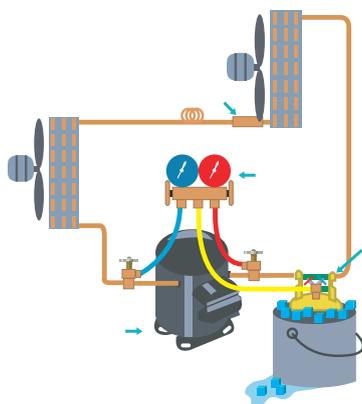


# Frigoristas

## y sus generalidades

FEDERICO MASTRONARDI



G U I A  
C O M P L E M E N T A R I A



**OPDS**  
ORGANISMO PROVINCIAL PARA  
EL DESARROLLO SOSTENIBLE



# AUTORIDADES

Gobernador de la  
Provincia de Buenos Aires

**Axel Kicillof**

Jefe de Gabinete

**Carlos Bianco**

Director Ejecutivo del OPDS

**Juan Brardinelli**



GOBIERNO DE LA  
PROVINCIA DE  
**BUENOS  
AIRES**



**Frigoristas y sus generalidades.  
Guía complementaria.**

Federico Mastronardi



Título original: **Frigoristas y sus generalidades. Guía complementaria.**

Autor: **Federico Mastronardi**

1ra. Edición. La Plata: Organismo Provincial por el Desarrollo Sostenible, 2021

170 p.; 14 x 20 cm. (Serie Guías y Manuales)

Coordinación editorial: **Pablo Amadeo**

Correcciones: **Fernando Barrena**

Diseño: **Agustina Magallanes**

Ilustraciones: **Romina Vidal**

*Frigoristas y sus generalidades. Guía complementaria* es una producción del Área de Publicaciones y Producción de Contenidos del Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible. Esta obra está bajo una Licencia Creative Common.

Participan en desarrollo de este material la Subsecretaría de Fiscalización y Evaluación de Impacto Ambiental, la Dirección Provincial de Controladores Ambientales, la Dirección de Fiscalización de Industrias e Inspección General y la Dirección Provincial de Educación Ambiental y Relaciones con la Comunidad.

OPDS | Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible

Calle 12 y 53 Torre II Piso 14

Buenos Aires, La Plata • C.P. 1900

Tel. (0221) 429- 5548

<https://www.opds.gba.gov.ar/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Compartir Igual 4.0 internacional

**Federico Mastronardi:**  
estudiante de 5to año de  
Ingeniería Especialidad:  
Mecánica UTN FRA

*(AV. Ramón Franco 5050, Villa Dominico, Avellaneda).*

# TABLA DE CONTENIDOS

- 11 Calentamiento global
- 15 Contribución directa del CFCS
- 19 El protocolo de Montreal
  - Refrigeración mecánica
- 25 por compresión de gases CFCs y HCFCs
- 31 Refrigerantes
  - Clasificación de Refrigerantes
- 37 por sus componentes químicos

41	Refrigerantes por su numeración
43	Gases refrigerantes: el amoníaco
55	Refrigerantes utilizados en la industria actual
61	Procedimientos de sustitución de refrigerantes
87	Recuperación y reciclado de refrigerantes
105	Buenas prácticas
152	Definiciones



# CALENTAMIENTO GLOBAL

La temperatura de la tierra se mantiene debido a un equilibrio entre el calor de la radiación solar, que fluye desde el espacio, y el enfriamiento debido a la radiación infrarroja emitida por la superficie caliente de la tierra y la atmósfera, que se escapa volviendo al espacio. El sol es la única fuente extrema de calor de la tierra. Cuando la radiación solar, en forma de luz visible, llega a la tierra, una parte es absorbida por la atmósfera y reflejada desde las nubes y el suelo (especialmente desde los desiertos y la capa de nieve). El resto es absorbido por la superficie que se calienta y a su vez recalienta la atmósfera. La superficie caliente y la atmósfera de la tierra emiten radiaciones infrarrojas invisibles.

