

MANTENCION Y REPARACION

EDICIONES **DATA-CENTER** ®



Manual Versión Digital ® MANTENCION Y REPARACION



DATA-CENTER

VENTA EN ARGENTINA Y LATINO AMERICA

WWW.MERCADOLIBRE.COM.AR / WWW.DEREMATE.COM.AR

DATA-CENTER DESARROLLO DE SERVICIOS Y PROYECTOS DIGITALES ®

INACAP®

Mantenimiento y Reparación de Sistemas de Refrigeración

ÁREA CONSTRUCCIÓN Y URBANISMO

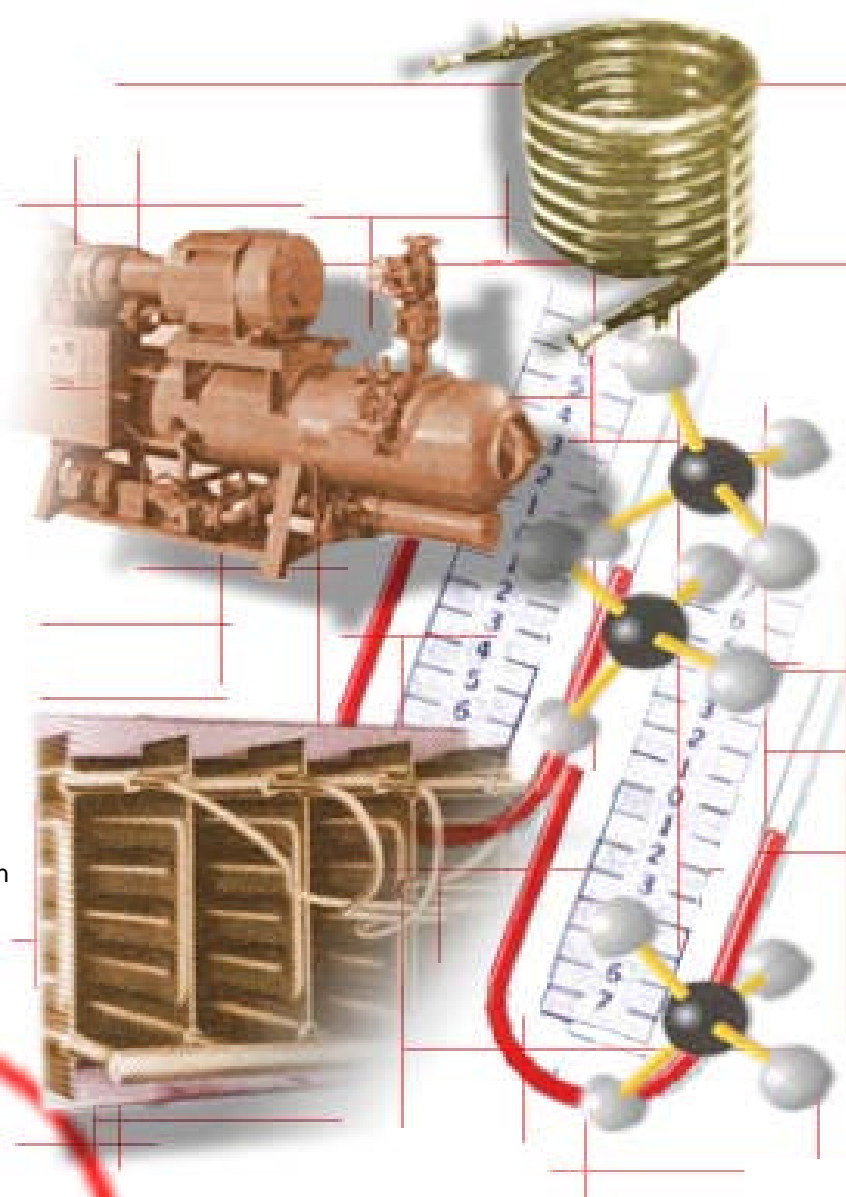
Edición N°1

Lugar de Edición
INACAP Capacitación

Revisión N°0

Fecha de Revisión
Noviembre 2001

Número de Serie
MAT-0900-34-018



Í N D I C E

CONTENIDOS

PÁGINA

■ CAPÍTULO I FÍSICA DEL CALOR	3
■ COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA	3
■ CAPÍTULO II PRINCIPIOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN 7	
■ TEMPERATURA	8
■ MEDIDA DE CALOR	9
■ CONCEPTO DE REFRIGERANTE	10
■ CICLO TEÓRICO DE COMPRESIÓN DE VAPOR	11
■ EVAPORADORES	12
■ CAPÍTULO III SISTEMAS DE DESHIELO	14
■ COMPRESORES	16
■ CONDENSADORES	19
■ CAPÍTULO IV RESPONSABILIDAD DE UN OPERADOR	24
■ OPERACIÓN EFICIENTE	25
■ RECOMENDACIONES PARA PLANTAS CON AMONÍACO	27
■ CAPÍTULO V PRIMEROS AUXILIOS	29
■ NUEVOS REFRIGERANTES	30
■ SICROMETRÍA	31
■ TERMINOS BÁSICOS	32

CONTENIDOS

PÁGINA

■ CAPÍTULO VI SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	35
■ DIAGRAMA PRESIÓN ENTALPÍA	36
■ MODELOS DE CÁLCULO PARA DIAGRAMAS P- H	38
■ TECNOLOGÍA FRIGORÍFICA	40
■ CARGA DEL SISTEMA	45
■ VERIFICACIÓN DE LA CARGA	46
■ CAPÍTULO VII PROPIEDADES DE LOS ACEITES EMPLEADOS EN REFRIGERACIÓN	47
■ EL NUEVO / ANTIGUO REFRIGERANTE AMONÍACO	49
■ ANEXO 2	56
■ RECOMENDACIONES GENERALES	60
■ ANEXO 4	65

CAPITULO I / FÍSICA DEL CALOR

COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA

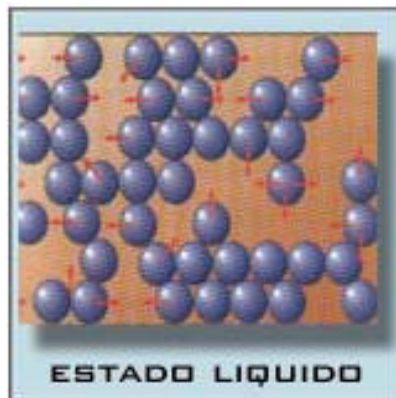
ESTADOS DE LA MATERIA

Toda la materia conocida, existe en una de las tres formas físicas o estados: sólida, líquida o gaseosas. Hay marcada diferencia entre estos estados físicos a saber:

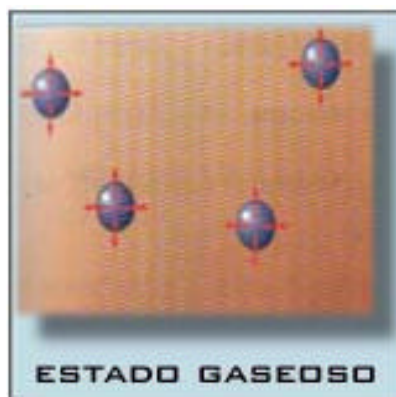
- La materia en estado sólido mantiene su cantidad, forma y dimensiones físicas.
Un M3 de madera conserva su peso, tamaño y formas aún si se mueve de un lugar a otro.



- La materia en estado líquido, mantiene su cantidad y tamaño pero no su forma.



- La materia en estado gaseoso, no tiene una tendencia a retener ni el tamaño ni la forma.



MOVIMIENTO MOLECULAR

Toda la materia se compone de pequeñas partículas llamadas moléculas y la estructura molecular de la materia puede posteriormente romperse en átomos.

Cuando se aplica energía calórica a una sustancia, se incrementa la energía interna de las moléculas, lo cual aumenta su desplazamiento o velocidad de movimiento; hay también un incremento en la temperatura de la sustancia.

Cuando se retira calor de una sustancia se presenta una disminución en la velocidad de movimiento molecular y también un descenso en la temperatura de la sustancia.

CAMBIO DE ESTADO

Cuando una sustancia sólida se calienta, el movimiento molecular es principalmente en la forma de rápido movimiento vibratorio, no desplazándose nunca las moléculas de una posición normal u original.

Pero en alguna temperatura dada, para una sustancia en particular, la adición posterior de calor, no necesariamente incrementará el movimiento molecular dentro de la sustancia; en su lugar, el calor adicional causará que algún sólido se fusione (cambio a líquido). Así el calor adicional causa un cambio de estado en el material.

Cambio de estado

CAMBIO DE A	NOMBRE
GAS A LÍQUIDO	CONDENSACIÓN
GAS A SÓLIDO	SUBLIMACIÓN INVERSA
SÓLIDO A GAS	SUBLIMACIÓN
LÍQUIDO A GAS	EVAPORACIÓN
LÍQUIDO A SÓLIDO	SOLIDIFICACIÓN
SÓLIDO A LÍQUIDO	FUSIÓN

Es así como el calor puede cambiar la temperatura y el estado de las sustancias y también puede ser absorbido aún cuando no exista cambio de temperatura, como cuando un sólido cambia a líquido o cuando un líquido se cambia a vapor. Cuando el vapor se vuelve líquido, y cuando el líquido vuelve a transformarse en sólido se despiden la misma cantidad de calor.

El ejemplo más común de este proceso es el agua, que existe como líquido y que puede existir como sólido en forma de Hielo y como Gas cuando se transforma en Vapor.

Como hielo, es una forma de Refrigeración, absorbiendo calor mientras se derrite a una temperatura constante de 0°C. Si se coloca agua en un recipiente abierto y se pone al fuego, su temperatura aumentará a la temperatura de ebullición o sea 100°C al nivel del mar.

Sin importar la cantidad de calor aplicado, la temperatura no puede subir de 100°C, porque el agua se estaría evaporando constantemente.

Si este vapor pudiera ser retenido en el recipiente evitando la ebullición y se continuara agregando calor, entonces la temperatura podría nuevamente aumentarse. Obviamente, el proceso de evaporación o ebullición estará absorbiendo el calor y manteniendo la temperatura a 100°C.

Cuando el vapor se condensa nuevamente formando agua, desprende exactamente la misma cantidad de calor que absorbió al evaporarse.

Si el agua se congela, debe extraerse la misma cantidad de calor que fue absorbida en el proceso de descongelamiento por medio de algún proceso para la congelación.



CAPÍTULO II / PRINCIPIOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN

Generalmente los usuarios confunden la palabra refrigeración con frío y con enfriamiento; sin embargo, la práctica de ingeniería de refrigeración, trata casi enteramente con la transmisión de calor.

Esta aparente paradoja es uno de los conceptos fundamentales que deben ser comprendidos para entender la operación de un sistema de refrigeración.

CALOR

El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de Calor; por ejemplo, la energía Mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor. Calor es frecuentemente definido como energía en transito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose desde cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. La mayor parte del calor en la tierra se deriva de las radiaciones del Sol.

Una cuchara sumergida en agua helada pierde su calor y se enfría; una cuchara sumergida en café caliente absorbe el calor del café y se calienta. Sin embargo, las palabras "Más Caliente" y "Más Frío", son solo términos comparativos.

Existe calor a cualquier temperatura arriba del cero-absoluto, incluso en cantidades extremadamente pequeñas. Cero-absoluto es el término usado por los científicos para describir la temperatura más baja que teóricamente es posible lograr, en el cual no existe calor, y que es de -273°C . La temperatura más fría que podemos sentir en la tierra es mucho más alta en comparación con esta base.

■ TEMPERATURA



La temperatura es la escala usada para medir la densidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro.

En algunos países, la temperatura se mide en grados Fahrenheit (°F), pero en nuestro país, y generalmente el resto del mundo, se usa la escala de Grados Centígrados, algunas veces llamadas Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar.

Al nivel del mar, el agua se congela a 0°C o a 32°F y hierve a 100°C o a 212°F. La relación existente entre las escalas Fahrenheit y Centígrados se establece con la siguiente fórmula:

$$\text{Centígrados} - 0.55 * (\text{Fahrenheit} - 32)$$

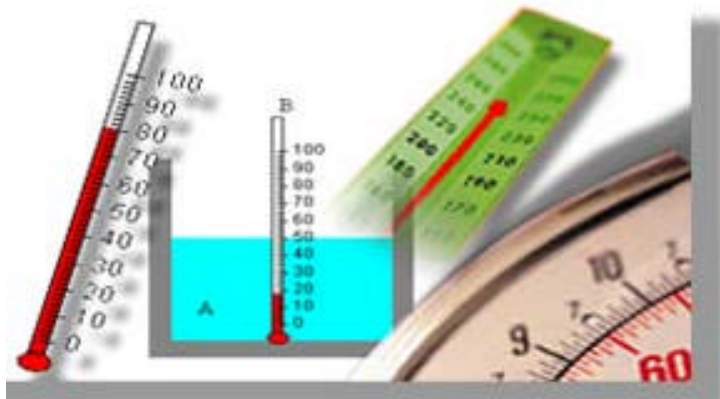
$$\text{Fahrenheit} - 1.8 * (\text{Centígrados}) + 32$$

COMPARACIÓN DE LAS ESCALAS DE TEMPERATURA

ESCALA FAHRENHEIT
ESCALA CENTÍGRADOS

■ MEDIDA DE CALOR

La medida de la temperatura no tiene ninguna relación con la cantidad de calor. Una llama de fósforos puede tener la misma temperatura que una hoguera, pero obviamente la cantidad de calor que despiden es totalmente diferente.



FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN

CONCEPTOS BÁSICOS

ENFRIAMIENTO

CALENTAMIENTO

PRODUCTO FRESCO

PRODUCTO CONGELADO

T° AMB 0°
T° CONG

Enfriamiento	- Proceso en el cuál se disminuye la temperatura.
Calentamiento	- Proceso en el cuál se aumenta la temperatura.
Producto Fresco	- Producto blando, para consumo directo. Duración mínima.
Producto Congelado	- Producto duro, se extiende su duración
T° Amb	- Temperatura ambiental
T° Cong	- Temperatura de Congelación

■ CONCEPTO DE REFRIGERANTE

Como refrigerante se entiende todo aquel fluido que se utiliza para transmitir el calor en un sistema frigorífico y que absorbe el calor a bajas temperaturas y presión, y lo cede a temperaturas y presión más elevada, generalmente con cambios de estado fluido.

Los refrigerantes se identifican por su fórmula química o por una denominación simbólica numérica; no es suficiente identificarlos sólo por su nombre comercial.

Los refrigerante se clasifican en tres grupos según su grado de seguridad o peligrosidad. El criterio que se sigue para ello es el siguiente :



A- GRUPO PRIMERO

Comprende los refrigerante que no son combustibles y que poseen una acción tóxica muy pequeña o nula.

B.- GRUPO SEGUNDO

Comprende los refrigerantes que son Tóxicos o corrosivos, o que al combinarse con el aire, en una proporción 3,5% o más en volumen, puedan formar una mezcla combustible o explosiva

C.- GRUPO TERCERO

Comprende los refrigerantes que, al combinarse con el aire en proporciones inferior al 3,5% en volumen, pueda constituir una mezcla combustible o explosiva.

CONCEPTO DE CARGA TÉRMICA

Para mantener fría una cámara y todo lo que está contenida en ella, es necesario extraer el calor inicial y después el que pueda ir entrando a la Cámara, por bien que esté.

El requerimiento total de refrigeración, Q_{total} , puede establecerse como sigue:

$$Q_{total} = Q_{otras\ fuentes} - Q_{producto}$$

En la anterior expresión, los términos del segundo miembro tienen el siguiente significado:

$Q_{producto}$ – Representa el calor que entregan los productos que se desean refrigerar.

$Q_{otras\ fuentes}$ – Representa las ganancias de calor por concepto de las paredes, las aberturas, el calor producidos por la manipulación, las luces, los ventiladores.

■ CICLO TEÓRICO BÁSICO DE COMPRESIÓN DE VAPOR

Para estudiar un sistema de refrigeración o de producción de frío, es preciso fijarse en e comportamiento del refrigerante y mediante qué elementos se produce la variación de las características físicas para llevar a cabo el proceso.

Inicialmente y de forma muy esquemática los elementos principales que intervienen en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor son los que se representan en la figura.

