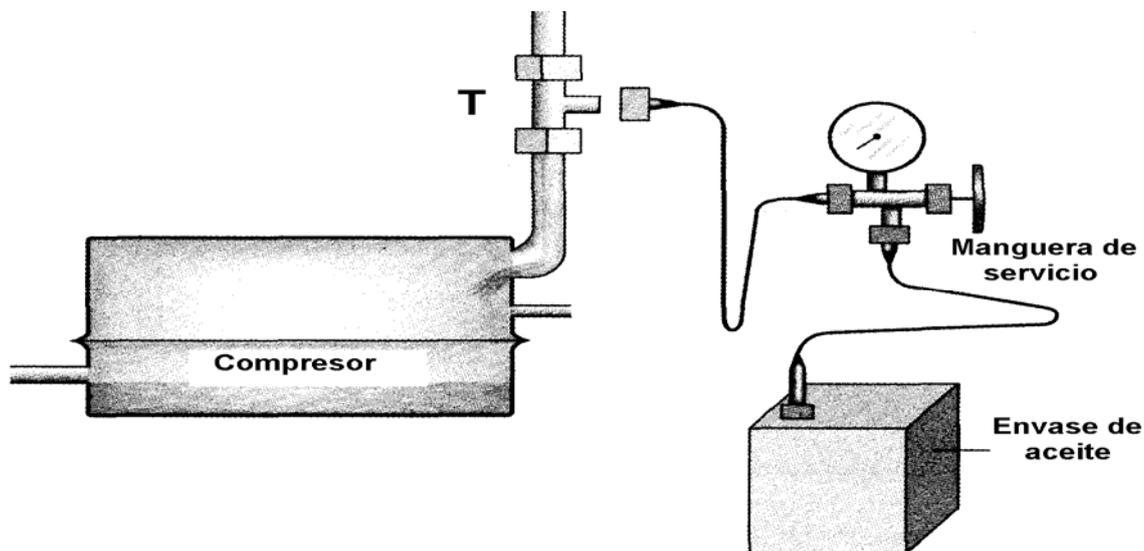


Figura 53. Carga de aceite en refrigerador doméstico.

Cuando se cambia el aceite en un compresor cerrado es necesario medir la cantidad que se extrae para reemplazarlo en la misma porción.

Nunca debe emplearse el mismo aceite extraído del equipo, y se reemplazará el filtro deshidratado cada vez que se abra el ciclo, sin excepción.

IV.2.1.2. VACÍO EN REFRIGERADOR DOMÉSTICO

Los colectores y líneas de manómetros deben estar exentos de fugas, limpios y libres de contaminante. Los manómetros se guardan bajo presión con refrigerante limpio desde una a otra utilización. Cuando se empieza a usar un juego de manómetros que se halla todavía bajo presión desde su anterior utilización, ya se sabrá así que están exentos de fugas, como se muestra en la **figura 54**.

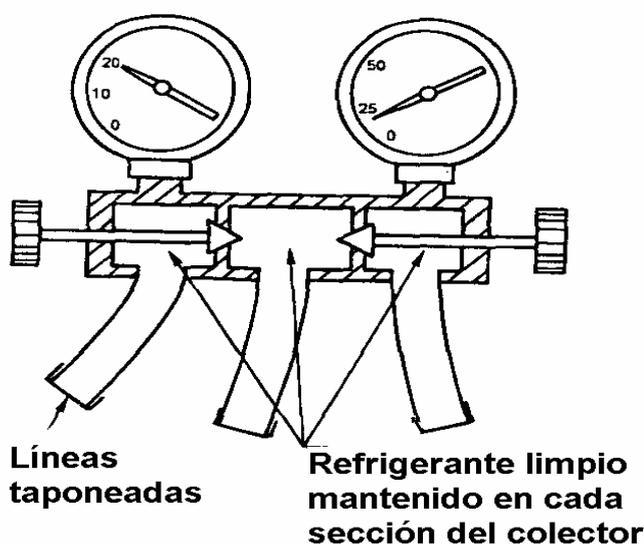


Figura 54. Juego de manómetros exentos de fugas.