Si bien la atmósfera es relativamente transparente a la radiación solar, la radiación infrarroja se absorbe en la atmósfera por muchos gases menos abundantes. Aunque presentes en pequeñas cantidades, estas trazas de gases actúan como un manto que impide que buena parte de la radiación infrarroja se escape directamente hacia el espacio.

Al frenar la liberación de la radiación que provoca el enfriamiento, estos gases calientan la superficie terrestre.

En un invernadero, el vidrio permite entrar la luz solar pero impide que una parte de la radiación infrarroja se escape. Los gases en la atmósfera terrestre que ejercen un efecto similar se llaman gases de invernadero. No se trata ni de nitrógeno ni de oxígeno, los principales componentes de la atmósfera, sino de trazas de gases que incluyen, por ejemplo, el vapor de agua, el dióxido de carbono y el ozono. El vapor de agua es el más importante gas natural de invernadero en la atmósfera. De los gases de invernadero artificiales, los más importantes son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) y los halocarbonos de los cuales los clorofluorocarbonos son las más importantes. El ozono (O<sub>3</sub>), principalmente en la parte inferior de la atmósfera, cuya concentración se ve afectada por las actividades humanas, es también un importante gas de invernadero. Aparte de los CFCs, estos gases existen de modo natural. El vapor de agua tiene un papel preponderante en la cuestión del efecto de invernadero debido a que su concentración está vinculada a la de los demás gases a través de un mecanismo de retorno. El recalentamiento, producido por los demás gases de invernadero, aumenta la evaporación

y hace que la atmósfera puede retener mas vapor de agua, aumentando a su vez el recalentamiento.

Los diferentes gases absorben y atrapan cantidades variables de radiación infrarroja. También persisten en la atmósfera por periodos diferentes e influyen en la química atmosférica (especialmente del ozono) de diferentes maneras. Por ejemplo, una molécula de CFC-12 tiene más o menos el mismo efecto sobre la radiación de 10,600 moléculas de CO<sub>2</sub>. El efecto de una molécula de metano es igual aproximadamente al de 21 veces del efecto del CO<sub>2</sub>, pero la vida útil de la misma es mucho más corta.

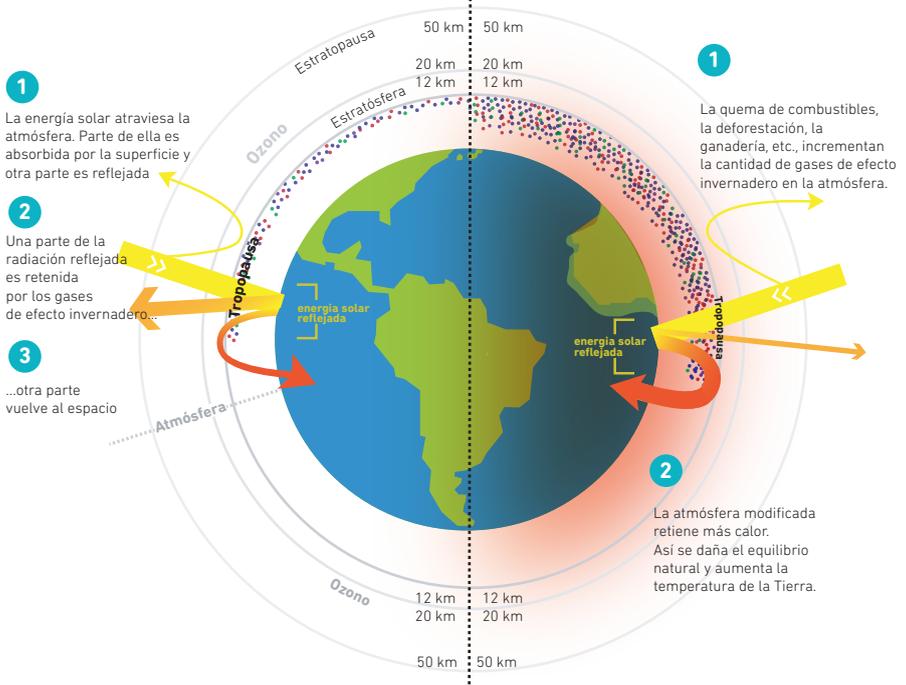
El potencial de calentamiento mundial en la atmósfera (GWP) es un índice que compara el efecto del recalentamiento en un lapso de tiempo para diferentes gases con respecto a emisiones iguales de CO<sub>2</sub> (por peso).