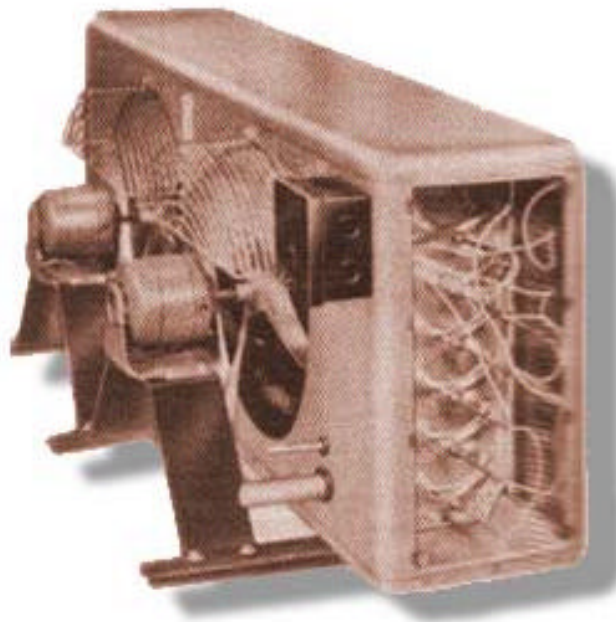
En el proceso tienen lugar dos fenómenos con balance de calor:

- La evaporación de un refrigerante en estado líquido produce la absorción de calor o, lo que es lo mismo, baja la temperatura en el recinto o cámara donde se encuentra, produciendo sensación de frío.
- La condensación del Vapor de un refrigerante se produce mediante una cesión de calor al ambiente, lo cual se traduce en una elevación de temperatura del mismo.

Este proceso es continuo y depende de las condiciones que los elementos que configuran la instalación impongan al refrigerante, de modo que pueda seguirse desde cualquier punto

FIGURA N° 1 Circuito elemental de una instalación frigorífica por compresión de vapor

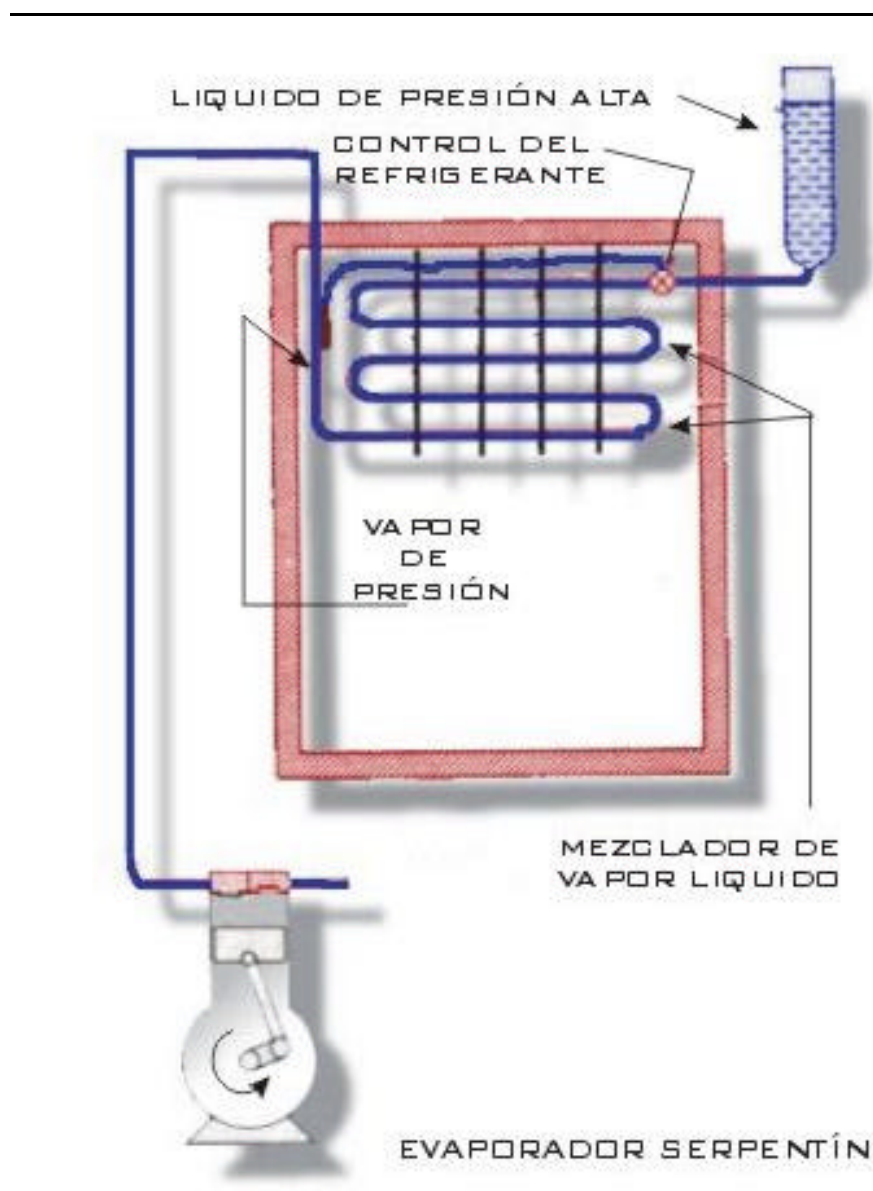
■ EVAPORADORES



**EVAPORADOR CON
DESHIELAMIENTO ELÉCTRICO**

El evaporador es un aparato destinado a la producción de frío en el interior de un recinto mediante la absorción de calor del mismo, utilizando para ello la vaporización de un líquido.

El evaporador es el elemento que proporciona finalmente la temperatura necesaria para la conservación de los productos, mediante el cambio de estado en su interior de un determinado líquido o refrigerante, a una presión y temperaturas dadas.



CAPITULO III / SISTEMAS DE DESHIELO

El vapor de agua que se halla en suspensión en el aire que atraviesa el evaporador, cuyas temperaturas son inferiores a la de la cámara, si están por debajo de los cero grados se deposita en forma de escarcha sobre las paredes del evaporador.

Además de las aperturas con las consiguientes entradas de aire caliente y húmedo, los productos almacenados despiden también humedad, cristalizando el hielo y llegando a impedir el paso del aire, ya que al convertirse en un medio menos conductor, dificulta la debida transmisión térmica.

Todo esto contribuye a que, al descender la temperatura del refrigerante en ebullición en el interior del evaporador, disminuya la producción frigorífica, aumente el tiempo de funcionamiento de los compresores y se eleve el grado de humedad. Por ello, es necesario realizar periódicamente el descharchado de los evaporadores. Para descarchar el hielo formado a la temperatura que se encuentra en los evaporadores de una cámara de conservación es preciso valerse de aportaciones de calor suplementarias para fundirlo.

Los medios más utilizados en la refrigeración comercial e industrial son los siguientes :

- Por agua.
- Por elementos de calefacción eléctrica.
- Por gas caliente procedente de la descarga del compresor.

El primero de los sistemas se realiza por pulverización de agua. Una lluvia de agua a presión sobre las capas de hielo acumulada en las aletas del evaporador, funde el hielo y limpia el evaporador. Es un sistema que se emplea cuando la temperatura de evaporación no es muy baja (por encima de los 4°C), y es un buen método cuando el sistema de condensación es por agua, ya que así puede aprovecharse el agua recalentada que sale de los condensadores.

El ciclo que se produciría en un circuito frigorífico ideal sobre el diagrama Presión – entalpía de cualquier refrigerante. Sobre las abscisas se representa la entalpía del refrigerante en Kcal/Kg y sobre las ordenadas la presión Manométrica en Psi o Kg/cm².

El diagrama es conocido para cada refrigerante, y su principal elemento característico es la curva de saturación del mismo.

Situémonos en el punto N° 1 antes de la válvula de expansión, previa al evaporador, en que el refrigerante se encuentra en estado líquido a una cierta presión; su paso al evaporador se controla mediante una válvula automática denominada EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA cuyo funcionamiento está regulado por la temperatura y por la presión.

Dicha válvula produce una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía en el punto 1 a la salida del condensador hasta la existente a la entrada del evaporador.

La válvula es el regulador automático de los límites entre los que se denomina parte de alta presión y parte de baja presión, presiones entre las cuales la válvula se ve forzada a trabajar.

Esta bajada de presión en el evaporador hace que el refrigerante hierva y se produzca su evaporación, auxiliado por la cantidad de calor que absorbe del recinto en que se encuentra, a través del aire del mismo y transfiriéndolo al líquido, que se va transformando en vapor en el interior de los tubos del serpentín hasta que se evapora completamente, punto 3.

El refrigerante, en forma de gas, entra en el compresor por la tubería denominada de aspiración o succión, a través de la válvula de aspiración (semejante a los cilindros de un automóvil). Aquí el refrigerante es comprimido aumentando por ello su presión y su temperatura hasta llegar al punto 4 en cuyas condiciones fluye hasta la entrada del condensador, punto 5.

La válvula de salida del cilindro del compresor actuará de retención, impidiendo que el gas regrese hacia el mismo.

En el condensador, mediante la acción de un fluido exterior (Aire, Agua o ambas a la vez), se extrae el calor al gas refrigerante, lo cual produce un enfriamiento del mismo favoreciendo su condensación hasta alcanzar el estado líquido; a partir de aquí es impulsado de nuevo por la tubería hacia la válvula de expansión, punto 1, donde se repite el ciclo explicado.

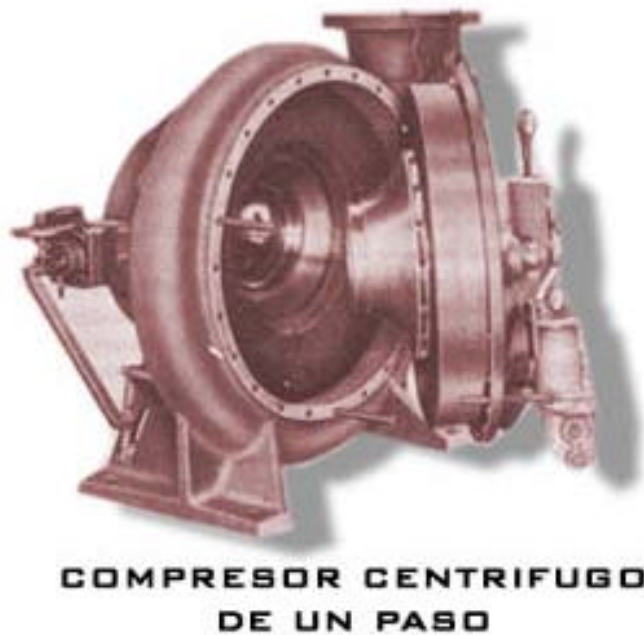
Como puede observarse, en el proceso existen varias temperaturas diferentes, lo cual hace que el estado del refrigerante sea distinto en varios puntos; por ejemplo, se obtiene líquido sub-enfriado y saturado, por vapor saturado sobre-calentado, como se verá en el ciclo real.

No obstante, en principio sólo hay dos presiones perfectamente diferenciadas, que son las que corresponden a la evaporación y a la condensación.

Es por ello que puede hablarse del LADO DE ALTA PRESIÓN y del LADO DE BAJA PRESIÓN de una planta o instalación frigorífica, como puede observarse en la figura 1 y 3

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

■ COMPRESORES



Existen varios tipos básicos de compresores y marcas. De la clasificación de compresores, se puede definir según:

Uso en:

- Refrigeración doméstica.
- Refrigeración comercial.
- Refrigeración Semi-industrial.
- Refrigeración industrial.

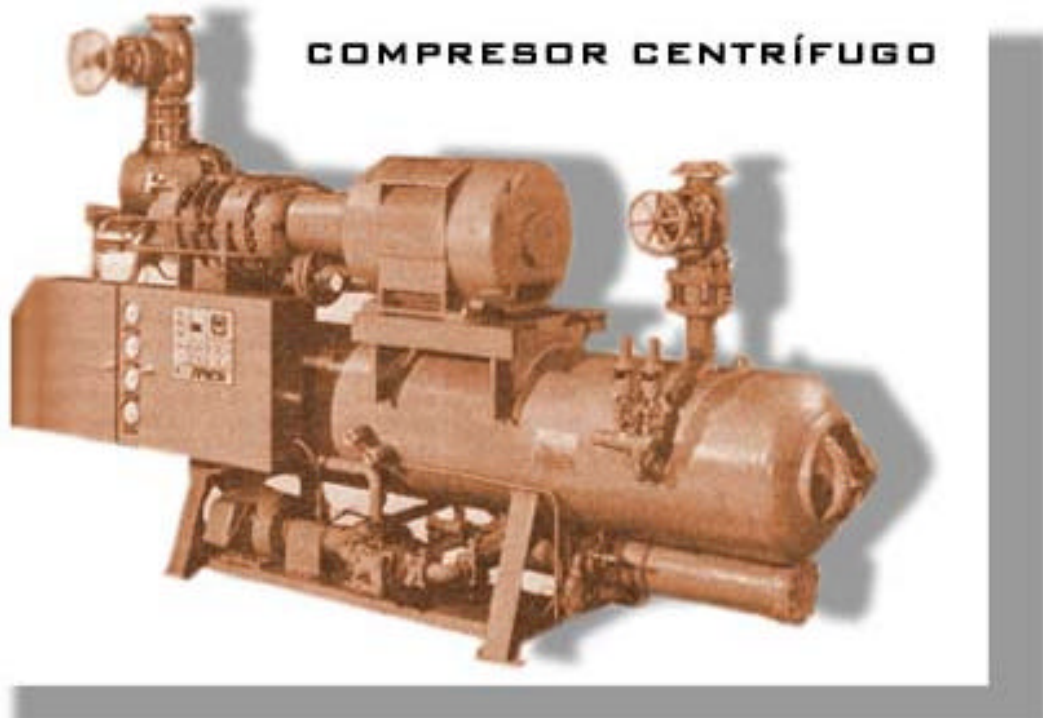
Sistemas en:

- Compresor Alternativo Hermético.

- Compresor Alternativo Semi- Hermético.
- Compresor Alternativo Semi- Abierto.
- Compresor Alternativo Abierto o Alternativo.
- Compresor Tornillo.

La base de funcionamiento es la misma en donde se busca la transformación de energía eléctrica en energía mecánica.

COMPRESORES ALTERNATIVOS



Se basan en la transformación de un movimiento rotativo en otro alternativo, semejante a los motores de combustión interna pero en sentido inverso.

A pesar de tener como inconveniente las pérdidas energéticas debidas a la transformación del movimiento, con las consiguientes limitaciones de la velocidad, las máquinas alternativas, principalmente las poli cilíndricas, han alcanzado gran implantación, utilizándose en instalaciones cuyos requerimientos de desplazamiento volumétrico son de hasta 1500 m³/h aproximadamente.

Puede decirse, pues, que a pesar de todo resultan insustituibles en instalaciones de mediana y elevada capacidad, debido a su gran flexibilidad y precio acomodado.

Los compresores alternativos pueden clasificarse en función de sus principales características físicas, constructivas o funcionales.

Así pues se puede hablar de compresores alternativos en función de:

- Tipo de construcción (Abierto, cerrado, semihermético).
- Su forma (Horizontal, vertical, V, etc).
- Número de compresiones (una o dos etapas).

Está claro, pues, que para definir un compresor alternativo deberán especificarse cada una de estas características, dado que el número de combinaciones posible resulta elevado.

La construcción en V disminuyó el tamaño unitario de los cilindros y aumentó su número, lo cual representó un aumento de la velocidad de rotación sin incrementar la velocidad lineal del pistón, acortando las dimensiones de su carrera.

El empleo de varias líneas de pistones en V ha supuesto cierta evolución, llegándose a construir compresores con 16 cilindros.