El vacío necesario para establecer el ciclo después de efectuada una reparación se logra con una máquina de vacío. Para realizar tanto el vacío como la carga de refrigerante es necesario crear un acceso al ciclo, el cual debe hacerse cortando el tubo de baja, no muy cerca del compresor, y en un punto que sea accesible. Convencionalmente el aceite permanece en el compresor.

Para llevar a cabo un vacío, se adapta una T en el tubo de baja que se ha cortado para derivar un acceso al ciclo, facilitando la conexión del manómetro de baja, el cual se une a la máquina de vacío, **figura 55**.

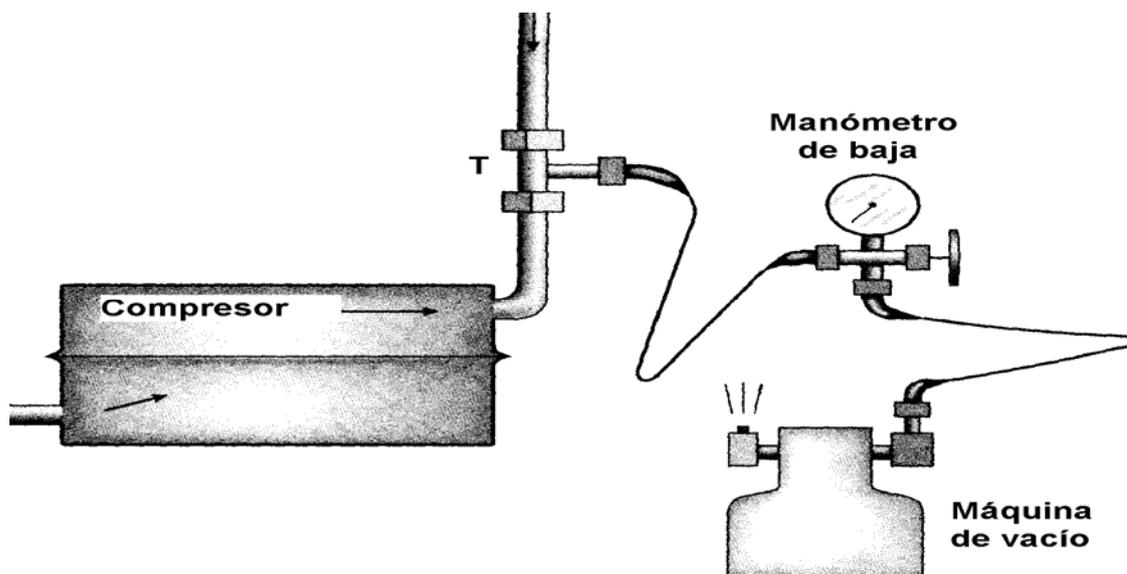


Figura 55. Vacío del compresor hermético.

El manómetro debe permitir el libre paso del aire que se extrae del sistema y controla el vacío. La manguera que opera opuesta al manómetro debe conectarse al equipo. Se verificará la presencia de los anillos plásticos de las mangueras, su ausencia impide efectuar el vacío, provocando pérdida de tiempo.

El vacío se realizará por cinco minutos aproximados y debe cerrarse primero el manómetro antes de detener la máquina de vacío. Se coloca el manómetro en su lugar inmóvil, anotando la lectura del vacío que se registra, después de 5 minutos se observa que la lectura anotada se mantenga, lo cual indica, la hermeticidad del sistema. Se continúa el vacío por 15 minutos en día seco y por 30 minutos en día húmedo, para completar el proceso. Esta vez debe obtenerse un vacío mínimo de 28 pulg. Hg, observando esa lectura; mientras más tiempo se observe ese resultado, mejor.

Terminado el vacío y establecida la hermeticidad del sistema podrá procederse a introducir refrigerante al equipo.