## El efecto invernadero

Es el calentamiento natural de la Tierra. Los gases de efecto invernadero, presentes en la atmósfera, retienen parte del calor del Sol y mantienen una temperatura apta para la vida.

## El calentamiento global

Es el incremento a largo plazo en la temperatura promedio de la atmósfera. Se debe a la emisión de gases de efecto invernadero que se desprenden por actividades del hombre.



# CONTRIBUCIÓN DIRECTA DE LOS CFCs

Dado que la vida útil de los gases es diferente de la del CO<sub>2</sub>, se podrían calcular diferentes GWP, lo cual depende de la extensión de tiempo considerada. La vida útil del CO<sub>2</sub> es del orden de los 200 años en la atmosfera; si se compara con el CO<sub>2</sub>, sobre un plazo corto, un gas cuya vida útil es muy corta, se da relieve al potencial de recalentamiento de este gas y se subestima el potencial de recalentamiento del CO<sub>2</sub>. Tomando una extensión de tiempo de 500 años se pone el relieve del efecto del CO<sub>2</sub> y se subestima la influencia del gas de vida útil corta en el periodo de los primeros 20 a 50 años.

Normalmente se adopta una extensión de tiempo de 100 años. Reemplazar el CFC-12 por el HFC-134a implicará una reducción por un factor de 6 en el calentamiento mundial de la atmosfera si hay emisión del refrigerante.

Utilizando el GWP de los gases junto con sus concentraciones previstas en el futuro da por resultado

escenarios de cambios climáticos en el próximo siglo, un aspecto que recibe más y más atención de los científicos y responsables de tomar decisiones en todo el mundo.

La contribución directa ya se está reduciendo gracias a la limitación de las emisiones tanto por los métodos más estrictos para evitar fugas en los sistemas de refrigeración como por la recuperación de los CFC.

En la siguiente tabla se encuentran los potenciales de agotamiento de la Capa de Ozono y los potenciales de Calentamiento Global de diferentes sustancias utilizadas en refrigeración y aire acondicionado.

<i>Refrigerante No.ASHRAE</i>	<i>Marca</i>	<i>Potencial de Agotamiento de Ozono*</i>	<i>Potencial de Calentamiento Global** Horizontal a 100 Años</i>	<i>Años de vida en la atmósfera</i>
CFCs		CFCs	CFCs	CFCs
R-11		R-11	R-11	R-11
R-12		R-12	R-12	R-12
R-13		R-13	R-13	R-13
R-113		R-113	R-113	R-113
R-114		R-114	R-114	R-114
R-115		R-115	R-115	R-115

Refrigerante No. ASHRAE	Marca	Potencial de Agotamiento de Ozono*	Potencial de Calentamiento Global** Horizontal a 100 Años	Años de vida en la atmósfera
HCFCs		HCFCs	HCFCs	HCFCs
R-23		R-23	R-23	R-23
R-32		R-32	R-32	R-32
R-125		R-125	R-125	R-125
R-134a		R-134a	R-134a	R-134a
R-143a		R-143a	R-143a	R-143a
R-152a		R-152a	R-152a	R-152a
ZEOTROPOS		ZEOTROPOS	ZEOTROPOS	ZEOTROPOS
R-401A	MP39	R-401A	R-401A	R-401A
R-401B	MP66	R-401B	R-401B	R-401B
R-402A	HP81	R-402A	R-402A	R-402A
R-402B	HP80	R-402B	R-402B	R-402B
R-403A	RP69S	R-403A	R-403A	R-403A
R-403B	RP69L	R-403B	R-403B	R-403B
ZEOTROPOS				
R-404A		0	3800	
R-407A		0	2000	
R-407B		0	2700	
R-407C		0	1700	
R-407D		0	1500	
R-408A	FX10	0.016	3000	
R-409A		0.039	1500	
R-409B		0.033	1500	
R-410A	AZ20	0	2000	