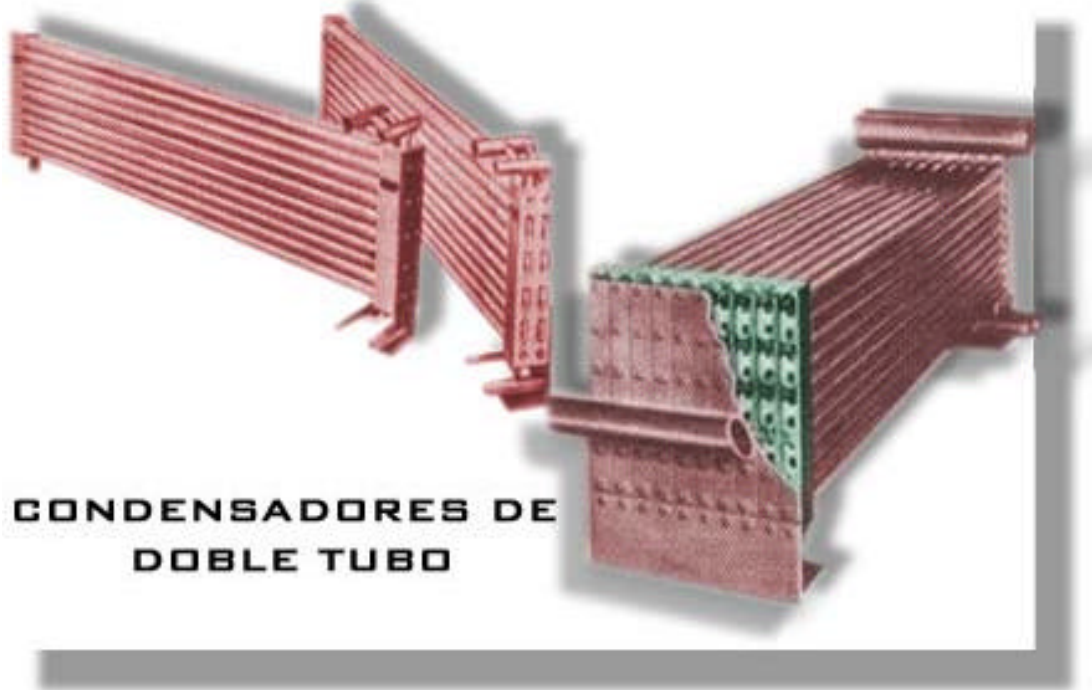
Los compresores de cárter abierto tenían separados la parte de cilindro-pistón de la del conjunto biela y árbol manivela. La estanqueidad se aseguraba mediante un prensa-estopas.

Con objeto de eliminar el prensa-estopas se colocó el motor en el interior del cárter, con lo que se llegó al compresor de cárter hermético.

Las válvulas en la mayoría de compresores alternativos, se encuentran al final del cilindro, entrando los mayores en el mismo de arriba a abajo en la admisión y comprimiéndose de abajo a arriba, es decir el flujo es alternativo.

Si la aspiración se realiza a través del pistón con el cilindro con aberturas en comunicación con la aspiración, en la fase de aspiración el pistón crea una depresión en el cilindro, abriéndose la válvula de aspiración, que se halla en la parte superior del pistón, y el vapor entra de abajo a arriba. Al comprimir el gas, se hace igualmente de abajo a arriba y el flujo se denomina continuo.

■ CONDENSADORES



CONDENSADORES ENFRIADOS POR AIRE

El condensador más comúnmente usado es el tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor al aire ambiente. A excepción de unidades domésticas muy pequeñas, las cuales dependen de la circulación del aire ambiente por gravedad, la transferencia de calor se lleva cabo de modo eficaz forzando grandes cantidades de aire a través del condensador.

Los condensadores enfriados por aire son fáciles de instalar, baratos de mantener, no requieren agua y no tienen peligro de congelación en tiempo de mucho frío, sin embargo, es necesario un suministro de aire fresco y el ventilador puede crear problemas de ruido en grandes instalaciones.

En regiones muy cálidas la temperatura relativamente elevada del aire ambiente puede producir presiones elevadas de condensación; sin embargo, si la superficie del condensador es la adecuada puede ser utilizada satisfactoriamente en todo tipo de clima.

Han sido utilizados con mucho éxito durante muchos años en áreas cálidas y secas en donde el agua es escasa. Y dado el incremento en la escasez de agua en áreas densamente habitadas, el empleo de los condensadores enfriados por aire se aumentará sin duda en el futuro.

El aire al ser forzado a través del condensador absorbe calor y eleva su temperatura. Por consiguiente en el serpentín, de todos modos son frecuentemente empleados serpentines de hasta 8 hileras de profundidad.

Las aspas de succión que arrastran el aire a través del condensador, resultan más apropiadas por establecer un flujo de aire uniforme que las aspas del tipo de descarga. El tipo de aspas de succión se prefiere normalmente puesto que una distribución uniforme del aire aumenta la eficacia del condensador.

La mayoría de los sistemas de refrigeración enfriados por aire que funcionan en bajas temperaturas de ambiente son susceptibles a sufrir deterioro debido a presiones de descarga anormalmente bajas, a menos que se establezcan medios adecuados para mantener normal la presión de descarga. Esto sucede especialmente en unidades de vehículos refrigerados estacionados en el exterior o en garajes sin calefacción.

La capacidad de los dispositivos de control de refrigeración (Válvula de Expansión) depende de la diferencia de presión a través del dispositivo.

Dado que éstos están seleccionados para la capacidad deseada con presiones de funcionamiento normales, la anormalmente baja presión de descarga que reduce la diferencia de presión a través de la válvula de expansión, puede motivar un flujo de refrigerante insuficiente, causando una mala alimentación de refrigerante al evaporador y produciendo escarcha en el serpentín evaporado.

La baja velocidad del refrigerante y, posiblemente, la baja presión del evaporador, permite que el aceite se asiente y quede atrapado en él, motivando en ciertas ocasiones la escasez de aceite en el carter del compresor.

CONDENSADORES ENFRIADOS POR AGUA

Cuando se encuentra disponible de agua de condensación adecuada a bajo costo, son preferibles los condensadores enfriados por agua dado que tienen presiones de condensación más bajas y es posible un mejor control de la presión de descarga.

El agua, especialmente de manantiales, es generalmente mas fría que la temperatura del aire durante el día. Si se utilizan torres de enfriamiento, la temperatura del agua de condensación puede ser bajada a un punto muy cercano a la temperatura del bulbo húmedo. Esto permite la continua recirculación de agua de condensación y reduce el consumo de ésta al mínimo.

Normalmente el agua se desplaza a través de tuberías o serpentines en el interior de una carcasa sellada en la que se descarga el gas caliente procedente del compresor.

Una vez condensado el refrigerante, éste puede salir por la línea de líquido siendo de este modo innecesario el empleo de un recipiente separado.

Una válvula de control de agua modulada con un elemento sensible a la presión o a la temperatura puede ser utilizada para mantener las presiones de condensación dentro de la gama deseada mediante el aumento o disminución del flujo de agua según sea necesario.

Los circuitos de agua de enfriamiento en compresores con camisas de agua y en condensadores enfriados por agua puede instalarse en serie o en paralelo según lo requiera cada aplicación en particular. El empleo de conexiones en paralelo produce una menor caída de presión a través del circuito y puede ser necesario cuando el aumento en la temperatura del agua de enfriamiento debe mantenerse al mínimo.

En ocasiones los condensadores se deterioran por la excesiva velocidad del agua o por la excesiva velocidad del agua o por la cavitación de los tubos del condensador.

CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Los Condensadores de Evaporación se utilizan frecuentemente cuando se desean temperaturas de condensación inferiores a las que pueden obtenerse con condensadores enfriados por aire y en donde el suministro de agua no es adecuado para una intensa utilización.

El vapor de refrigerante caliente fluye a través de tuberías dentro de una cámara con rociadores de agua, en donde es enfriado mediante la evaporación del agua que entra en contacto con los tubos de refrigerante.

El agua que se expone al flujo del aire en una cámara con rociadores se evaporará rápidamente. El calor latente que se requiere para el proceso de evaporación se obtiene mediante una reducción en el calor sensible y, por consiguiente, mediante una reducción de la temperatura del agua. Una cámara de evaporación con rociadores puede reducir la temperatura del agua a un punto que se aproxima a la temperatura que puede obtenerse mediante el proceso de evaporación. El término temperatura del bulbo húmedo se deriva del hecho de que termómetro de mercurio de bulbo, expuesto a la temperatura

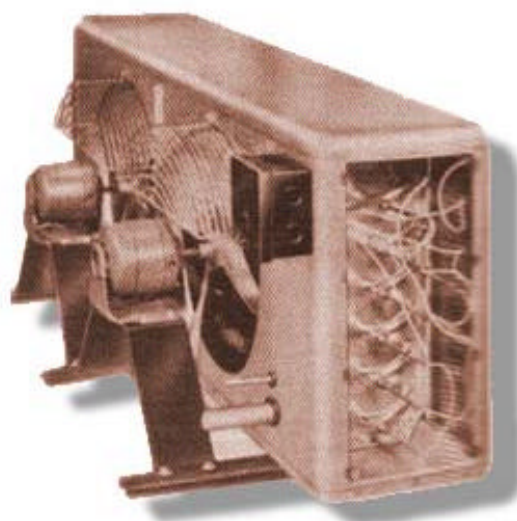
ambiente, indica el bulbo seco o la temperatura ambiente, mientras que si una mecha humedecida con agua se coloca en torno del bulbo de mercurio y se expone aun rápido movimiento de aire, la temperatura indicada por el termómetro será la temperatura del bulbo húmedo.

La diferencia entre las lecturas de bulbo seco y bulbo húmedo son determinada por la evaporación de la superficie húmeda de la mecha y ésta es proporcional al contenido de húmedo o presión del vapor contenido en el aire.

La temperatura del bulbo húmedo es siempre inferior que la temperatura del bulbo seco y, para un bulbo seco dado, entre menor sea el contenido de humedad del aire, menor será la temperatura del bulbo húmedo.

Puesto que el enfriamiento se realiza mediante la evaporación de agua, el consumo de agua es únicamente una fracción de la que se utiliza en sistemas de enfriamiento en los que el agua después de utilizarse se descarga a un drenaje. Los condensadores evaporativos son por consiguientes, muy utilizados en regiones de las que son áridas y calientes

EVAPORADORES



**EVAPORADOR CON
DESHIELAMIENTO ELÉCTRICO**

Los tubos lisos son de acero cuando se utiliza R-717 (Amoníaco) y se suelen encontrar en evaporadores de grandes capacidades. Para los refrigerantes fluorados se utiliza el cobre y suelen emplearse de forma unitaria en instalaciones de menores dimensiones, o bien de varios evaporadores.

Si a los tubos lisos se les coloca unas aletas o placas metálicas, soldadas o expandidas, a presión sobre los tubos, se consigue aumentar considerablemente la superficie de intercambio de calor.

Los tubos forman un serpentín y las distancias de separación entre ellos o de las aletas es variables, siendo en general mayor la densidad cuanto menor es la temperatura y viceversa, debido a la exigencia de circulación de aire; si las aletas están muy juntas se llenan de escarcha e impiden la circulación de aire. Para temperaturas bajas la separación de aletas puede oscilar de 2 a 3 aletas por pulgada y para temperaturas cercanas a los 0° C puede llegar a ser de 14 aletas por pulgada.

Si todo el líquido refrigerante que penetra en el evaporador se convierte completamente en vapor en el intervalo de tiempo que media desde que entra hasta que sale por el otro extremo, el refrigerante llegará a la tubería de aspiración del compresor en forma de vapor.

Para su funcionamiento suele utilizarse una válvula de expansión termostática que regula el paso del líquido de acuerdo con la aspiración del compresor de forma que sólo deja entrar la cantidad que puede ser vaporizada totalmente.

Para conseguir este efecto suele ser necesario un recalentamiento de unos 10°C aproximadamente o mayor en algunas ocasiones.

Cuando los evaporadores se llenan completamente de líquido refrigerante, se les denomina de tipo inundado. En este caso, el nivel del líquido se controla mediante una válvula de flotador que se cierra y no deja pasar más líquido cuando se alcanza el nivel fijado. Mediante este sistema se consigue aumentar el rendimiento del evaporador hasta en un 20% aproximadamente.

Otro tipo de evaporador es aquel que la circulación del refrigerante se controla regulando el caudal mediante una válvula fija que da paso a una bomba,

En este exceso de líquido, por lo que suelen llamarse de tipo Sobrealimentado; el exceso de líquido se separa del vapor, se recoge en un colector y se recircula de nuevo hacia el evaporador, en tanto el vapor es aspirado por el compresor. Cuanto mayor es el número de recirculaciones de líquido, mayor es el rendimiento del evaporador en general.

Hay que procurar que el aire que circula en el interior de la cámara recinto que se desea refrigerar, lo haga de forma adecuada, ya que su velocidad es esencial en los intercambios de calor entre el ambiente, los productos y el evaporador. El aire puede circular por simple convección natural asegurada por los gradientes térmicos que se producen en las distintas zonas.

La velocidad de movimiento en este caso es baja y sus efectos deshidratantes sobre las superficies de los productos, en particular los no empaquetados o envueltos, es mínima.

CAPITULO IV / RESPONSABILIDAD DE UN OPERADOR

El operador de Sala de Máquinas deberá estar familiarizado con toda la instalación de refrigeración de la cual él es responsable. Esto incluye la construcción, procedimientos de operación y mantenimiento de todo el equipo, especialmente del compresor. Deberá estar empapado acerca de la teoría de refrigeración y de la función del compresor.

El operador siempre deberá tener en cuenta que una operación segura y eficiente de la instalación es importante, para alargar la vida del equipo y mantener los costos de operación a bajo nivel, los cuales son puntos de vital importancia.

El operador debe conocer todos los sistemas de seguridad que son montados en el sistema, de manera de poder entender los problemas que se pueden suscitar y asegurar una operación segura. Las mayoría de estos dispositivos pueden ser chequeados en forma regular de manera de poder asegurar su funcionamiento en caso de fallas.

El orden de mantener programas exactos de mantención, deberá existir datos disponibles para diagnosticar cualquier problema, y es deseable abrir y mantener un libro de operaciones de el sistema, las condiciones de operación del sistema deberán ser registradas a cada hora, tal información deberá contener, temperaturas y presiones de succión y descarga, temperatura del medio ambiente, presión de aceite, etc.

El operador deberá prestar atención constante a los ruidos y niveles de vibración de tal forma que se pueda tomar las medidas adecuadas así dañar los equipos. Los chequeos periódicos se deben hacer de acuerdo con los manuales de servicio entregados por los fabricantes.

Cuando el compresor es paralizado por largo tiempo, se deberá tener cuidado de drenar completamente todo el agua de enfriamiento del sistema.



■ OPERACIÓN EFICIENTE

- Generalmente hablando, cuando más alta es la presión de succión, más alta la temperatura de evaporación y cuanto más baja la presión de descarga, más baja la temperatura de condensación. Estos son los factores que afectan la eficiencia, es conveniente obtener un pequeño rango de presión Descarga/Succión. Si este rango es alto, la operación del compresor será forzada y por consiguiente no podrá operar en forma segura. El rango máximo de presión Descarga/succión para el amoniaco es de 10 y para el freón es de 11.
- La presión de succión es determinada por el balanceo de la carga y capacidades del evaporador y compresor, la capacidad del evaporador es determinadas por la abertura de la válvula de expansión y por el área de transferencia de calor o altura del líquido en el evaporador.
- El ajuste del grado de abertura de la válvula de expansión y el nivel de líquido en el evaporador es llevado a cabo para lograr la más alta eficiencia. Si la compresión se torna húmeda, sin embargo, la presión de succión es elevada conforme la capacidad del compresor es reducida y la eficiencia de operación obviamente descenderá si la presión de succión cae y el flujo del refrigerante disminuye, existe demasiado aceite recolectado en el evaporador, o el evaporador se ha recubierto de una capa de escarcha o hielo.
- La presión de succión también puede caer debido a condiciones anormales tales como congelación de la humedad en la válvula de expansión, atoro de filtros por materias extrañas, etc.
- Generalmente, si el grado de gas de succión sobrecalentado es demasiado alto, la capacidad del evaporador decrecerá por insuficiencia en el abastecimiento de líquido, con 5°C para el amoniaco y 10°C para el freón son parámetros muy aconsejables para cualquier sistema.

- f) Cuando varios compresores se encuentran operando y si la carga es aligerada, disminuye el número de unidades operativas para lograr una operación con presión de succión baja, acorde a las horas de operación del compresor, necesarias para obtener la temperatura requerida y evitar temperaturas más bajas de las necesarias.
- g) Es conveniente operar el compresor bajo condiciones de presión de succión máxima adecuada y de descarga mínima conveniente.
- h) Es algo negativo para el compresor repetir el arranque / parada.
- i) Si el compresor es operado bajo condiciones de compresión húmeda por largos períodos, la válvula de descarga y la de succión pueden ser dañadas ocasionándose la abrasión de las empaquetaduras, aún cuando la compresión húmeda no ocasiona golpes de líquido.
- j) El operador debe asegurarse que el compresor funcione en forma normal, la presión de succión, y la temperatura en su rango normal.
- k) Si las condiciones de operación son tales que el rango de compresión son tales que el rango de compresión es normalmente alto, el gas de succión sobrecalentado o la temperatura de descarga innecesariamente alta, el aceite que circunda la válvula de descarga se carbonizará y la eficiencia de la válvula disminuirá.
- l) Para el caso del refrigerante Amoniaco, debido a que el aceite no circula en grandes cantidades en el ciclo de refrigeración, el aceite del compresor deberá ser rellenado de acuerdo al descenso en el nivel del aceite del carter.
- m) En instalaciones con Freón, el aceite fácilmente ingresa al ciclo de refrigeración, por lo que es importante evitar cargas excesivas de aceite.
- n) Cuando el nivel de aceite en el carter desciende, el operador deberá tomar los pasos para regresar el aceite del evaporador, esto puede efectuarse fácilmente reduciendo el aceite del evaporador, esto puede efectuarse fácilmente reduciendo el sobre-calentamiento del gas de succión. Como ya se mencionó anteriormente un exceso de aceite empeorará la eficiencia y puede dañar el compresor.