El empleo de la máquina de vacío asistida por el manómetro facilita la extracción de aire del sistema, tomando en cuenta que debe realizarse esta operación con toda precisión. Debe abrirse o cerrarse la válvula del manómetro oportunamente para impedir que entre aire al sistema. Cada vez que se desconecta una manguera debe purgarse utilizando la presión del refrigerante.

IV.2.1.3. CARGA DE REFRIGERANTE EN REFRIGERADOR DOMÉSTICO

Es recomendable que cada vez que se recargue nuevo refrigerante después de una reparación, se debe de cambiar el filtro deshidratador usado por uno nuevo y también el tubo capilar usado por otro nuevo.

Debe purgarse la manguera de servicio para extraer el aire que tomó al desconectarla de la máquina de vacío, para esto se suelta un poco la unión de ésta al

manómetro y se abre la bombona, permitiendo que su presión barra el aire mientras la manguera se aprieta nuevamente, **figura 56**.

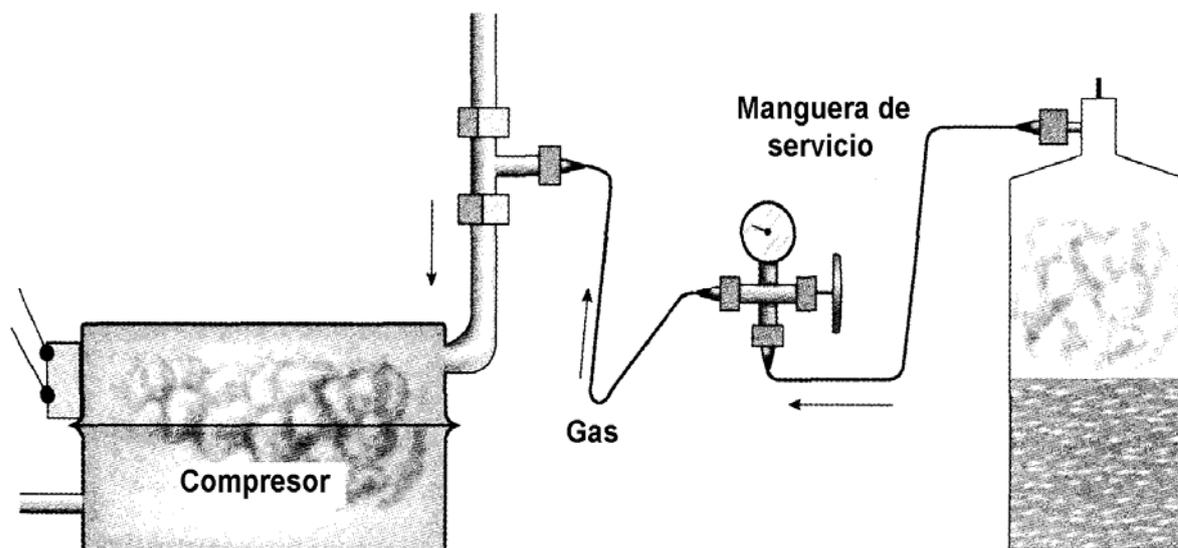


Figura 56. Carga de gas en refrigerador doméstico.

Con la bombona siempre en posición vertical se enciende el compresor, y controlando el amperaje, se abre ligeramente el manómetro sin permitir que la presión suba de 20 lb/pulg² (freón 12) durante la carga.

El termostato del refrigerador no debe estar desconectado. Durante la carga, la puerta del refrigerador se mantendrá cerrada, vigilando la presión y el amperaje constantemente.

Con el equipo funcionando, se abre la puerta del refrigerador y se toca el evaporador, que debe estar totalmente frío, con una capa superficial de hielo duro que trata de adherir la mano al congelar la humedad de la piel. El evaporador debe mostrar un frió seco, no aguado. La carga del refrigerante se considera adecuada cuando el evaporador enfría correctamente y el amperaje es normal.

El amperímetro aumenta lentamente su lectura a medida que la carga se efectúa. Al llegar ésta al consumo normal de régimen, el cuál se indica en la placa de características del compresor, se cierran la bombona y el manómetro.