Refrigerante No.ASHRAE	Marca	Potencial de Agotamiento de Ozono*	Potencial de Calentamiento Global** Horizontal a 100 Años	Años de vida en la atmósfera
R-413A	AZRP4920	0	1900	
R-414B		0.031	1300	
AZEÓTROPOS				
R-500		0.605	7900	
R-502		0.221	4500	
R-503		0.599	13000	
R-507A		0	3900	
R-508A		0	12000	
R-508B		0	12000	

\*Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO): Capacidad de una sustancia de destruir la capa de ozono estratosférico sobre la base de su vida en la atmósfera, su nivel de reactividad y la cantidad de elementos que pueden atacar el ozono como el cloro y el bromo. Esta capacidad está referenciada a la capacidad del CFC-11 con un PAO=1.

\*\*Potencial de Calentamiento Global (PCG): Medida del efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1 kg de un gas efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO2 en base a un tiempo horizonte de 100 años. El caso de la emisión de 1 kg de HCFC-22 equivale a 1.700 kg de CO2.

\*\*\*Años de Vida en la Atmósfera: tiempo estimado que una sustancia convive en la atmósfera una vez que ha sido liberada, las mezclas de refrigerantes no se especifican debido a que en su composición existen varios refrigerantes con diferentes tiempos de vida en la atmósfera.

# El Protocolo de Montreal

Debido a los problemas que se presentaban con el uso de sustancias agotadoras de ozono en diferentes aplicaciones, la comunidad mundial adoptó las medidas acordadas en el Protocolo de Montreal que se firmó en septiembre de 1987.

Originalmente el Protocolo de Montreal fue firmado por 24 países y la Comunidad Económica Europea.

El Protocolo de Montreal establece reducciones graduales en el uso de las SAOs hasta su eliminación total, separando claramente los países desarrollados con los países en vías de desarrollo ya que su problemática es muy distinta y por consecuencia los calendarios de eliminación tendrían que ser diferentes.

En la tabla siguiente se muestra el acuerdo original de eliminación de SAOs para los diferentes países.

<i>SUSTANCIA AGOTADORA DE LA CAPA DE OZONO</i>	<i>LISTADAS EN EL ANEXO-GRUPO DEL PROTOCOLO DE MONTREAL</i>	<i>LÍNEA BASE</i>	<i>COMPROMISO DE REDUCCIÓN</i>
CFCs	A-I	Consumo promedio de los años 1995-1997	50% a partir de 2005 85% a partir de 2007 100% a partir de 2010
Halones	A-II	Consumo promedio de los años 1995-1997	50% a partir de 2005 100% a partir de 2010
Bromuro de Metilo	E-I	Consumo promedio de los años 1995-1998	20% a partir de 2005 100% a partir de 2015
Otros CFCs	B-I	Consumo promedio de los años 1998-2000	20% a partir de 2003 85% a partir de 2007 100% a partir de 2010
HCFCs	C-I	Consumo promedio del año 2015	100% a partir de 2040

La tabla anterior mostraba el acuerdo original de la eliminación paulatina de los HCFCs en los países clasificados como Artículo 5 (Países en vías de desarrollo), en la reunión del comité ejecutivo del Protocolo de Montreal se acordaron las siguientes fechas que modifica el plan original y convierte a la regulación en una acción acelerada para la reducción y eliminación de HCFCs en los países A5.