■ RECOMENDACIONES PARA PLANTAS CON AMONIACO.



SEGURIDAD

- Verifique que el sistema de ventilación o extracción de aire de la sala de máquina es el adecuado y se encuentra operativo.
- Disponga de iluminación de emergencia, salidas apropiadas, mascarar de gas y filtros de reserva para las mascarar.
- Amarre una larga cuerda a la cintura de la persona que este por entrar en una sala saturada con cualquier refrigerante, para servir de guía para su salida y para ser usada en tentativa de seguir y localizar a la persona en la sala. Nunca entre solo en una sala con grandes concentraciones de cualquier refrigerante.
- Verifique regularmente las temperaturas de descarga del compresor y del aceite de lubricación, estas deben ser mantenidas debajo de los límites máximos determinados por el fabricante, para el compresor y verifique las causas del porque los límites fueron excedidos.
- Evite subir o apoyarse sobre tuberías, elimine inmediatamente vibraciones excesivas en las tuberías.
- Cubra con protectores apropiados todos los acoplamientos de los equipos.

- Las conexiones de las válvulas de alivio y/o seguridad deben tener escape hacia el exterior mediante tuberías libres.
- Nunca cierre todas las válvulas de un recipiente lleno de refrigerante, a no ser que este protegido por una válvula de alivio adecuadamente dimensionada.
- Las bombas de refrigerante líquido sean ellas de engranaje, pistón o centrífugas, deben tener válvulas de alivio adecuadamente dimensionada.
- Desarrolle un "PLAN DE PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA", promueva ensayos de entrenamiento de este plan, determine bien la localización de la válvula principal de alimentación de líquido, llave de interrupción de los compresores y manguera de agua.
- Verifique que los extintores de incendio estén en condiciones de operación, en número suficiente y en los lugares adecuados.
- Tenga siempre consigo una máscara de gas cuando haga servicio donde pueda ocurrir una fuga.

CAPITULO V / PRIMEROS AUXILIOS



Mantenga a su alcance una solución de 2,5% de BORAX y 2,5% ACIDO BÓRICO en agua destilada.

Caso: CHORRO DE LÍQUIDO O VAPOR CONCENTRADO EN LOS OJOS.

- Moje los ojos inmediatamente con la solución y continúe por lo menos 30 minutos.
- Llame a un Médico.

Caso: EXPOSICIÓN AL GAS

- Aparte inmediatamente al personal afectado para el aire libre.
- Llame a un Médico.
- Quite las ropas si se impregnaron de líquido o vapor concentrado.
- Mantenga al paciente calmado y envuelto en cobertores calientes.
- Una persona autorizada por un Médico puede administrar oxígeno.
- Si faltara la respiración, aplique respiración artificial.

Caso: QUEMADURAS DE PIEL, POR CHOOROS DE VAPOR CONCENTRADO

- Lave inmediatamente con grandes cantidades de agua y continúe por lo menos por 15 minutos (Una Bañera o ducha debe estar disponible cerca de todas las instalaciones)
- Llame a un médico.
- Después de lavar, aplique compresas húmedas de la solución antes descrita a las partes afectadas hasta tener orientación médica disponible.

ANEXO N° 1

■ NUEVOS REFRIGERANTES

Como es sabido por todos, se ha detectado un peligroso adelgazamiento de la capa de ozono principalmente en el polo Sur y también aunque en menor escala en el polo Norte. No se ha podido determinar con certeza que es lo que produce este fenómeno, pero se cree que los Clorofluorocarbonos (CFCs) son los principales causantes de la destrucción de la capa protectora de ozono. Debido a esto, 67 países ya han afirmado el protocolo de Montreal, donde los países industrializados debieron reducir en 1998 la producción de CFCs a la mitad de lo que producían en 1986, dejando un consumo máximo de 0,3 Kg Per/Capita Chile firmó este protocolo habiéndose publicado el decreto pertinente en Abril de 1990.

Sin embargo, mediciones hechas por un satélite a principios de este año han revelado que la capa de Ozono, sobre Estados Unidos, se ha reducido en por lo menos 50% más que lo previamente estimado, lo que estaría haciendo que los Estados Unidos intensifiquen su campaña por reemplazar los CFCs por otros refrigerantes (Más solventes y propelentes) rápidamente.

Los fabricantes de los CFCs han estado trabajando fabrilmente y es así como por ejemplo la compañía DIPONT, fabricante de los FREONES, está introduciendo la nueva línea llamada SUVA (marca registrada de DUPONT), entregando las primeras producciones en su fábrica de Corpus Christi del refrigerante SUVA 134^a que no produce ningún daño de la capa de ozono (la curva de presión de vapor del 134^a es muy parecida al R-12).

Para ilustrar la magnitud del esfuerzo requerido, DUPONT estima que invertirá US\$ 1.000 millones en transformar la línea antigua de CFCs en los nuevos refrigerantes, incluyendo la investigación pertinente.

Los nuevos refrigerantes son hidrofluorocarbonos (HFCs) e hidroclo fluorocarbonos (HCFCs). Los HFCs no contienen cloro y por lo tanto tienen 0 potencial de destrucción del Ozono. Los HCFCs que aunque tienen cloro, tiene una estructura tal, que permita la disipación del cloro en la baja atmósfera en vez de la estratosfera bajando su potencial reducción del Ozono entre 2% y 10% de los CFCs tradicionales, al ser más inestables por la inclusión de átomos de hidrógeno en su estructura.

Es posible decir que casi todos los fluorocarbonos usados comercialmente pueden ser reemplazados por los nuevos HCFCs y HFCs, y lo que es más importante, se prevee que las mezclas de CFC-22, HCF-

124 y HFC-152^a más otros refrigerantes pueden reemplazar a los actuales refrigerantes con conversiones mínimas en los equipos de refrigeración, incluyendo buenas propiedades para su uso con ciertos lubricantes.

Cabe hacer notar que en los Estados Unidos, la refrigeración es la que ocupa el 40% del mercado de los CFCs. Dentro de este segmento, la mitad se ocupa en el aire acondicionado de los automóviles y afines.

De la otra mitad el 95% se ocupa en la refrigeración Comercial e Industrial y los refrigeradores Domésticos un 5%. O sea sólo un 1,2% del total de los CFCs ocupados.

El uso de los CFCs como agentes de limpieza en la electrónica, propelentes, espumantes en la fabricación de poliuretanos espumados y alones como agentes para apagar incendios tiene una fuertísima ocupación, cercana al 60% del total del uso y caso todos dañan la capa de ozono.

De la lista de CFCs, se puede mencionar al R-22 como unos de los pocos que tienen bajo efecto potencial sobre el ozono y no está colocado en la lista de los refrigerantes prohibidos. Sin embargo, la presión ejercida de los defensores del ambiente es tremendamente fuerte y la comunidad Económica Europea ha acordado terminar el uso de los CGCs en 1997, dando pauta a los ambientalistas en los Estados Unidos para que sigan sus pasos. La FORD MOTOR CO., ha partir de 1995 los acondicionadores de aire de sus autos, usan los nuevos refrigerantes.

La ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY de los Estados Unidos quieren fijar metas más estrictas para los Fluorocarbonos (CFCs), eliminando su uso totalmente para el año 2015. El problema es qué se hace con la inversión en equipos antiguos si no se obtiene una total compatibilidad.

Además del efecto que tiene sobre la aparición de más casos de Cáncer, la reducción de Ozono tiene un efecto marcado sobre las especies vivientes, se estima que una reducción de 1% del Ozono produce una disminución cercana al 1% en algunas cosechas, la presión que habrá por este lado también será considerable, Por lo antes expuesto, es posible concluir que veremos antes de lo esperado la llegada de los nuevos refrigerantes y de los equipos modificados para el uso de estos refrigerantes.

■ SICROMETRIA

DEFINICIÓN

Es el estudio del comportamiento del aire, en lo respectivo a su contenido de agua y comportamiento al calor.

■ TÉRMINOS BÁSICOS

ATMÓSFERA:

El aire, alrededor de nosotros, se compone de una mezcla de gases secos y vapor de agua. Los gases contienen aproximadamente 77% de Nitrógeno y 23% de Oxígeno, con otros gases que totalizan menos del 1%. El vapor de agua, existe en muy poca cantidad.

TEMPERATURA DE BULBO SECO

Es la temperatura medida con un termómetro ordinario.

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

Es la temperatura que resulta de la evaporación de agua, en una gasa húmeda, colocada sobre un termómetro común.

TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCIO

Es la temperatura de saturación, a la cuál tiene lugar la condensación del vapor de agua. Un ejemplo es la humedad sobre un vaso de agua con hielo. El vidrio frío reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío y la humedad que se condensa forma gotas sobre la superficie del vidrio.

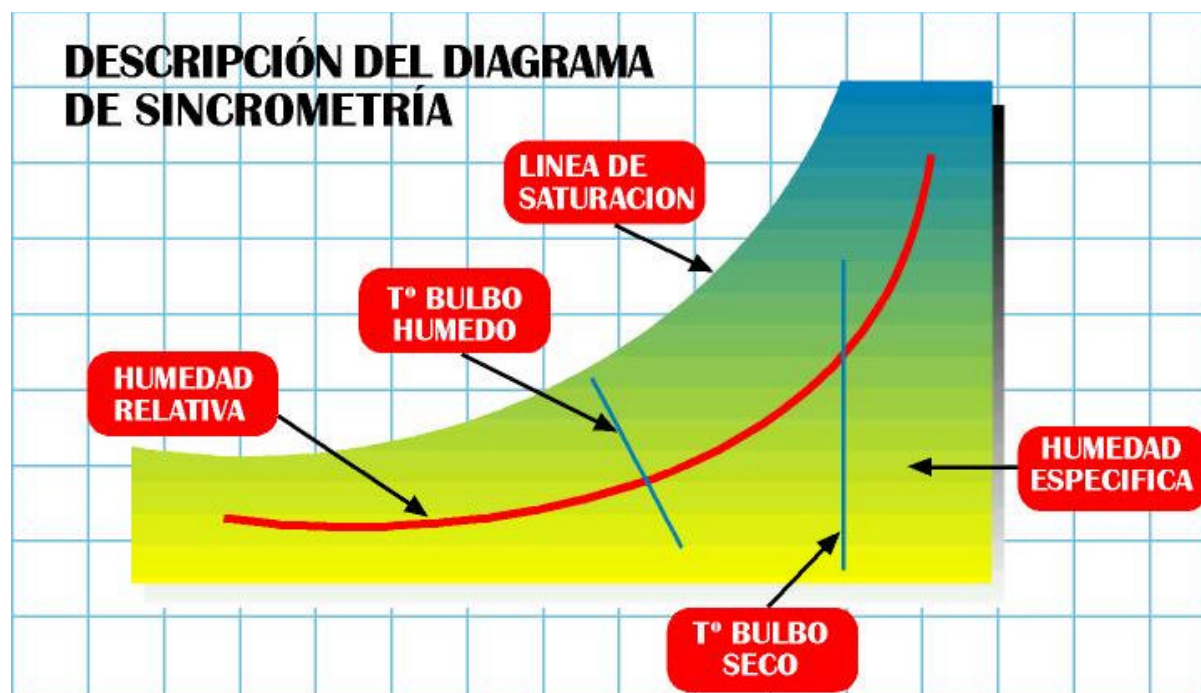
HUMEDAD ESPECIFICA

Es el peso real de vapor de agua en el aire, se expresa en gramo o libras de agua por libra o gramos de aire seco, dependiendo de los datos usados.

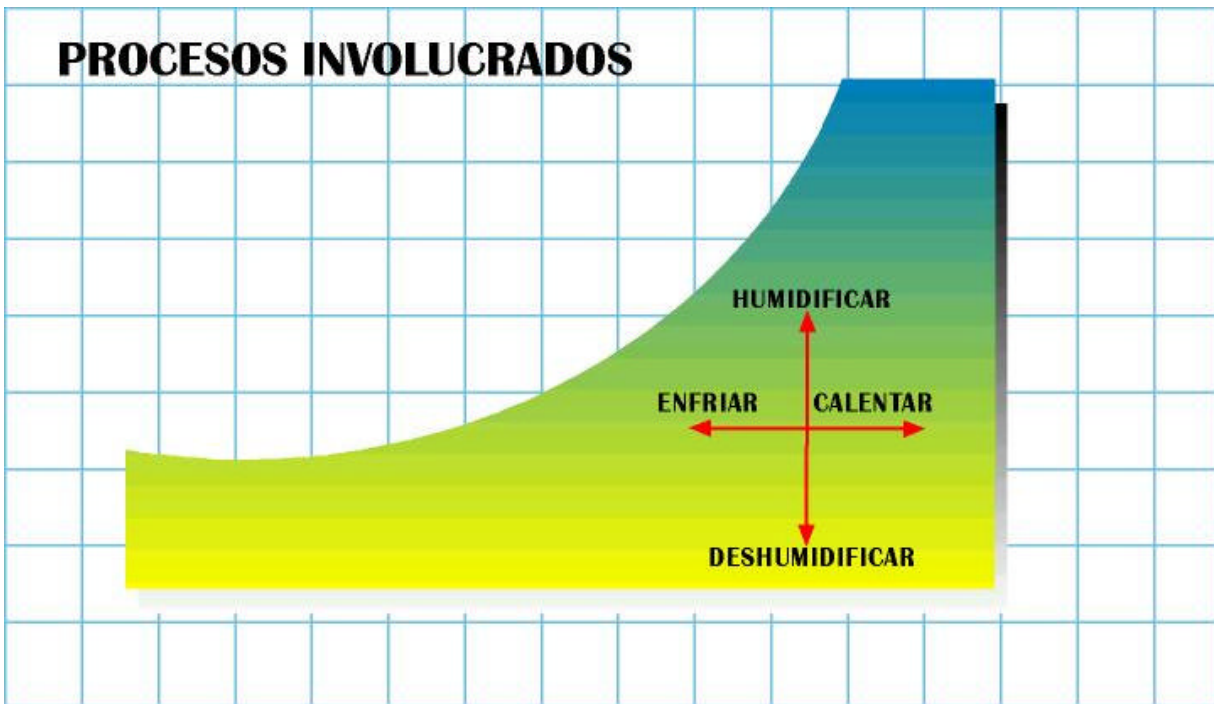
HUMEDAD RELATIVA

Es la relación del vapor de agua real en el aire, comparando a la máxima cantidad que estaría presente a la misma temperatura, expresada como un porcentaje %.

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE SICROMETRIA



PROCESOS INVOLUCRADOS



CAPITULO VI / SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR



■ DIAGRAMA PRESIÓN ENTALPÍA

Para realizar ciertos cálculos en instalaciones de refrigeración es preciso disponer, y saber manejar, los diagramas que permiten trabajar a diferentes presiones, temperaturas y contenidos estáticos del medio refrigerante que se utilice. Los diagramas permiten obtener los datos termodinámicos que se necesitan

para resolver los problemas que se plantean en los ciclos de refrigeración. Hay varios tipos de diagramas; uno de los más empleados es el de presión-entalpía.

Este diagrama tiene la presión en ordenadas (eje vertical) y la entalpía en abscisas (eje horizontal). Mediante líneas que atraviesan el diagrama se indican la temperatura, el volumen específico y la entropía.

En el diagrama modélico indicado puede apreciarse las zonas de Vapor saturado, líquido saturado, vapor recalentado, líquido subenfriado y mezcla líquido-vapor en el interior de la campana.

CADA REFRIGERANTE TIENE SU PROPIO DIAGRAMA

Esto quiere decir que el diagrama de cada refrigerante tiene su propia forma y dimensiones y no puede utilizarse un diagrama cualquiera para todos los casos, sino que debe utilizarse el específico del refrigerante.

Vamos a repasar el significado de las diferentes zonas.

Vapor Saturado : Es vapor que acaba de convertirse en vapor, procedente de la ebullición de un líquido. Esta representado por la curva de la derecha de la campana.

Vapor Recalentado : Es vapor que se ha calentado. Está representado por la zona de la derecha de la campana.