IV.2.1.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO A REFRIGERADOR DOMÉSTICO

Los equipos compactos están ideados para tener un mínimo de mantenimiento a fin de que el propietario pueda ser quien se cuide de ellos, mientras no ocurra una ruptura o avería importante.

El procedimiento de mantenimiento general para este tipo de refrigeradores, es el siguiente:

Actividad	Frecuencia
Revisar que las temperaturas sean las adecuadas en el interior de los refrigeradores.	Semanal
Revisar la corriente de arranque del compresor.	Semestral
Revisar la corriente de trabajo del compresor.	Semestral
Checar la continuidad en el foco del gabinete.	Semanal
Checar la continuidad en el interruptor de encendido del foco y hacerle limpieza si es necesario.	Semanal
Revisar que el termostato esté operando en óptimas condiciones de trabajo.	Mensual
Hacer una inspección general a todo el sistema para observar si existen manchas de aceite. En caso de encontrarlas, se procederá a investigar si existe fuga y darle el mantenimiento correctivo necesario.	Anual
Revisar que la puerta no esté chueca y que el gasket aisle bien el gabinete.	Semanal
Realizar una limpieza interior y exterior de la unidad.	Mensual
Revisar que el área de intercambio de calor del condensador se encuentre libre de objetos extraños, como polvo, fibras textiles y pelusa, entre otros.	Mensual

IV.2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO A REFRIGERADOR COMERCIAL

Las fallas que pueda manifestar un refrigerador comercial son idénticas a la de un refrigerador doméstico, ya que funcionan a base con la misma ley del ciclo de refrigeración.

Las manifestaciones que puede tener una unidad de refrigeración son las siguientes.

A) Cuando el sistema de refrigeración no funciona

Las causas por las que el sistema de refrigeración no funciona son varias y al igual que en los sistemas sencillos se debe tener una rutina de revisión para localizar fallas. Se puede realizar la revisión en los siguientes elementos:

1.- No llega corriente al sistema

Verificar si hay tensión en la toma de corriente, el cable, los fusibles, los interruptores y el cableado interno. Si el fusible está fundido, buscar un posible cortocircuito en el sistema o una extensión excesiva de la red.

2.- Conexiones cortadas o defectuosas, interruptores

Se debe repasar el cableado y arreglar la avería.

B) El motor del ventilador funciona, pero el compresor no

1.- Circuito del compresor abierto

Verificar el circuito, los interruptores, los terminales, una posible sobrecarga y los relés.

2.- Presostato defectuoso

La graduación del presostato es una de las causas que altera su correcto funcionamiento. Cuando se desgasta después de un tiempo, se aprecia un exceso en el consumo de energía eléctrica o el equipo no funciona. Se debe de reemplazar por otro de las mismas características.

3.- Compresor agarrotado

Cuando todas las verificaciones no indican ningún componente defectuoso o un circuito defectuoso, la avería puede ser el compresor propiamente dicho. Se debe desmontarlo y repararlo, al hacerlo se debe tener especial cuidado de dibujar y anotar la posición de las piezas al desarmarlo, trabajo delicado que no compromete su delicado ajuste. Las válvulas de admisión y compresión están expuestas al desgaste lógico de su cometido, basta que una de ellas sea defectuosa para que el compresor no opere.

C) El ventilador funciona, el compresor arranca, pero se para en seguida

1.- El protector de sobrecarga funciona

Verificar si existe un exceso de potencia a causa de una tensión de alimentación demasiado elevada, el condensador obturado, o cualquier otra restricción en la línea de refrigerante. Verificar si existen cortocircuitos en el circuito del motor.

2.- Avería interna en el compresor

Verificar si el consumo de potencia coincide con el especificado en el manual o placa de datos de la unidad. Si es anormalmente alta y no se encuentra ningún otro defecto en el circuito, es conveniente reemplazar el compresor o repararlo.

D) Funcionamiento ruidoso

1.- Verificar el ventilador, empalmes de tubos defectuosos, montaje del compresor deficiente.