Esta nueva regulación establece que se deben medir los consumos de los países en los años 2009 y 2010 y el volumen de consumo de estos dos años será promediado para establecer la base de consumo en el año 2013.

Esto indica que aún cuando se incremente el consumo de HCFCs en los países A5 en los años 2011 y 2012, en el año 2013 se debe cumplir con el consumo base establecido (llamado congelamiento de consumo) y a partir del 2015 se inicia la reducción de los consumos con una disminución del 10% y así sucesivamente.

En la tabla se muestra esquemáticamente la reducción del consumo de HCFCs en los países Artículo 5.

PROGRAMA DE ELIMINACIÓN DE HCFCs	ORIGINAL	NUEVO
Línea Base	2015	9-2010
Congelamiento	2016	2013
Reducción de 10%	-----	2015
Reducción de 35%	-----	2020
Reducción de 67.5%	-----	2025
Reducción de 97.5%	-----	2030
Reducción de 100%	-----	2040

Programa nuevo de reducción de consumo de HCFCs países A5

## Enmiendas al Protocolo de Montreal

El acuerdo original del Protocolo se modificó con la primera enmienda establecida en Londres en 1990 donde se incluía a los HCFCs como sustancias que deberían de ser reguladas, se ampliaron también las naciones firmantes a 55 países y se reforzaron las cláusulas de este acuerdo.

En 1992 se realizó la otra enmienda en la ciudad de Copenhague donde hubo algunas modificaciones y en esa ocasión asistieron más de 90 países que acordaron cumplir con el Protocolo.

Estas enmiendas principalmente se han realizado por diferentes razones, para actualizar fechas de cumplimiento, para agregar o modificar cláusulas del acuerdo, cambiar especificaciones, etc.

En resumen, al Protocolo de Montreal se le han hecho cuatro enmiendas:

- Enmienda de Londres
- Enmienda de Copenhague
- Enmienda de Montreal
- Enmienda de Beijing



# Refrigeración mecánica por compresión de gases CFCs y HCFCs

En los años 30's del siglo pasado, después de la creación de los CFC, HCFC y de los pequeños motores eléctricos, la utilización de los refrigeradores a compresión en los hogares comenzó a desarrollarse considerablemente. En muchas casas también se utilizaban refrigeradores a gas en los que se empleaba el enfriamiento por absorción de amoníaco/vapor de agua y eran accionados por el calor de gas en vez de un motor. Estos refrigeradores se utilizan todavía en los vehículos llamados recreo. Actualmente, sin embargo, los refrigeradores a compresión por vapor son los utilizados más comúnmente en el hogar.

Los principios de funcionamiento de la refrigeración por compresión de vapor, en forma simplificada, pueden

dividirse en cuatro operaciones: evaporación, compresión, condensación y expansión.

**Evaporación.-** En esta etapa del ciclo de refrigeración el refrigerante llega al evaporador en estado parcialmente líquido y a baja presión. Al ponerse en contacto con el medio que se desea enfriar, el refrigerante al absorber calor del medio, inicia su ebullición evaporándose a lo largo del evaporador hasta llegar a tener un sobrecalentamiento.

**Compresión.-** Una vez que el refrigerante abandona el evaporador, este se encuentra como vapor sobrecalentado y es dirigido hacia el compresor el cual succiona el refrigerante para comprimirlo y elevar su presión. Generalmente los compresores son accionados por medios mecánicos obteniendo su energía de motores eléctricos integrados al compresor.

**Condensación.-** El refrigerante ahora se encuentra con una alta presión y un mayor grado de sobrecalentamiento y es enviado hacia el condensador donde puede entonces volver al estado líquido mediante la emisión de calor hacia el exterior. Generalmente la fuente de enfriamiento es el aire

sin embargo existen condensadores que utilizan agua como medio de enfriamiento.