Líquido Saturado: Es líquido que está a punto de hervir. Está representado por la curva de la izquierda de la campana.

Líquido Subenfriado: Es un líquido a una temperatura inferior a la de saturación. Esta representado por la zona de la izquierda de la campana.

Mezcla líquido – vapor : Es la zona interior de la campana.

La campana está rematada por el punto Crítico, que representa unas condiciones de presión y temperaturas tales que no distingue el estado del fluido (si es líquido o gas).

DIAGRAMA PRESIÓN ENTALPÍA

Distingamos las características de presión (p), temperatura (t) y entalpía (h) de los puntos más representativos del proceso sobre dichas figuras.

El refrigerante condensando, punto 1, está a una temperatura etc. (de condensación) y a una determinada presión p_c (presión condensación) y a una entalpía h_1 .

Cuando el líquido pasa a través de la válvula de expansión su estado cambia del punto 1 al punto 2. Este cambio de estado se produce por la ebullición del líquido, provocada por la caída brusca de presión, de p_c a p_o bajando al mismo tiempo la temperatura de ebullición del líquido t_o por la disminución de presión.

En este proceso el calor es constante, por lo que la entalpía no varía: $h_1 = h_2$

A la entrada del evaporador, punto 2, coexisten una mezcla y líquido (parte interior de la curva $p-h$), mientras que a la salida del mismo, punto 3, el vapor está saturado.

La presión P_o y la temperatura t_o son las mismas del punto 2, pero como el evaporador ha absorbido calor del recinto donde se encuentra, la entalpía ha aumentado hasta h_3 .

Cuando el vapor pasa por el compresor, éste le confiere un aumento de presión desde el punto 3 al que el vapor ha llegado, hasta el punto 4 o presión de condensación P_c . Esta energía añadida por el compresor hace que aumente también la temperatura hasta el valor t_4 como consecuencia de haber sido recalentado el vapor, y la entalpía, por tanto, alcanza el valor h_4 . A la entrada del condensador, punto 4, encontramos, pues, vapor recalentado a una presión de condensación. Allí se evacua el calor al medio ambiente, hasta conseguir que su entalpía descienda de nuevo hasta el punto 1, es decir, al valor h_1 , permaneciendo la temperatura constante desde el punto 5 hasta el punto 1, por tener lugar el proceso de cambio de estado de gas a líquido. En la práctica, el ciclo ideal o teórico ni se produce exactamente como se ha descrito, ya que debido a otras causas, suelen producirse variaciones que apartan sensiblemente el comportamiento del refrigerante de su ciclo teórico. Es el denominado ciclo real y sus diferencias principales se encuentran en las características de los elementos que constituyen la instalación (evaporadores, condensadores, compresores y tuberías de refrigerante) en forma de recalentamientos o subenfriamientos que varían las condiciones teóricas de los valores de presión y temperatura, fundamentalmente.

■ MODELOS DE CALCULO PARA DIAGRAMAS P-h



Los diagramas de Presión-Entalpía busca el poder relacionar los procesos ideales de un sistema frigorífico y fundamentar los parámetros de medición para establecer si el sistema esta funcionando según la condición esperada.

Partiendo de la temperatura de evaporación que se necesite y conocida la temperatura de condensación, podrá trazarse sobre el diagrama p.h el ciclo y hallar sucesivamente los valores que se indican en el modelo de cálculo que se propone. Los puntos característicos del sistema son:

Compresión	4	-	1
Condensación		1	-
2			
Dispositivo de Expansión		2	-
3			
Evaporación		3	-
4			

Para poder establecer los parámetros iniciales tales como la T° de Evaporación y la T° de Condensación se deben seguir los siguientes parámetros :

- La Temperatura de Evaporación se establece a partir del funcionamiento del Dispositivo de Expansión, el cuál establece su funcionamiento a partir de un diferencial mínimo de 5°C con respecto de la temperatura Interna de la cámara y con un máximo de 10°C por problemas producidos por la condensación en el intercambiador de calor que se utilice.
- La Temperatura de Condensación se establece a partir de la temperatura del medio ambiente exterior o en donde se ubique el condensador (Se establece la T° promedio de Verano de la zona) y se establece su valor a partir de un diferencial mayor de 10°C y menor de 15°C.

Con estos datos se puede establecer los puntos en el diagrama y trazar el ciclo 1-2-3-4-1. Recuerde que la compresión 4-1 se traza siguiendo una línea de entropía constante.

Una vez dibujado el ciclo puede ya determinar la entalpías h_1 , h_2 , h_3 y h_4 . Otro dato que daremos como conocido es el requerimiento frigorífico de la instalación, en Kcal/hr, que representaremos por el símbolo N_f .

Los parámetros que debe calcular son:

CALOR ABSORBIDO EN EL EVAPORADOR : (q_e)

Que se calcula a partir de la expresión:

$$Q_e = (h_3 - h_4)$$

El valor negativo de la expresión sólo refleja que absorbe calor.

CAUDAL MÁSSICO DE FLUIDO FRIGORÍFICO (m / Hr)

$$M = N_f / q_e$$

TRABAJO ESPECIFICO DE COMPRESIÓN (q_w)

$$Q_w = h_4 - h_1$$

POTENCIA DEL COMPRESOR (P_c)

$$P_c = M \times (q_w)$$

CALOR DESPRENDIDO DEL CONDENSADOR : (q_e)

Que se calcula a partir de la expresión

$$Q_e = (h_1 - h_2)$$

POTENCIA CALORIFICA DESPRENDIDO DEL CONDENSADOR (Q_e)

Que se calcula a partir de la expresión

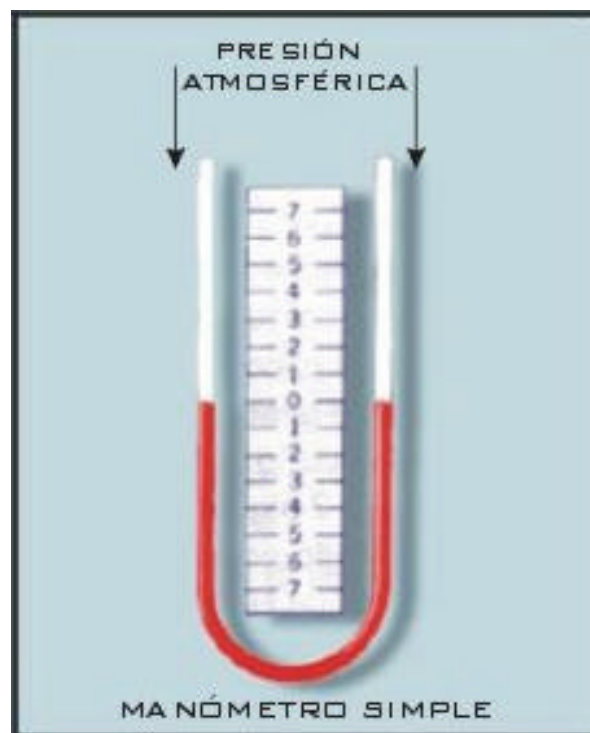
$$Q_e = (h_1 - h_2)$$

■ TECNOLOGIA FRIGORIFICA

MEDIDA DE TEMPERATURA

Cuando se analiza un sistema de refrigeración (y aire acondicionado) son importantes las lecturas precisas de temperatura. El aparato más común para medir temperaturas es el termómetro de vidrio. Los rangos de los termómetros de vidrio varían desde -40°C a 350°C . Para verificar la calibración de un termómetro de vidrio o cualquier otro, se debe introducir en un vaso con hielo y agua por varios minutos y se deberá leer más o menos 1°C .

MEDIDAS DE PRESIÓN



Las medidas de temperaturas usualmente se toman en el exterior del sistema en operación. Pero es también necesario para el técnico de servicio conocer lo que sucede en el interior del sistema y esto se alcanza básicamente con los instrumentos de presión. Para esto se utiliza un sistema de dos manómetros, también llamado "ARBOL DE CARGA" el cuál consta de dos manómetros, uno de lata y uno de baja.

El manómetro de lata o de presión de condensación, normalmente es de color rojo y se gradúa desde 0 a 500 psi en graduaciones de 5 psi. El manómetro de baja o compuesto se utiliza para el lado de baja (presión de Succión) y normalmente se gradúa desde 30 pulg de vacío hasta 120 psi; así se puede medir presiones sobre y bajo la presión atmosférica.

Este manómetro se calibra en graduaciones de 1 psi. Note que sobre las carátulas hay una escala interna, la cuál da la temperatura de saturación corresponde a una particular presión, normalmente viene las temperaturas para R-12, R-22 y R-502, pero también existen para otros refrigerantes.

Este manifold o árbol de carga capacita al técnico de servicio, para verificar las presiones de operación del sistema, poner o retirar refrigerante, añadir aceite, purgar no condensables, hacer derivaciones del compresor (ByPass), analizar condiciones del sistema.

El primer paso es purgar el manifold de contaminantes antes de conectarlo al sistema:

1. Retirar el tapón del vástago de la válvula, de las válvulas de servicio del equipo y verifique, para estar seguro, que ambas válvulas de servicio están asentadas atrás.
2. Retire los tapones de los orificios de medición de ambas válvulas de servicio.
3. Conecte la manguera central del manifold a un cilindro de refrigerante, usando el mismo tipo de refrigerante del sistema y abra ambas válvulas del manifold.
4. Abra la válvula del cilindro del refrigerante cerca de dos segundos y luego ciérrela. Esto purgará cualquier contaminante del manifold y las mangueras.
5. A continuación, conecte las mangueras del manifold a los orificios de medición, el manómetro de baja, a la válvula de servicio para la succión y el manómetro de alta presión, a la válvula de servicio de la línea de líquido, como e ilustra a la figura 2.
6. Asiente al frente o cierre ambas válvulas en el manifold. Gire (Giro horario) ambas válvulas de servicio, una vuelta fuera de su asiento. El sistema permite registro en cada manómetro.

Para retirar el manifold del sistema siga este procedimiento:

1. Asiente atrás (antihorario) las válvulas de servicio de succión y líquido.
2. Retire las mangueras de los orificios de medición y selle los extremos con tapones acanalados de ¼" para evitar que las mangueras se contaminen.
3. Coloque todos los tapones de orificio de medición y vástagos de las válvulas.

El manifold y los manómetro son herramientas necesarias para realizar muchas operaciones del sistema. Una vez que el sistema ha sido contemplado y limpiado de la mayoría del aire mediante purga, de probarse si tiene fugas o no. Siempre que un componente ha sido reparado o reemplazado, es imperativo que el sistema total quede libre de fugas.

PRUEBAS DE FUGA

En la mayoría de los casos de un refrigerante de baja presión puede utilizarse para levantar suficiente presión en el sistema para buscar fugas, tal como se ilustra en la figura 3.

PURGA

Siempre que un sistema se expone a condiciones atmosféricas por un corto periodo de tiempo (menos de cinco minutos, por ejemplo), durante el reemplazo de un componente, es necesario purgar el sistema para retirar cualquier contaminante que pueda haber entrado al mismo.

Similarmente durante la instalación, si las líneas de refrigerantes son dejadas abiertas por más de cinco minutos, el sistema debe purgarse.

La teoría detrás de las purgas es usar una carga de alta velocidad de refrigerante gaseoso para soplar cualquier contaminante del sistema.

Para purgar el sistema que está recién instalado, proceda como sigue:

Instale el manifold como se ilustra en la figura 4, con la válvula del lado de baja cerrada y no conectada a la válvula de servicio de succión.

Conecte la manguera central al tambor refrigerante. Conecte la manguera del lado de alta a la válvula de la línea de líquido. Asiente al frente ambas válvulas de servicio y abra las válvulas de manifold del lado de alta. Abra la válvula (bastante) en el cilindro de refrigerante y permita que una carga de alta velocidad de vapor refrigerante entre al sistema.

EVACUACIÓN

La evacuación apropiada de una unidad debe remover condensables (principalmente aire, agua y gases inertes) y asegurar un sistema seco y estanco antes de cargar. Hay generalmente dos métodos utilizados para evacuar un sistema: El método del vacío profundo y el método de triple evacuación. Cada uno tiene ventajas y desventajas, el sistema a utilizar depende de varios factores: tipo de bomba de vacío disponible, tiempo que se pueda emplear en el trabajo y si hay agua líquida en el sistema. En el trabajo de refrigeración, especialmente aquellos sistemas en que se trabaja con presiones de succión muy bajas, el método de vacío profundo son el más recomendado. En sistemas de refrigeración de mayores

temperaturas y aire acondicionado, la evacuación triple es práctica. Las herramientas necesarias para evacuar in sistema apropiado dependen del método utilizado. Una buena bomba de vacío y un indicador de vacío se necesitan para el método de vacío y un manómetro compuesto (árbol de carga) son para el método de la triple evacuación.

1. Instale el manifold como se describió antes.
2. Conecte la manguera central al manifold de vacío. Este es simplemente un conjunto de tres válvulas que permiten colocar la bomba de vacío. El indicador de vacío y un cilindro de refrigerante, cada uno con una válvula de corte.
3. Abra las válvulas a la bomba y al indicador. Cierre la válvula de refrigerante. Siga las instrucciones del fabricante de la bomba en cuanto al tamaño de la línea des succión, aceite, localización del indicador y calibración.
4. Abra bastante ambas válvulas sobre el manifold de manómetros y medio asiente ambas válvulas de servicio del equipo.
5. Arranque la bomba de vacío y evacue el sistema hasta que alcance un vacío de al menos 500 micrones.
6. Cierre la válvula dela bomba y aisle el sistema, pare la bomba durante cinco minutos y observe el indicador de vacío para ver si el sistema ha alcanzado realmente los 500 micrones y se mantiene. Si el sistema no se mantiene, verifique todas las conexiones para ver si hay buen ajuste y repita la evacuación hasta que el sistema se mantenga,
7. Cierre la válvula del indicador.
8. Abra la válvula al cilindro refrigerante y eleve la presión al menos a 10 Psi o cargue el sistema al nivel apropiado (se verá posteriormente).
9. Desconecte la bomba y el indicador.

EVACUACIÓN TRIPLE

El método de triple evacuación no requiere equipo de alto vacío especializado. Sin embargo este método no debe utilizarse si se sospecha que hay agua líquida en el sistema. Se necesitará una bomba de evacuación de suficiente capacidad para producir 28 pul. De Hg de vacío.

Es importante tener manómetros de servicio de refrigeración de buena calidad.

Este método de evacuación se basa en el principio de diluir los no condensables y la humedad, con vapor de refrigerante limpio y seco.

Este vapor es luego retirado del sistema, llevándose con él una porción de contaminantes. Cuando el procedimiento se repite, los contaminantes restantes son proporcionalmente reducidos hasta que el sistema está libre de contaminantes. La figura N° 6 ilustra el procedimiento antes descrito.

1. Instale el manifold como se describió anteriormente.
2. Conecte la manguera central a las válvulas del manifold de vacío.
3. Conecte la bomba y el cilindro de refrigerante a las válvulas del manifold. Purgue las líneas con refrigerante.
4. Cierre la válvula del cilindro del refrigerante y abra la válvula de la bomba.
5. Abra ambas válvulas del manifold de manómetros y abra ligeramente ambas válvulas de servicio.
6. Arranque la bomba y evacue el sistema hasta que se alcance 28" de Hg de vacío sobre el manómetro compuesto. Permita que la bomba funcione durante 15 minutos a este nivel.
7. Cierre la válvula de la bomba y pare la bomba.
8. Abra la válvula de refrigerante. Permita que la presión suba a 2 psi. Luego cierre la válvula del refrigerante, Permita que el refrigerante se difunda a través del sistema y absorba humedad durante cinco minutos antes de la próxima evacuación.
9. Repetir la secuencia 6-7-8
10. Repetir el paso 6
11. Pare la Bomba y rompa el vacío, cargando esta vez el sistema a 10 psi. o al nivel apropiado.

■ CARGA DEL SISTEMA

La cantidad de refrigerante que debe añadirse al sistema para carga inicial o recarga, depende del tamaño del equipo y de la cantidad de refrigerante que se hace circular. En sistemas muy grandes es práctica común, simplemente pesar la carga colocando el cilindro de refrigerante en una balanza apropiada y observando la reducción del peso en Kilos.

Este método es fino para sistemas que tienen recipientes o volumen del condensador suficientemente amplios para soportar una ligera sobrecarga.