2.- Si el ruido procede del compresor y no desaparece al cabo de un corto de tiempo de funcionamiento, es señal de que existe un defecto interno, tales como muelles de sostén rotos, cojinetes gastados o anillos de pistón desgastados. Se debe de reparar el compresor.

4.- El ruido puede ser producido por la vibración de los tubos o por la existencia de armónicos. Deslizar la mano por el tubo refrigerante, en especial por la parte en que hay un lazo antes de alcanzar el compresor. En el sitio donde al tocar con la mano desaparece el ruido, fijar el tubo al componente fijo más cercano a una escuadra.

E) Refrigeración insuficiente

1.- Verificar en primer lugar si los serpentines del evaporador o del condensador están sucios. Incluso una capa de polvo muy ligera puede entorpecer la transferencia de calor en estos elementos vitales. Eliminar todo el polvo con un aspirador. Verificar si el ventilador del condensador funciona, si no es así, se reemplaza completamente.

2.- La circulación de un exceso de vapor sobrecalentado por el evaporador tendrá como consecuencia una refrigeración insuficiente. Buscar fugas de refrigerante en el sistema. Estas unidades con válvula de expansión se requiere el ajuste de válvulas, la adición de refrigerante o ambas operaciones. Verificar si el nivel del refrigerante está bajo.

F) Condensación

1.- La condensación en la línea de admisión indica que en el sistema hay un exceso de refrigerante. Esto se corrige ajustando la válvula de manera que se admita menos refrigerante en el evaporador. Esto aumenta la longitud del recorrido del vapor sobrecalentando al final del evaporador.

IV.2.2.1. CARGA DE ACEITE EN REFRIGERADOR COMERCIAL

Para introducir aceite al equipo debe de procederse en forma similar como se hace en el refrigerador doméstico, utilizando en este caso el servicio que ofrece la válvula de baja. También puede introducirse a presión por el tapón de carga.

IV.2.2.2. VACÍO Y CARGA EN REFRIGERADOR COMERCIAL

El hecho de tener que ensamblar estos equipos en lugar de uso, obliga a efectuar el vacío previo a su carga, además en un caso de servicio necesario.

Estos equipos son accionados a veces por dos válvulas, de alta y de baja, en el compresor. La válvula de paso se encuentra a la salida del depósito. La válvula de servicio de baja permite el acceso al sistema, lo cual facilita su servicio y la adaptación permanente del presostato al mismo. Convencionalmente, los compresores sólo tienen válvula de servicio de baja, **figura 57**.

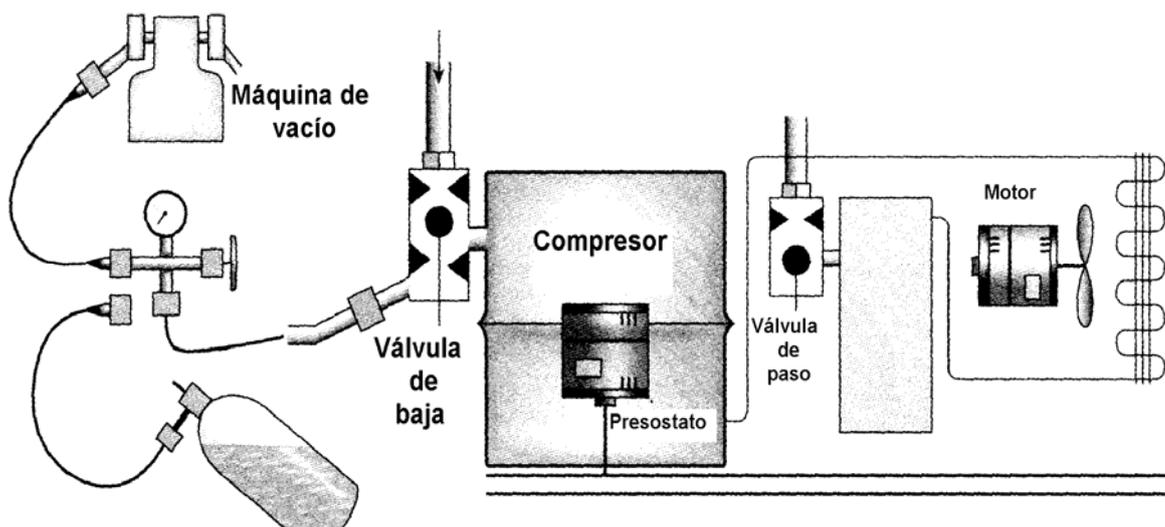


Figura 57. Vacío y carga de un refrigerador comercial.