**Expansión.-** El líquido de alta presión que abandona el condensador. Se traslada hacia el dispositivo de expansión en donde se baja su presión y parte del líquido se evapora. En esta etapa, tenemos un refrigerante parcialmente líquido frío listo para comenzar todo el ciclo de nuevo.

## Termodinámica

Para poder entender los conceptos básicos de la refrigeración, es importante dar un repaso a los diferentes conceptos de la termodinámica. Como algunos están ya definidos en muchos libros, se mencionarán solo los más importantes.

Una ley importante de la termodinámica es que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

Otra ley menciona que el calor como forma de energía siempre va a fluir de un cuerpo con temperatura más alta a otro con temperatura más baja, esta ley es particularmente importante porque da lugar al proceso de refrigeración, donde

los materiales a ser refrigerados desprenden su calor interno para dirigirlo a otro fluido o cuerpo con menor temperatura.

El calor, que es una forma de energía y es definido en los anexos de este manual, siempre va a fluir de una sustancia caliente a una más fría.

El calor provoca cambios de estado, un fluido líquido puede cambiarse a vapor solo con la absorción de calor y viceversa un vapor puede condensarse si se le extrae calor.

### **Formas de transmitir el calor:**

- Por Conducción
- Por Convección
- Por Radiación

**Conducción.-** El calor es transferido de la parte más caliente del material a la parte más fría, este proceso de transferencia de calor ocurre principalmente en metales que son buenos conductores del calor. Esto explica por qué la gran mayoría de metales a temperatura ambiente dan sensación de estar fríos.

**Convección.-** Este tipo de transferencia de calor ocurre exclusivamente en los fluidos en estado líquido o gaseoso y se

realiza cuando un fluido se calienta y se expande haciéndose más liviano que la otra parte del fluido circundante, elevándose por encima de su entorno y dejando su lugar al fluido más frío. Este proceso se observa en el aire acondicionado.

**Radiación.-** El ejemplo clásico de este proceso de transferencia de calor es el fenómeno de calentamiento de la tierra por los rayos del sol, que aún cuando se encuentra a una distancia considerable, se percibe el calor que emite.



# Refrigerantes

Un refrigerante es un fluido capaz de transportar el calor de un lado a otro en cantidades suficientes para desarrollar una transferencia de calor. Los refrigerantes son los fluidos de trabajo en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Estos productos absorben el calor de un área como el espacio acondicionado de una sala y es expulsado en otra área exterior generalmente por conducto del evaporador y del condensador respectivamente.

A lo largo de la historia de la refrigeración, se han utilizado varios tipos de refrigerantes, algunos tóxicos, otros inflamables, algunos más con propiedades ambientales limitadas, etc. Lo que ha llevado a la conclusión de que no existe hasta el momento un refrigerante ideal.

Para poder tener una mejor decisión de qué tipo de refrigerante se debe utilizar en una instalación de refrigeración y/o aire acondicionado, es importante considerar 4 factores básicos:

- Factores Ambientales
- Factores Económicos
- Factores de Seguridad
- Factores de Desempeño

Cada uno de estos puntos puede influir en forma muy importante si las instalaciones de refrigeración y aire acondicionado pueden ser viables de ser operadas por largo tiempo.



## Factores Ambientales

Factores como el Potencial de Agotamiento a la Capa de Ozono y el Potencial de Calentamiento Global pueden influir en forma determinante en si una instalación de refrigeración está operando en forma regular y no va a tener problemas en el futuro para seguir operando. El caso más drástico en estas fechas es por ejemplo las instalaciones antiguas operando con R-12, un refrigerante que está fuertemente regulado en los países de la región y será muy difícil seguir operando sin hacer cambios de refrigerante apropiado.

Ahora bien, con los ajustes que se han realizado en la regulación de los HCFCs, las instalaciones operando con R-22 pueden ser amenazadas por la limitación de la oferta de este refrigerante en los próximos años.

## Factores Económicos

El costo de la instalación es el adecuado para la inversión que se está haciendo o representa un fuerte gasto original.