En sistemas más pequeños y particularmente aquellos que son unidades paquetes auto contenidas, sin recipientes, la carga del refrigerante del sistema es crítica con tolerancia en gramos, más bien que en kilos completos. En este caso se recomienda un "Cilindro de carga", el refrigerante del cilindro se transfiere al cilindro de carga. El cilindro de carga tiene una escala visible al operar de tal manera que pueda medir precisamente la cantidad de un refrigerante específico y compensar las condiciones de presión y temperatura. Estos cilindros tienen una precisión de 10 gramos. Se disponen calentadores eléctricos opcionales para acelerar las operaciones de carga.

1. Instale el manifold
2. Conecte el cilindro de refrigerante a la conexión central y abra la válvula del lado de baja del manifold.
3. Coloque el cilindro en posición hacia arriba.
4. Gire la válvula de servicio de succión dos vueltas fuera de su asiento.
5. Abra la válvula del cilindro de refrigerante y pese la carga deseada.
6. Cuando se ha añadido la carga correcta, cierre la válvula del cilindro de refrigerante.
7. Asiente atrás las válvulas del servicio de succión y de la línea de líquido, retire las mangueras y taponee los orificios.

El procedimiento de carga para la forma líquida, se detalla abajo.

Refrigerante: Siente atrás las válvulas de servicio de succión y líquido.

- 7.- Retire el manifold.

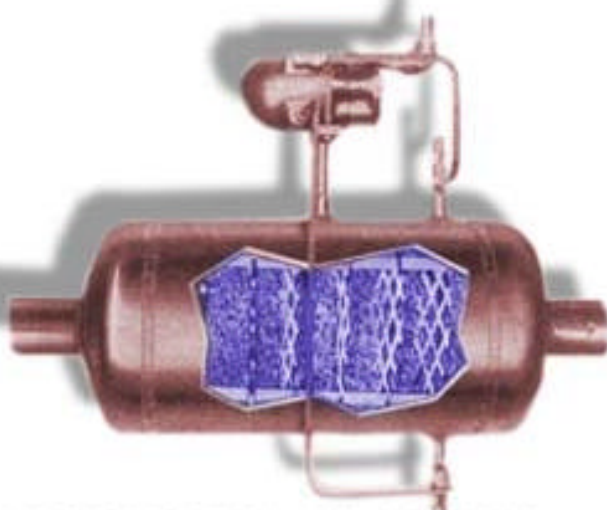
En ambas descripciones, se recomienda el uso del cilindro de carga en sistemas pequeños, de carga crítica, donde más precisión se requiere.

■ VERIFICACIÓN DE LA CARGA

Verificar la carga de una instalación nueva o de una unidad existente, es otra función del manifold de manómetros para servicio. Por ejemplo, el siguiente procedimiento sería utilizado para una unidad enfriada por aire.

1. Instale el manifold.
2. Permita que el sistema opere hasta el manómetro se estabilice en una lectura (15 minutos)
3. Con la unidad operando registre la siguiente información:
 - Lectura del manómetro de alta presión.
 - Temperatura del bulbo seco del aire entrando al serpentín del condensador.
 - Temperatura del bulbo húmedo del aire la entrada al serpentín evaporador (esto se efectúa con un termómetro de bulbo húmedo).
4. Una comparación de las medidas anteriores con la tabla de presión de carga, suministrada con la unidad, indicará si el sistema está adecuadamente cargando y operando apropiadamente.

CAPITULO VII / PROPIEDADES DE LOS ACEITES EMPLEADOS EN REFRIGERACIÓN



**SEPARADOR DE ACEITE
TIPO CHOQUE**

El aceite debe reabastecerse al cárter, manteniendo un equilibrio con el aceite consumido por el compresor ya que éste lo envía hacia la descarga de una manera gradual. El aceite que manda a la descarga se separa en el separador de aceite y vuelve al cárter automáticamente o manualmente formando un ciclo. El aceite no separado pasa al evaporador. Esta cantidad deber ser complementada en el cárter.

Se recomienda el empleo de un sistema de retorno automático cuando sea posible instalar un separador de aceite por cada compresor. No obstante, dicho retorno debe ser evitado si la temperatura de descarga sube a más de 120°C cuando se utiliza amoníaco, ya que estas condiciones hacen que el aceite se convierta pronto en inservible.

La calidad del aceite lubricante afecta a la vida del compresor. Por tanto, hay que utilizar aceite de la mejor calidad. Si se adhiere carbonilla o escoria a la guara de la válvula de descarga, o si las piezas móviles muestran desgaste prematuro cuando la relación de compresión y la presión de descarga no es alta y el consumo de aceite es normal, comprobar lo siguiente:

- a) Si el aceite contiene impurezas extrañas, o si es de mala calidad.
- b) Si el aceite está sucio o es viejo, aun cuando sea de buena calidad.

Juzgar la calidad del aceite es muy difícil, generalmente sólo se puede juzgar después de su utilización. Por tanto, lo mejor es comprar una marca de calidad reconocida y de confianza. Procurar no seleccionar el aceite solamente por el precio.

Factores importantes del aceite son: la viscosidad al aumentar la temperatura, bajo punto de fluidez y punto de inflamación alto. Después de comprarlo, el aceite debe mantenerse con sumo cuidado para evitar la contaminación con impurezas tales como el agua o polvo. Esto podrá ocasionar desgastes o corrosión en el compresor.

Todos los aceites que cumplan las características mencionadas en el cuadro anterior pueden ser utilizados.

CARACTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES SUNISO 4G Y SUNISO 3G.

SUNISO 4g:

Viscosidad	: 280-300 S.S.U. A 100°F (38°C).
Densidad	: 20,4 – 22,4 API.
P. Inflamación	: (ASTM copa abierta) 177°C – 182°C.
P. Combustión	: 204°C – 216°C.
Color (ASTM)	: 2 máximo.
P. Congelación (ASTM)	: -32°C máximo.
Pot. Dieléctrica	: 25 kw mínimo.
Oxidación ligera	: 10 – 20.
Punto Floculación de la cera	: -46°C máximo.
Temperatura separación	: 21°C.

SUNISO 3G:

Viscosidad	: 150-160 S.S.U. a 100°F (38°C). 80 – 85 S.S.U. a 130°F (54,4°C). 40 – 42 S.S.U. a 210°F (99°C).
Densidad	: 21,5 – 27,0 API.
P. Inflamación	: 163°C .
P. Combustión	: 185°C .
Color NPA	: 1 a 1,5.
P. Congelación	: -37,2°C máximo.
Pot. Dieléctrica	: 25 kw mínimo.

Punto Floculación dela cera : -56,7°C máximo
Temperatura separación : 12,8°C

Nota: Tener especial cuidado en no mezclar tipos diferentes de aceites ya que las características de los aceites cambiarán y se originarán serias averías en los compresores.

Si se reemplazara un compresor en una planta frigorífica. Además esta deberá ser limpiada.

ANEXO Nº 1

■ EL NUEVO /ANTIGUO REFRIGERANTE AMONIACO

Es interesante que estemos discutiendo el amoníaco como un refrigerante alternativo, cuando en realidad este refrigerante denominado R-717, fue el primero empleado exitosamente tanto en Estados Unidos como en Europa. Las antiguas máquinas verticales con bastidor en A, de 600 mm. diámetro por 900 mm. de carrera del siglo pasado, y las máquinas horizontales de doble efecto movidas por vapor, estaban aún en uso en la década de 1940 cuando llegué a estar más íntimamente familiarizado con esta industria. Muchas de las razones que se nos dieron para el empleo del R12 como refrigerante alternativo, estaban basadas en comparaciones con equipos de amoníaco obsoletos.

Las ventajas de usar amoníaco están tan sólidamente comprobadas, que debiéramos pensar esforzadamente en las maneras de minimizar sus desventajas. A continuación citamos sus principales ventajas:

■ Costo

Solamente cerca del 10% del amoníaco producido es usado para refrigeración, lo que puede ayudar a mantener el costo bajo. En este momento en nuestra área local, su costo para contratistas es cerca de 1/6 del costo del R-22 basadas en peso.

■ Comparativa simplicidad en el diseño de los sistemas

Dado que el amoníaco no es mezclable con el aceite, el sistema no sufre las penalidades de los verticales dobles y caída de presión, asociadas con transportar el aceite por él. Hacer ampliaciones en sistemas existentes es como ampliar un sistema de desagües. Mientras usted ponga atención al diseño apropiado de las cañerías, puede agregar compresores, evaporadores o condensadores a un sistema existente, sin preocupación por el retorno de aceite. Compresores múltiples en un mismo sistema dan la opción de tener motores más grandes disponibles para los períodos de cargas planas y tamaños menores

para las cargas livianas, maximizando así la eficiencia y manteniendo los cargos por demanda eléctrica en un mínimo.

■ Compatibilidad con el agua

El agua no es bienvenida en los sistemas con amoníaco porque se mezcla en el acto con el refrigerante, pero no necesita los indicadores de humedad ni las bacterias de cartuchos secadores para prevenir el congelamiento en la válvula de expansión, como es común en los sistemas con refrigerantes halocarbonados. Bajos porcentajes de humedad pueden ser tolerados en los sistemas de amoníaco por largos periodos, particularmente si los aceites del carácter del compresor se cambian según cualquier programación que sea responsable (A la mayoría de los operadores les gusta cambiar el aceite por lo menos una vez al año).

■ Transferencia de calor

Aunque el uso de las fórmulas 10, 11, 14 y 15 del Manual ASHRAE Fundamentals 1989 (Tabla 6 pág. 3.14), ilustra ya los superiores coeficientes teóricos de transferencia de calor del amoníaco, los sistemas reales deben incluir el efecto ventajoso adicional del aceite que se mezcla con el refrigerante en el caso de hidrocarburos fluorados. Esto normalmente aumenta la ventaja del amoníaco en otro gran porcentaje, el que depende de la temperatura a que esté dicha mezcla.

■ Tamaño de cañerías

Debido a que el efecto refrigerante de un kilogramo de amoníaco está en el rango de 6 veces el del R22 y 8 veces el de R12, su caudal másico (Kg/h) a circular es considerablemente menor. Si esto se junta con la viscosidad algo menor del amoníaco, el costo resultante de la red de cañerías es dramáticamente más bajo. El cobre, que es comúnmente usado en los pequeños sistemas con fluorocarbonos clorados como refrigerantes, no es empleable con amoníaco, siendo normalmente más caro que los metales usados con aquél. Tanto el acero como el aluminio son adecuado como materiales para los serpentines de transferencia de calor, y la mayoría de las cañerías son de acero al carbono. Los métodos y materiales de soldadura modernos hacen esta fabricación de la red relativamente rápida y fácil.

Las principales limitaciones del amoníaco son su toxicidad y su inflamabilidad. Sin embargo estas desventajas han sido prácticamente eliminadas en muchos casos, por aquellos que escriben los códigos y por otros que publican en la literatura. El amoníaco tiene un olor penetrante y desagradable. Esta es una gran desventaja para aquellos en que cunde el pánico ante la causa más leve, pero puede ser ventajoso en el sentido que la persona normal lo detecta muy anticipadamente a que sea peligroso, alejándose de él.

Figura 1. Corte por una Cámara Refrigerada mostrando las Válvulas de Control sobre la cubierta el andén. Quedan accesibles para servicio pero fuera del alcance público.

El amoníaco puede dañar los productos dentro de un espacio de almacenamiento sellado pasado un tiempo, si su fuga no es rápidamente detectada y detenida. Pero estas fugas son muy fáciles de detectar y ubicar, lo que constituye una gran ventaja.

La clasificación en Grupo 2 asigna a este refrigerante , indica que su toxicidad es considerada el riesgo predominante, más que su inflamabilidad. Aquí creo yo que la palabra "explosión" debe discutirse. "Explotar" en términos de diccionario (inglés) significa estallar violentamente como resultado de la presión interna, o romperse súbitamente y a menudo con violencia. Sin embargo, yo dividiría en las categorías el uso actual en las publicaciones, aquella donde un estanque, cañería o contenedor revientan por presión excesiva, y aquella en que el refrigerante realmente se quema de una manera explosiva.

A lo largo de los años he examinado muchos casos donde la sobre presión causo fallas en los componentes del sistema. En casi todos ellos hubo o negligencia grosera o un mal juicio proveniente de personal no calificado, como la causa. En realidad he visto este tipo de explosión con otros refrigerantes tanto como el amoníaco, pues la sobre presión puede ocurrir con cualquier líquido volátil. Los códigos protegen muy adecuadamente contra la posibilidad de que este ocurra.

Sin embargo un tema en que encuentro deficientes a los códigos, es sobre reglamentaciones que prevengan contra la expansión de líquido dentro de una porción cerrada de la red de cañerías. Otra vez, esto no es particular sólo al amoníaco, pero si está más asociado al dado que los sistemas de recirculación son predominantemente con este refrigerante. Por ejemplo, si una sección de cañería transportando líquido es independizada con sus válvulas en ambos extremos y se permite su calentamiento, la expansión del líquido puede generar in impresionante aumento de presión. Claro, si el operador reconoce este hecho y deja abierto uno de los extremos hasta que el calentamiento haya cesado, no hay peligro alguno. Personalmente siempre instalo una válvula de alivio ora que descargue derivando una de las válvulas de cortar, previniendo así la ocurrencia de dicho error.

Ha habido muchas costosas demandas legales a esta cuenta, y me gustaría ver en los códigos que visualizaran un remedio apropiado, una vez más, déjenme repetir que este problema puede ocurrir con cualquier refrigerante.

Encuentro mucho menos información en explosiones causadas por la inflamabilidad del amoníaco. He estado presente durante, o inmediatamente después de muchos grandes incendios donde las salas de máquinas de sistema de amoníaco fueron completamente consumidas por el fuego causado por fuentes ajenas, sin que haya ocurrido explosión alguna. Los datos técnicos establecen que el amoníaco puede descomponerse en hidrógenos a unos 450C. En la presencia de ciertos metales como el níquel y a temperaturas tan bajas como 300C. , se dice que el amoníaco es inflamable dentro de los muy estrechos límites de 16 a 25% de concentración en el aire.

De lo anteriormente dicho es obvio que algún otro medio para alimentar el fuego debe estar presente, para causar problemas en una sala de máquinas que cumpla los códigos actuales en cuanto a ventilación

y elementos productores de llama. Si algo fuera a agregarse a los códigos, pienso que podría ser la inclusión específica de otros combustibles desde las salas de máquinas. En lo personal, favorezco el agregar una gran concentración de rociadores en las salas de máquinas, con facultad de operación manual, para permitir un control adicional de cualquier fuga de amoníaco.

La inflamabilidad de este refrigerante es a menudo mal entendida. Los datos disponibles muestran que es muy difícil de encender, y sólo dentro de estrechos límites. El aceite remanente en sistemas antiguos después que el refrigerante ha sido retirado, es muy a menudo un mayor riesgo de incendio si trabajadores descuidados usan sopletes de acetileno donde los vapores de aceite y aire están mezclados. Después de evacuar el amoníaco de un sistema de este tipo, aquellos trabajadores cuidadosos mantendrán un barrido con nitrógeno a baja presión mientras cortan o sueldan, para evitar problemas.

Otras ventajas del amoníaco es su más alta temperatura de descarga. Esto puede ser minimizado si los diseñadores de equipos y sistemas le dan más atención al problema. Diferentes tratamientos en el diseño de válvulas de descarga y culata para compresores alternativos, han mostrado que el enfriamiento con agua de las culatas o el aceite no es realmente una necesidad, dentro de límites razonables de relación de compresión. El empleo de sistemas con sobrealimentación de líquido con recibidores de baja presión ubicados próximos al compresor, mantendrá el recalentamiento de succión en valores muy bajos, por lo tanto reducirá considerablemente las temperaturas de descarga. Con razones de compresión más altas, se usan sistemas de dos etapas con enfriamiento inter etapas por gas.

El amoníaco es el refrigerante que predomina en la etapa de producción de la industria alimenticia, donde no hay mucha controversia acerca de su interpretación. Industrias de lácteos, fabricas de helados, plantas congeladoras de alimentos, instalaciones para refrigeración y almacenamiento de frutas y productos frescos, bodegas refrigeradas y procesadoras de pescado, aves y carnes, son todos usuarios importantes del amoníaco como refrigerante. Las grandes viñas, fabricas de hielos y plantas procesadoras químicas, son también grandes usuarios. Cuando sea que una planta está congelando 10, 20 o 30 toneladas por horas de arvejas, granos o papas fritas francesas, es una cosa segura y bonita que el refrigerante será amoníaco.