El vacío se opera en la misma forma que se hace con el refrigerador doméstico, con algunas variaciones; desde luego, la válvula ofrece el acceso al ciclo retirando el presostato (que debe puentearse).

Se emplea el manómetro y la máquina de vacío para efectuar el vacío en forma convencional. La válvula de baja se debe manejar tomando en cuenta que cierra tanto el acceso del ciclo al exterior, como el paso de alta al compresor, y facilita el acceso al mismo, al sistema (tubo de alta) y al exterior (tres pasos). Cuando se dispone de válvulas de alta puede efectuarse el vacío con el mismo compresor.

Una vez efectuado el vacío y sin presencia de fugas puede cargarse el refrigerante en estado de gas con la bombona en la posición vertical. Para ello se efectúa una carga controlada con 20 lb de presión en baja (freón 12). La carga demora el tiempo necesario para equilibrar el ciclo. El gas aspirado por el compresor de la bombona circula por la válvula de expansión termostática, provocando un silbido característico al circular gas por ella; al aumentar la carga se logra la presión de condensación suministrando primero una pequeña cantidad de líquido al evaporador, lo cual se manifiesta con baja presión y temperatura en la válvula de expansión, la que se escarcha exteriormente. Al continuar la carga el evaporador empieza a enfriar, y la válvula pierde la escarcha cuando logra su presión normal de funcionamiento.

Ya calibrado el amperaje normal (de placa), con el evaporador totalmente frío y manteniendo las puertas cerradas, se estima la carga efectuada y se cierra el manómetro y la bombona. Luego se llena normalmente el gabinete con mercancía, encendiendo la luz interior y cerrando las puertas.

Para desconectar el manómetro se cierra la válvula girándola hacia atrás, y se reemplaza por el presostato, al cual debe eliminársele el puente y tener la graduación correspondiente. Para que el presostato actúe en el ciclo como control de temperatura debe girarse la válvula media vuelta adelante, en esta forma se controla la presión de baja sin perjudicar el paso de gas al compresor.

Debe esperar un día de funcionamiento como prueba y observar los resultados. Si enfría poco, bajar la lectura del cut in. A la inversa, si enfría mucho, subirla, siempre en forma adecuada (sin mover el cut out).

Cuando se instala un manómetro en la válvula de baja será necesario abrirlo de forma que la lectura en el dial (manómetro) no oscile.

IV.2.2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO A REFRIGERADOR COMERCIAL

Actividad	Frecuencia
Revisar visualmente la tensión de las bandas.	Trimestral
Checar tensión y corriente.	Semanal
Checar el nivel de aceite del compresor y mantenerlo en la marca de la mirilla.	Mensual
Revisar que los sellos no presenten fugas de aceite.	Mensual
Checar flujo de refrigerante en la mirilla de cristal.	Mensual
Checar visualmente el balanceo de las aspas de los ventiladores tanto del condensador como del evaporador.	Mensual
Revisar cerraduras y chapas de cámaras.	Semestral
Revisar que tuercas y tornillos de anclaje estén apretados.	Semestral
Limpieza exterior de unidad de condensación, incluyendo motor, arrancador y cajas de controles.	Mensual