El refrigerante puede ser manejado en forma adecuada sin hacer grandes inversiones en el manejo, almacenamiento

y disposición o representa un gran gasto en la operación de los sistemas.

### Factores de Seguridad

El refrigerante utilizado es seguro en su manejo, es tóxico o inflamable.

Si tiene alguna de estas propiedades sería importante revisar todos los manuales de seguridad para el manejo seguro del refrigerante debido que algunos refrigerantes no son permitidos en varias aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado.

Como ejemplo se puede citar al amoníaco que es un buen refrigerante, sin embargo, no puede ser instalado en heladeras domésticas y comerciales.

### Factores de C

El refrigerante utilizado cumple con su labor o técnicamente es incapaz de poder desempeñar el trabajo en donde fue instalado.

Su coeficiente de desempeño (COP)<sup>2</sup> es apropiado para la aplicación en donde está instalado o está fuera de lugar según sus propiedades termodinámicas.

Como se comentó anteriormente, el análisis de estos factores es muy importante cuando se tenga que enfrentar a la decisión de instalar nuevas maquinas o hacer las mejores recomendaciones a los propietarios de sistemas para los siguientes años en donde la regulación de muchas sustancias puede hacer que los equipos dejen de operar aun cuando no hayan llegado a su vida útil.



# Clasificación de Refrigerantes por sus componentes químicos

En la industria de la refrigeración y aire acondicionado se han utilizado múltiples sustancias químicas con diferentes características, desde las que no son inflamables ni tóxicas hasta las que presentan índices de inflamabilidad y toxicidad que provocan un mayor cuidado en el uso de los equipos y la prevención de fugas. En la parte siguiente se especifican los más utilizados en los sectores de consumo.

## **Clorofluorocarbonos (CFCs)**

Compuestos altamente estables debido a su composición química basada principalmente en moléculas de cloro, flúor

y carbono. Fueron introducidos al mercado en los años '30 del siglo pasado y tuvieron gran utilización en sectores de refrigeración, aire acondicionado, como solventes en la industria electrónica y metalmecánica, como agentes de espumado para la elaboración del poliuretano y poliestireno y como esterilizantes médicos.

### **Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs)**

Compuestos estables de composición química similar a los CFCs pero con menos contenido de cloro en su molécula que provoca menores potenciales de agotamiento a la capa de ozono. Estos productos han sido utilizados en la refrigeración, aire acondicionado, como espumantes en la fabricación de poliuretano y como propelentes en la industria del aerosol.

### **Hidrofluorocarbonos (HFCs)**

Compuestos químicos libres de cloro que tienen cero potencial de agotamiento a la capa de ozono pero continúan teniendo altos índices de potencial de calentamiento global. Estas sustancias han sido elegidas para sustituir a las SAOs en las diferentes aplicaciones, sin embargo su futuro es

incierto a largo plazo debido a la importancia que ha cobrado el problema de cambio climático en el mundo.

Estas sustancias pueden ser utilizadas en todas las aplicaciones de los CFCs y HCFCs por lo que a corto plazo han sido una solución de sustitución de SAOs.

### **Hidrocarburos (HCs)**

Substancias con buena capacidad de refrigeración y termodinámicamente aceptables para ser utilizadas en refrigeración, aire acondicionado y como espumante de poliuretano y poliestireno así como propelente en la industria del aerosol.

Tienen propiedades ambientales muy aceptables debido a que no dañan la capa de ozono y tienen un bajo potencial de cambio climático, sin embargo su alta inflamabilidad los limita a ciertas aplicaciones por los altos costos de instalación y mantenimiento que son necesarios para aumentar la seguridad de los usuarios.

## Compuestos inorgánicos (R-717, R-744)

El amoníaco (R-717) es un excelente refrigerante que ha sido utilizado desde los principios de la refrigeración. Tiene una alta capacidad de refrigeración y su aceptación es muy amplia entre los usuarios.