El medio más fácil de convertir al amoníaco es enfriando agua, ya sea en un proceso instantáneo o en una aplicación del tipo con almacenamiento de energía. Los enfriadores de agua inundados de tubos envuelta con amoníaco, son simples en diseño y pueden ser hechos para operar eficientemente. Estos enfriadores de agua tienen una larga historia de usos en las industrias láctea y avícola y en muchas aplicaciones industriales. Puede aplicarse un compacto paquete para el enfriamiento de agua, empleando un condensador de tubos y en vuelta con un flotador en el lado de alta alimentando a un evaporador del tipo tubos y envuelta. Una torre de enfriamiento de circuito cerrado puede enfriar el agua de condensación. El calor generado por el condensador está disponible para otros propósitos, como precalentar el agua de reposición de una caldera. Los sistemas prefabricados en bloque reducen los costos de instalación

Un antiguo sistema almacenador de energía empleado con la industria láctea, es el usar el agua enfriada con la capacidad de los compensadores en períodos de baja demanda almacenándola, y ocupándola durante las cargas punta de enfriamiento. El amoníaco es un refrigerante ideal para esta aplicación, ya sea que el hielo sencillamente se deje engrosar en los evaporadores o periódicamente sea recolectado en estanques almacenadores. El sistema puede ampliarse muy fácilmente mediante agregar compresores y/o superficie productora de hielo según se necesite.

Los mismos principios aplicados al enfriamiento de salmueras para muchos propósitos. Nuevamente, este no es un concepto nuevo sino que fue común en los tempranos días del aire acondicionado, tanto como en unidades del tipo cámara, para carnes, enfriadores de flores, etc. Un sistema central para aplicación compleja como es un supermercado puede ser razonablemente eficiente usando aparatos de control hidráulicos para la alimentación o derivación según los requerimientos de las cargas. Pueden formarse soluciones de glicol o alcohol que se adapten a los niveles de temperatura necesaria, y pueden hacerse uso de variados materiales plásticos para cañerías. Aun el cloruro de calcio es un buen candidato como salmuera en sistemas cerrados con un inhibidor apropiado.

Todos los sistemas discutidos a menudo como alternativa a otros refrigerantes se clasifican como del tipo indirecto lo que minimizara las comunes objeciones de exposición a la toxicidad. La sala de equipos puede estar adecuadamente aislada según lo requieren los códigos. Esto plantea una importante preocupación. ¿Cuál es la manera más prudente y efectiva de manejar el amoníaco durante las emergencias?. En la actualidad hay desacuerdo sobre este punto. La norma ANSIASHRAE 15-1989, "Código de Seguridad para la Refrigeración Mecánica", no recomienda la descarga manual, pero su apéndice B provee sugerencias para el diseño si fuera requerida por otros códigos. El Código Mecánico Uniforme pide descarga al aire desde una caja de control para emergencias. El Código nacional de incendios manda que la descarga del amoníaco sea mezclada con agua. De este punto deriva más de un conflicto, dependiendo de cual agencia reguladora tiene mayor influencia en una localidad en particular. Hay agencias sobre calidad del agua, sobre salud pública, sobre evacuación de desechos sanitarios, y aún sobre pesca y deportes, todas ellas con opiniones pero muy pocas con algunas probable experiencia real.

Mi propia experiencia es haber supervisado varios sistemas de descarga manual de acuerdo con la autoridad aplicable, pero nunca he visto ni escuchado de uno que en realidad haya usado en una emergencia. Desde luego he descargado refrigerante manualmente a lo largo de los años, tanto a la atmósfera como en un recipiente con agua. También he sido testigo de incendios en sala de compresores y derrames y fugas de amoníaco en varias circunstancias. Puedo atestiguar una cosa: si usted mezcla amoníaco con agua sobre el terreno, puede caminar sobre el vestido con ropas normales de calle y difícilmente olerlo. He puesto mi cara sólo a centímetros de una placa congeladora con fuga, con agua bañando su superficie, y apenas he podido oler el amoníaco. Ciertamente al menos no causaría el pánico de nadie. Sé de un gran derrame de amoníaco en un río que mato peces durante su periodo de baja

corriente, un accidente que podría haberse previsto fácilmente si los empleados de un contratista de una represa simplemente hubieran obedecido las ordenes.

La idea completa de un mezclador con agua de descarga manual es prevenir el pánico y proteger al personal de emergencia. Estoy completamente en desacuerdo con un concepto de California de Sur, en cuanto a descargar a un estanque mezclador con agua que pueda ser neutralizada antes de descargar al alcantarillado. En un fuego severo este estanque podría asimilarse al generador de un sistema de absorción por amoníaco y devolverlo justamente hacia la cara de los bomberos. Nuestro departamento local ha sido capaz de represar clamadamente una zanja llena de mezcla y esperar que se neutralice. Aunque ellos no hubieran podido hacerlo, parece que el terreno él es lugar para ello.

La gente de las plantas de tratamiento de aguas servidas, dice que una gran descarga podría trastornar temporalmente sus procesos. Pero la pregunta es, ¿cuantos millones de dólares deberemos gastar en construir aparatos que talvez no funcionen? ¿Cuánto costaría reacondicionar el tratamiento de aguas negras si acaso ocurriera una descarga? Soy un firme creyente en la protección de nuestro ambiente, pero a través de los años he admirado a la gente que arriesga su vida y su integridad por protegernos. Por lo tanto voto por que la prioridad número uno sea su máxima protección.

Ingenieros competentes con buen dominio de todos estos factores pueden producir diseños para un sistema seguro. La mayoría de los daños debido a fallas que he presenciado, pueden remitirse a un mal diseño. Debe darse atención a una soportación estructural adecuada de los componentes con refuerzo antisísmico. Las cañerías deben estar apropiadamente soportadas, pero con suficiente flexibilidad para absorber las vibraciones del equipo, los cambios de temperatura y también las fuerzas sísmicas. El instante de una súbita oleada de líquido (durante la operación de descongelamiento por ejemplo), debe ser considerado en el diseño. También debe ponerse atención a la disminución en la fatiga admisible para ciertos aceros al carbono a temperatura bajo los -18°C .

Hay muchas omisiones o ahorros en los costos de instalación que pueden afectar a los costos de mantención a través de los años. Un alto porcentaje de las fugas en cámaras refrigeradas es causada por fallas del material de empaquetadura, ya sea en las válvulas automáticas o manuales o en su conexión a las cañerías. Una sencilla manera de prevenir esto y evitar que cause problema es ubicar la válvula fuera del edificio. Por ejemplo, los evaporadores pueden situarse en la cámara cerca del muro adyacente al andén de carga, y sus válvulas en el exterior inmediato para ser accesible desde una pasarela sobre dicho andén. Existen numerosas plantas frigoríficas con este diseño.

Unidades del tipo Ático sobre cubiertas con cañerías hacia el exterior, son otra forma de lograr el mismo objetivo. Estas pueden dotarse con puertas de gran tamaño, de manera que el refrigerante en una fuga pueda escapar al exterior sin provocar variación de temperatura en la cámara (el mismo principio que en una vitrina de congelados de apertura superior en un supermercado). Esto prevendrá cualquier daño a los productos.

Estos diseños también eliminan algunos otros problemas de mantención que no están relacionados con los refrigerantes. El ser humano no opera muy eficientemente a -18°C o menos, particularmente si está a 9 metros de altura o más sobre el nivel del piso, como es habitual en las grandes cámaras de almacenamiento.

Algunas industrias frutícolas han agregado otra razón justificado el sentido de este diseño, al usar cámaras de atmósfera controladas donde los niveles de oxígenos pueden descender hasta un 2%. Esto hace mandatorio que toda labor de servicios sea realizada con accesorios para la adecuada respiración del personal. Al estar el equipo alojado en un ático o edificio que pueda temporalmente aislarse mediante templadores, el reemplazo del motor del ventilador y otras operaciones de manutención pueden realizarse a cabalidad sin interrumpir el funcionamiento de la cámara y sin emplear aparatos respiratorios. Esto desde luego puede también aislar rápidamente un problema de fuga de amoniaco.

Una gran compañía de almacenamiento refrigerado que opera múltiples plantas tiene como política emplear sistemas de descongelamiento con aguas que usan constantemente en un pozo almacenador, calentando por un intercambiador de calor de la descarga del compresor y con un sistema de bombeo que alimenta esta agua a los serpentines descongeladores, a las distintas zonas que se hace necesario. Una de la racionalidad de esta configuración es que el agua está inmediatamente disponible ante una fuga en el refrigerante en un tiempo muy corto.

Estoy convencido que pueden usarse rociadores en salas de máquinas y otras áreas críticas durante las emergencias, para contar el refrigerante que está escapando, hemos dispuesto ventilaciones en salas de máquinas de tal manera que descarguen a través de la aspiración de la torre de enfriamiento, lográndose con esto que algo del amoniaco fugado pueda ser absorbido antes de alcanzar la atmósfera. Es sugerido que el departamento de bomberos pueda tener acceso a lavadores de aire portátiles, con dimensiones que les permitan pasar por los vanos de la puerta, y que puedan trasladarse hasta una cámara que esté sufriendo un problema de fuga, para reducir la atmósfera hasta niveles seguros y para proteger el producto. Este método ha sido usado para remover el anhídrido sulfuroso de cámara de almacenamiento de uvas a 0°C después de la fumigación. Los ambientes son generalmente considerados seguros para entrar en 30 minutos.

Estoy seguro que los jóvenes ingenieros innovativos pueden avanzar mucho en las ideas aquí presentadas. Parece prudente el mas eficiente o barato d los refrigerantes que no está cuestionado por un daño permanente a la atmósfera. Seguro que estas propiedades atraerán mas atención al uso del amoniaco, el refrigerante R-717

Traducido de ASHRAE JOURNAL Dic. 1990, por Julio Gormaz V.

■ ANEXO 2

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INTEGRAL

Introducción :

Toda empresa debe darle la verdadera importancia que tiene el mantenimiento de los equipos. Mas aún si estos son de tal naturaleza que por su fabricación u operación no se tiene mucho conocimiento.

Habiéndose experimentado las causas negativas de la falta de un programa de mantenimiento que permita lograr una eficaz operación al menor costo posible, hemos creído conveniente incluir en el presente manual un PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INTEGRAL. El mismo ha sido elaborado en base a la conjugación de los manuales y experiencia del personal técnico.

Alcance :

El programa de mantenimiento integral se realizará cada (30) días, un 0.1 mes comprenderá de un mantenimiento de equipo preventivo a ejecutarse en forma intercalada y comprende las siguientes actividades que se describen en el rubro correspondiente para cada tipo.

Mantenimiento Preventivo

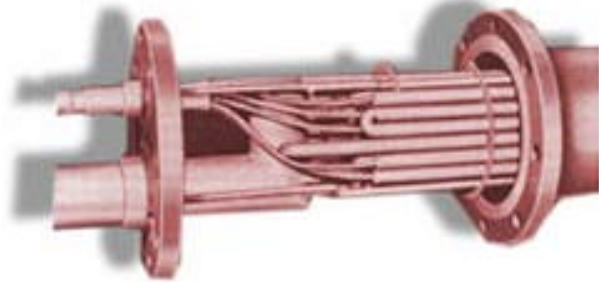
Este tipo de mantenimiento denominado preventivo (MP) tiene por finalidad de prever fallas imprevistas en los equipos por la falta de limpieza o ajuste de los mismos, así como de lograr un rendimiento eficiente de la máquina y tener un récord de funcionamiento logrando una mejor conservación y consecuentemente alargando la vida del equipo.

El MP se realiza cada 30 días (01 mes) haciendo un total de 12 MP al año y comprende lo siguiente:

Compresores de Refrigeración

- Inspección, anotación de presiones de trabajo, succión y descarga.
- Inspección del nivel corrector de aceite, recarga si es necesario.
- Inspección de válvulas de servicio.
- Inspección de pernos de anclaje, y realización de ajuste si es necesario.
- Inspección del monitor eléctrico del compresor.
- Limpieza exterior del compresor.
- Ruidos y vibraciones.

ii. Sistemas de Refrigeración



**ENFRIADOR DE
EXPANSIÓN SECA**

Inspección de fugas de refrigerantes en la línea de líquidos y succión revisando bridas, válvulas, accesorios, etc.

Verificación del sistema y su carga refrigerante

Inspección de controles : Presostato de alta y baja; calibración si es necesario.

Inspección de válvulas, solenoides líquidos y válvulas del tanque receptor.

Inspección de regulación del termostato, regulación si es necesario.

ii Condensadores



**CONDENSADOR DE
DOBLE TUBO**

Inspección del serpentín y limpieza.
Inspección del ventilador y su motor eléctrico.
Inspección de fuga.
Inspección de pernos de anclaje, ajuste si es necesario.

iv Evaporadores

Verificación del ciclo de descongelamiento.
Inspección del serpentín y limpieza.
Inspección de válvulas de expansión, ajuste si es necesario.
Inspección de ventiladores en motores eléctricos.
Inspección general, pruebas de fugas.

V Tablero Eléctrico

Revisión de contactores, relés térmicos.
Revisión de Circuito Integral.
Limpieza y ajuste de todos los elementos.
Inspección de cables, cambio de cintas aislantes de empalmes si es necesario.

VI Motores eléctricos en general

Probar aislamiento.
Prueba de continuidad.
Inspección de rodajes, engrasar si es necesario.
Inspección de placas de conexiones y limpieza.
Medición de Voltaje y Amperaje.

V Tablero Eléctrico

Revisión de contactores, relés térmicos.
Revisión de Circuito Integral.
Limpieza y ajuste de todos los elementos.
Inspección de cables, cambio de cintas aislantes de empalmes si es necesario.

VI Motores eléctricos en general

Probar aislamiento.
Prueba de continuidad.
Inspección de rodajes, engrasar si es necesario.
Inspección de placas de conexiones y limpieza.
Medición de Voltaje y Amperaje.

■ RECOMENDACIONES GENERALES



Con el objeto de que el presente manual sea de gran utilidad al técnico operador, recomendamos que la literatura escrita en él sea complementada con la de los catálogos entregados por el fabricante.

Por otra parte, para el cumplimiento del programa integral expuesto, recomendamos que se implemente lo siguiente :

- Deberá contar con la base teórica en principios de refrigeración.
- Dominar el uso de instrumentos tales como el amperímetro, voltímetro, manifold, manómetros, probadores de fuga, termómetros y otros similares.
- Conocer las principales fallas en el compresor.
- Debe saber regular las válvulas de presión termostática y controles de presión y temperatura.
- Debe saber la operación de cargas de gas refrigerante de líquido y gas.
- Debe conocer y realizar el cambio de aceite de los compresores.
- Debe saber probar continuidad en contactores.
- El personal operador podrá complementarse con otro operador con conocimientos básicos en refrigeración, electricidad y/o mecánico de motores.

2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Se deberá implementar a la unidad con lo siguiente:

- Probador de fugas.
- Un manifold completo para hacer servicio de cargas de gas.
- Un amperímetro / voltímetro AMPROBE o similar.
- Un juego de cortadores, expandidor, pinchador de tubo.
- Un juego de desatornilladores de cruz y paleta.
- Una llave RETCHED de servicio para refrigeración de 1/4".
- Un probador piloto de voltaje.
- Un regulador de presión de nitrógeno.
- Un conjunto de llaves de boca/corona y dado de 3/8 a 5/8 pulgada.

Cabe indicar que este conjunto de herramientas se puede adquirir de acuerdo a sus necesidades y servicios en el caso de contratar un técnico de planta.

3. MATERIALES

Se deberá tener en bodega, los siguientes elementos básicos para poder enfrentar cualquier EMERGENCIA en forma rápida y expedita.

- Una (01) Bombona del refrigerante utilizada.
- Tres (03) Litros de aceite para refrigeración.
- Una (01) Contactora (Tomando como referencia la de mas potencia en el tablero).
- Un (01) Automático tripolar (Tomando como referencia la de mas potencia en el tablero).

CONCLUSIÓN FINAL

Es de suma importancia indicar que de no adaptarse el programa con sus respectivos requerimientos propuestos, el tiempo de vida útil de la máquina se verá reducido en contraposición de la mayor vida útil que se lograría con su mantenimiento adecuado.