Revisar el buen funcionamiento de control de presión (presostato).	Mensual
Comprobar el estado de cojinetes y rodamientos, poniendo especial cuidado en calentamientos, nivel de grasa y vibraciones, lubríquense.	Semestral
Ver que las bandas transmisoras tengan la tensión y medida adecuada, que se encuentren alineadas, y que no presenten grietas, deshilachaduras, endurecimiento o una elasticidad excesiva. Si es necesario el cambio de bandas, no deben usarse bandas nuevas y usadas en un mismo juego.	Trimestral
Comprobar que cables, bobinas, arrancadores magnéticos y conexiones del sistema eléctrico estén en buen estado, ver que no existan conexiones flojas o sucias. Verificar que los platinos no estén flameados y sucios, tanto del presostato como de los arrancadores magnéticos.	Semestral
Limpiar, engrasar y lubricar las partes mecánicas de la unidad.	Anual
Aplicar barniz aislante líquido a devanado del estator y rotor del motor.	Anual
Checar el ajuste de las válvulas de expansión termostática.	Anual
Cambio de aceite al compresor.	Anual
Inspección de cuñas y cuñeros de motor y compresor.	Anual
Checar alta y baja presión del sistema.	Semestral.

CONCLUSIONES

El presente trabajo desarrollado, me ha permitido comprender la importancia de tener conocimientos teóricos primordiales necesarios de termodinámica para conocer y desarrollar gradualmente el ciclo de refrigeración por compresión mecánica, así como el mantenimiento que se le debe dar al refrigerador en general para que tenga una vida útil mayor de rendimiento.

El mantenimiento periódico a cualquier área de trabajo con base a inspecciones necesarias de acuerdo al uso que se le dé, se demuestra que es un sistema favorable de prevención que reduce considerablemente el número de reparaciones, ya que en muchas ocasiones, que al principio parecen de una importancia insignificante de poner atención a fallas pequeñas y que se convierten después en serios problemas, con la consecuencia desfavorable de obtener una destrucción parcial o total.

La inspección, ya sea semanal o mensual que se consideraría muy simples y rápidos exámenes en algunos casos para algunas personas, no se debería de considerarse así, sino que deben ser verdaderas comprobaciones a fondo que demuestren de si el equipo funciona o no perfectamente, y si hay señales de defectos que puedan ser perjudiciales más adelante para el equipo.

Un conocimiento de un poco de teoría y el funcionamiento del equipo es de gran ayuda para poder comprender lo que puede estar provocando la falla al equipo de refrigeración y su uso adecuado, también es importante leer el manual de usuario que viene con el equipo para su correcto uso y mantenimientos mínimos que se soliciten en dicho manual.

También se concluye que este trabajo sirva para las futuras generaciones que vienen en camino de ingeniería mecánica eléctrica, ya que aquí se puede adquirir una idea de lo que es posible encontrar en la industria de la refrigeración para laborar.

Para finalizar, la realización del contenido de dicho trabajo no es de intención de un manual, si no que está ideado como un medio de aproximación para poder comprender algunos conceptos fundamentales de un sistema de refrigeración para su reparación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

K. C. Rolle
Termodinámica.
Interamericana. 2ª edición. México 1984.

Roy J. Dossat
Principios de Refrigeración
CECSA

Pietro Manzini Dimeco
Refrigeración Comercial, Doméstica, Industrial y Aire Acondicionado
Trillas

José Alarcón Creus
Tratado Práctico de Refrigeración Automática
Marcombo 12ª edición

P. J. Rapín
Instalaciones Frigoríficas Tomo 2
Marcombo, Boixerau Editores

Pierre Rapín y Patrick Jaquard
Formulario Del Frío
Alfaomega Marcomco

R. Warren Marsh y C. Thomas Olivo
Principios de la Refrigeración
Diana

William C. Whitman y William M. Johnson
Tecnología de Refrigeración y Aire Acondicionado Tomo 2
Marcombo

Salih O. Duffuaa, A. Raouf y John Dixon Campbell
Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control
Limusa Willey

Luís Navarro Elola, Ana Clara Pastor Tejedor, Jaime M. Mugaburu Lacabrera
Gestión Integral de Mantenimiento
Marcombo

José Hernández Valadez
Manual de Refrigeración Doméstica
Trillas.

Paul f. Goliber
Mantenimiento y reparación de refrigeradores
Diana

MESOGRAFÍA

<http://www.monografias.com/trabajos11/presi/presi.html>