ANEXO 3: Clasificación de los refrigerantes (Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, 1979)

Número de identificación del refrigerante	Nombre químico	Fórmula química	Peso molecular en gramos	Punto de ebullición en °C a 1.0313 bar

Grupo Primero: Refrigerantes de Alta seguridad				
R-11	Triclorofluorometano	CCl_3F	137.4	23.8
R-12	Diclorodifluorometano	CCl_2F_2	120.9	-28.8
R-13	Clorotrifluorometano	CClF_3	140.5	-81.8
R-13B1	Bromotrifluorometano	CBrF_3	148.9	-50
R-14	Tetrafluoruro de carbono	CF_4	88	-120
R-21	Diclorofluorometano	CHCl_2F	102.9	8.92
R-22	Clorodifluorometano	CHClF_2	86.5	-10.8
R-113	1.1.2 triclorofluoretano	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	187.4	17.7
R-114	1.2diclorotetrafluoretano	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	170.9	3.5
R-115	Cloropentafluoretano	$\text{CCl}_2\text{F}_2\text{CF}_3$	154.5	-38.7
R-C318	Octofluorciclobutano	C_4F_8	200	-5.9
R-500	R-12 (73.8%) + R-152 ^a (26.2%).....	$\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{CH}_3\text{CHF}_2$	99.29	-28
R-502	R-22 (48.8%)+R-115(51.2%).....	$\text{CHClF}_2/\text{CClF}_2\text{CF}_3$	112	-45.6
R-744	Anhídrido carbónico	CO_2	44	-78.5
Grupo segundo: Refrigerantes de Media seguridad				
R-30	Cloruro de metileno	CH_2Cl_2	84.9	40.1
R-40	Cloruro de metileno	CH_3Cl	50.5	-24
R-160	Cloruro de etileno	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	64.5	12.5
R-611	Formiato de metilo	CHOOCH_3	60	31.2
R-717	Amoniaco	NH_3	17	-33
R-764	Anhídrido sulfuroso	SO_2	64	-10
R-1130	1.2 dicloetileno	$\text{CHCl}=\text{CHCl}$	96.9	18.5
Grupo tercero: Refrigerantes de baja seguridad				
R-170	Etano	CH_3CH_3	30	88.6
R-290	Propano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	-12.8
R-600	Butano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58.1	0.5
R-600a	Iso-butano	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	58.1	-10.2
R-1150	Etileno	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	28	-103.7

**Porcentaje en volumen de concentración
en el aire**

TABLA 2. Efectos fisiológicos de los refrigerantes. (Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas. 1979)

Número de identificación	Nombre Químico	Fórmula Química	Lesión mortal o importante en pocos minutos	Peligro de los treinta a sesenta minutos	Inocuo de una a dos horas	Características	Advertencia
--------------------------	----------------	-----------------	---	--	---------------------------	-----------------	-------------

Grupo Primero: Refrigerantes de alta seguridad

R-11	Triclorofluorometano	CCl_3F			10	a	Pueden producirse gases de descomposición tóxicos en presencia de llamas, su olor intenso proporciona u
R-12	Diclorodifluorometano	CCl_2F_2			20 a 30	b	proporciona u
R-13	Clorotrifluorometano	CClF_3			20 a 30	b	proporciona u
R-13B1	Bromotrifluorometano	CBrF_3			20 a 30	b	proporciona u
R-14	Tetrafluoruro de carbono	CF_4					proporciona u
R-21	Diclorofluorometano	CHCl_2F		10	5	a	proporciona u
R-22	Clorodifluorometano	CHClF_2			20	b	proporciona u
R-113	1.1.2 triclorofluorometano	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$		5 a 10	2,5	a	proporciona u
R-114	1.2diclorotetrafluorometano	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$			20 a 30	b	proporciona u
R-115	Cloropentafluorometano	$\text{CCl}_2\text{F}_2\text{CF}_3$			20 a 30	b	proporciona u
R-115	Octofluorciclobutano	C_4F_8			20 a 30	b	proporciona u
R-12 (73.8%) + R-152 ^a							proporciona u
R-500	R-22 (48.8%)+R-115(51.2%).....	$\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{CH}_3\text{CHF}_2$			20	b	proporciona u
R-502	Anhídrido carbónico	CO_2	8	5 a 6	2 a 4	c	proporciona u
R-744							proporciona u

Grupo Segundo: Refrigerantes de media seguridad

R-30	Cloruro de metileno	CH_2Cl_2	5 a 5,4	2 a 2,4	0,2	a	Gases de descomposición tóxicos e inflamables
R-40	Cloruro de metilo	CH_3Cl	15 a 30	2 a 4	0,05 a 0,1	f	
R-160	Cloruro de etilo	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	15 a 30	6 a 10	2 a 4	f	
R-717	Amoníaco	NH_3	0,5 a 1	0,2 a 0,3	0,01 a 0,03	d,e	Corrosivo
R-764	Anhídrido sulfuroso	SO_2	0,2 a 1	0,04 a 0,05	0,005 a 0,004	d,e	Corrosivo
R-1130	1.2 dicloroetileno	$\text{CHCl}=\text{CHCl}$		2 a 2,5		f	Gases de descomposición tóxicos e inflamables

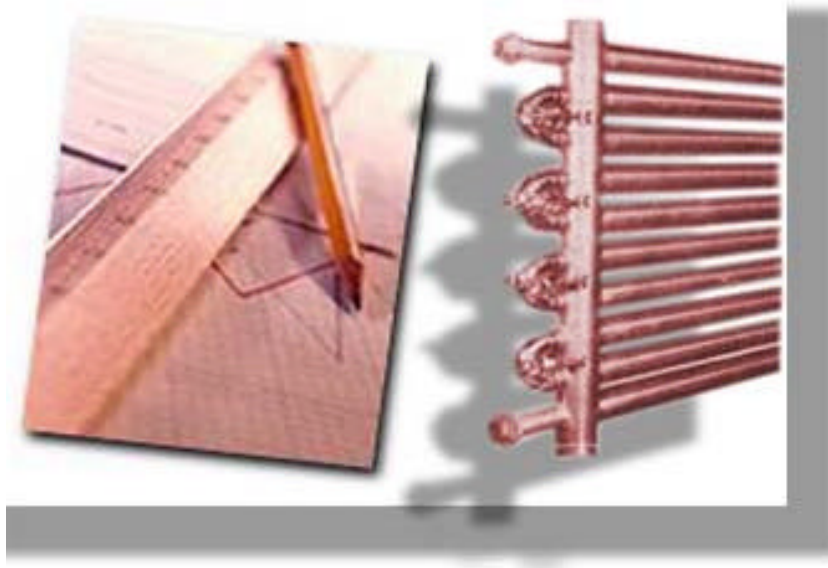
Grupo Tercero: Refrigerantes de baja seguridad

R-170	Etano	CH_3CH_3		4,7 a 5,5	g	Gases Altamente inflamables
R-290	Propano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	6,3	4,7 a 5,5	g	
R-600	Butano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$		5,0 a 5,6	g	
R-600a	Iso-butano	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$		4,7 a 5,5	g	
R-1150	Etileno	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$			g	

Las letras de la columna "Características" significa:

- a) A altas concentraciones produce efectos soporíferos
- b) A altas concentraciones provoca una disminución de la cantidad de oxígeno, originando sofoco y peligro de asfixia.
- c) No posee olor característicos, pero posee un margen muy pequeño entre los erectos no tóxicos y mortales.
- d) Olor característico, incluso a concentraciones muy bajas
- e) Irritante, incluso a concentraciones muy bajas
- f) Muy soporífero
- g) No produce lesiones mortales o importantes a concentraciones por debajo de los límites inferiores de explosión; de hecho, no es tóxico.

■ ANEXO N° 4



Problemas y Soluciones :

1.- El motor eléctrico no funciona.

Sintoma	Causa	Problema	Solución
El motor vibra pero no arranca	<p>A. Problema del motor.</p> <p>B. La carga es excesivamente grande (la presión en el lado de alta y la presión en el cárter del monoblock están muy altos)</p> <p>C. El voltaje está bajo</p> <p>D. La camisa del cilindro (el pistón, el anillo o la sección metálica (mecanismos de sello) está atorado o</p>	Los fusibles están fundidos	<p>A. Inspecciones, reemplace o repare.</p> <p>B. Abra la válvula de paso para purgar la presión del cárter del monoblock.</p> <p>C. Cierre la válvula de detención y abra la válvula de descarga; encienda el compresor otra vez.</p> <p>D. Desensamble, inspeccione, ajuste o reemplace las partes defectuosas.</p>

	se está atorando		
No hay reacción cuando el botón del interruptor eléctrico se oprime	A. Los fusibles están fundidos	La maquinaria se vuelve inefectiva	A. Inspeccione y reemplace
	B. El contacto del interruptor magnético no está bien o el relevador de sobrecarga está todavía en operación C. El cable está cortado D. El HP todavía en operación. Cualquiera de ellos o ambos no están reajustados		

2.- PRESION ALTA NORMAL

Sintoma	Causa	Problema	Solución
El condensador está más caliente de lo normal.	La cantidad de aire de enfriamiento no es suficiente o la temperatura del aire está muy alta.	El interruptor HP resbala o la válvula de seguridad se abre.	Aumentar el flujo de aire de enfriamiento o bajar la temperatura. Hacer uniforme la distribución del aire o limpie las tuberías de enfriamiento
El condensador está caliente en el tope pero frío en fondo. El cárter del monoblock está escarchado.	Refrigerante o aceite permanecen en el condensador, reducido el área de superficie de: a) Obstrucción entre el condensador y el receptor. b) Sobrecarga de carga de refrigerante (el receptor está lleno y el líquido permanece	La capacidad de enfriamiento decrece.	a) Inspecciones, ajustes y retire los obstáculos. b) Descargue el refrigerante.

	el condensador		
La aguja del manómetro del alta presión fluctúa. El condensador está ligeramente más caliente de lo usual	Aire en el condensador o mal funcionamiento del manómetro de presión alta. El paso del gas está obstruido pues el separador de aceite está lleno de aceite.	La capacidad de enfriamiento decrece	Purgue el aire Drene el aceite

4. LA PRESIÓN DE DESCARGA ESTÁ MUY BAJA:

Sintoma	Causa	Problema	Solución
El condensador y el recibidor están fríos	La cantidad de aire de enfriamiento es demasiado grande o la temperatura del aire de enfriamiento está baja		
La tubería del líquido está escarchada, la presión de succión se vuelve vacío	La tubería del líquido o la tubería de succión están obstruidas	La capacidad disminuye	Ajuste de válvulas, inspeccione y limpie
La presión de succión está baja y la válvula de expansión silba		La cámara no está enfriada lo suficiente	Cargue el refrigerante
La presión de succión está alta	Fugas de gas en la válvula de descarga, anillos de pistón o asiento de la válvula de By-Pass	La capacidad disminuye. La camisa está atorada	Inspeccione la válvula y anillos del pistón. Repare. Ajuste o repare.
El cárter del monoblock	Compresión humedad	Peligro de que la	Cierre la válvula de

está escarchada. Las tapas de cabeza también están frías	debido a la excesiva sección de descarga del abertura de la válvula de expansión (temperatura de succión baja debida al flujo de regreso del líquido). Falta refrigerante.	expansión con el compresor en operación.
--	---	--

4.- LA PRESIÓN DE SUCCIÓN ESTÁ MUY ALTA.

Síntoma	Causa	Problema	Solución
El cárter del monoblock está escarchado	La apertura de la válvula de expansión es excesiva. Incremento en la carga.	Ocorre golpeteo de líquido	Ajuste la operación (cierre las válvulas de expansión)
La aguja del amperímetro se eleva	Disminución en la capacidad del compresor (fuga de gas de la válvula de succión, camisa, válvula de seguridad)	Corto del motor	Ajuste la operación
La presión del lado de alta está baja, no escarchada		La cámara no está enfriada lo suficiente	Desensamble e inspeccione. Cambie las partes defectuosas.

5. LA PRESIÓN DE SUCCIÓN ESTA MUY BAJA

Síntoma	Causa	Problema	Solución
La temperatura de la cámara o la temperatura de la salmuera está comparada con la temperatura del lado de baja	La cantidad de refrigerante es muy pequeña o la válvula de expansión está demasiado cerrada	La cámara no está enfriada lo suficiente	Reabastezca el refrigerante o ajuste la operación
El líquido fluye de regreso cuando las válvulas de expansión están abiertas	El aceite permanece en los serpentines de enfriamiento. Demasiada escarcha o hielo en los serpentines de enfriamiento.	La cámara no está enfriada lo suficiente.	Drene el aceite. Descongele

6. SE ESCUCHA UN SONIDO DURANTE LA OPERACIÓN

Síntoma	Causa	Problema	Solución
El sonido metálico se escucha continuamente	Entra un agente. La cabeza del cilindro y el pistón. La válvula de descarga, la de succión o el anillo del pistón están dañados	Peligro de rompimiento del cigüeñal, pintón o la sección de descarga	Desensamble, repare o reemplace. Desensamble y reemplace.
El mecanismo de sello del cigüeñal está sobrecalentado	Abrasión, atoramiento o rompimiento de metales, etc. Presión alta anormal. La bomba de aceite está dañada	Extremadamente peligrosos. Peligro de que se atore el compresor.	Desensamble y reemplace, (tenga cuidado pues este problema a veces es causado por obstrucción en la tubería de aceite) Pare la operación de inmediato, investigue las causas y repare.
El cárter del monoblock está escarchado	Golpeteo de líquido	El tramo de descarga o el pistón están rotos	Apriete las válvulas de expansión durante la operación. Si el sonido es muy pesado cierre la válvula de detención de succión ábrala poco a poco hasta que el sonido sea mínimo.
Sonido de descarga pesado alrededor de las tapas de cabeza	Golpeteo de aceite.		Prevenga el consumo anormal de aceite (si ocurre simultáneamente flujo de retorno de aceite tome los pasos arriba mencionados al mismo tiempo).

7.- EL CONSUMO DE ACEITE ES EXTRAORDINARIO

Síntoma	Causa	Problema	Solución
1. El cárter del monoblock se escarcha fácilmente	Flujo de retorno del aceite que causa la ebullición del aceite	El compresor se vuelve inefectivo	Ajuste la operación remítase al artículo VI sobre golpeteo de aceite
2. No se encuentra nada anormal en ninguna parte.	El oficio nivelador del monoblock está obstruido (demasiado grande en caso de operación de vacío) o el filtro está estrangulado	Ocurre golpeteo del aceite	Inspeccione y limpie el filtro.
3. La tapa de cabeza está sobrecalentada	El aceite se gasta por la combustión debido a la alta presión anormal.	Acumulación de aceite carbonizado o escorias	Baje la presión del lado de alta (remítase al artículo II)
4. La aguja del amperímetro se eleva y se incrementa el consumo de energía aún cuando la carga de refrigerante es normal.	La camisa del cilindro está rota o atorada o el anillo está usado o desgastado.	La camisa o el pistón están atorados	Inspeccione, ajuste o reemplace.
5. El cárter del monoblock está sobrecalentado	Operación sobrecalentada debido a la presión anormal en el lado de alta.	Disminuye la viscosidad del aceite. Adhesión de aceite carbonizado o escorias.	Reemplace con aceite de viscosidad apropiada. Baje la presión del lado de alta.

8.- PROBLEMAS CON EL COMPRESOR

Problema	Causa
Detenimiento del compresor debido a una falla eléctrica	Problema de motor. Desconexión, atoramiento, aislamiento imperfecto, falta de aceite. Parte del componente del sistema de control o el dispositivo de seguridad del tablero de control está descompuesto o no está ajustado correctamente
Problema del compresor debido a defecto mecánico o de otro tipo.	Atoramiento, abrasión o rompimiento ensamblado perfecto, empleo de materiales defectuosos. El compresor se vuelve inefectivo debido al deterioro del aceite lubricante, atoramiento o carbonización del aceite debido a la mezcla con otro tipo de aceite.
Ruido excesivo	Relación de compresión grande, abrasión o soltura de las partes móviles, insuficiencia del presión de aceite o cantidad de abastecimiento de aceite, la tapa ranurada de la válvula de descarga golpea la placa de la válvula debido al golpeteo causado por el flujo de retorno del líquido
Vibración anormal del compresor	Aflojamiento de pernos de ajuste de la base, trabajo de cimentación posicionamiento inapropiado de los soportes de la tubería. Polea del motor desbalanceada ajuste incorrecto de la sección de balanceo o resonancia en armonía con el edificio de la fábrica.
Consumo anormal de aceite	Cuando el aceite se mezcla con líquido en la caja del flujo de retorno del líquido, cuando ocurre un vacío en el cárter del monoblock al cerrar la válvula de succión repentinamente. Cuando el flujo de gas no es uniforme cuando el cárter del monoblock es sobre-caliente, abrasión anormal de los anillos. Del pistón desgaste del pistón a la camisa y presión de aceite excesivamente alta.
La indicación del manómetro de presión es incorrecta	Presión inadecuada de aceite y gas.
Goteo del aceite del mecanismo del sello cigüeñal	Ajuste imperfecto, sello imperfecto como resultado del deterioro de los anillos "O".