Su limitante es su alto nivel de toxicidad que ha provocado que este refrigerante solo sea utilizado en la refrigeración industrial de grandes cargas y lejos de los usuarios finales para evitar el contacto de este refrigerante con las personas.

También es posible utilizarlo como refrigerante secundario en sistemas donde el diseño de los mismos permitan su instalación.

El Bióxido de Carbono (R-744) es un refrigerante que ha sido probado en varias aplicaciones debido a sus excelentes propiedades ambientales.

La limitante de este refrigerante es su alta presión de operación que no permite hacer diseños en todas las aplicaciones. Actualmente es instalado en heladeras domésticas y comerciales con compresores fraccionarios y también es utilizado en sistemas como refrigerante secundario.

# Clasificación de Refrigerantes por su numeración

Existen diferentes tipos de refrigerantes que son utilizados en la industria de la Refrigeración y aire acondicionado actualmente, en seguida se hace una clasificación de los más comunes según la norma 34 del ASHRAE con la finalidad de no manejar nombres químicos para las sustancias.

**Refrigerantes Puros.-** Son aquellos que solo tienen un componente químico y su comportamiento está basado en las propiedades termodinámicas propias de la sustancia. Como ejemplos se pueden citar el refrigerante 12(R-12), el refrigerante 11 (R-11), el propano (R-290), etc.

**Refrigerantes Azeotrópicos.-** Son mezclas de refrigerantes principalmente de dos componentes, los cuales se comportan

como un compuesto puro debido a que no tienen variación de temperatura y presión en los cambios de fase si se encuentran en su punto de azeotropía. Para casos prácticos su comportamiento es muy similar a un compuesto puro. Como ejemplo se puede citar a los refrigerantes R-502, R-507, R-508B, etc.

**Refrigerantes Zeotrópicos.-** Son mezclas de refrigerantes que sí tienen variaciones de temperatura cuando existe un cambio de fase (condensación o evaporación). Esto se debe principalmente a que los componentes que conforman la mezcla tienen diferentes puntos de ebullición. A esta variación de temperatura se le llama deslizamiento de temperatura o "glide" que debe ser considerado cuando se instalen este tipo de refrigerantes en los sistemas.

En esta clasificación también se le llama series de refrigerantes cuando los componentes puros son de la serie del metano y etano (decenas y centenas), Series 400 Refrigerantes Zeótropos y Series 500 Refrigerantes Azeótropos.

# Gases refrigerantes: el amoníaco

En adelante, describiremos las propiedades más interesantes de este gas, algunas posibilidades de aplicación y los controles utilizados para la refrigeración por amoníaco.

## Ventajas del amoníaco

### Transferencia de calor

- Superior a la de los refrigerantes fluorados más utilizados.
- Su capacidad es de cuatro a cinco veces mayor que la del R12 y el R22, cuyas capacidades de transferencia de calor se ven disminuidas en la práctica cuando se mezclan con el aceite.
- El amoníaco no se mezcla con el aceite, pero sí se forman emulsiones que complican la operación en plantas industriales sobre todo cuando el estado de los compresores no es óptimo.

## Diseño del equipo

- Puesto que el amoníaco no se mezcla con aceite, el diseño del equipo es más sencillo.
- No se necesitan tuberías verticales dobles y el aceite circulante no ocasiona caídas de presión.
- Una ampliación de la capacidad existente es muy sencilla, basta con una disposición adecuada de tuberías para poder añadir compresores y evaporadores o condensadores, sin tener que preocuparse por el retorno del aceite. De esta forma, se pueden explotar las posibilidades de ahorro de energía que ofrece una planta de múltiples compresores.

## Grosor de la pared de tuberías

La mayor capacidad de refrigeración implica un caudal másico inferior que, junto con una viscosidad también inferior, se traduce en tuberías mucho menos costosas.

Estas tuberías deben ser de acero o aluminio, materiales más baratos que el cobre necesario para los sistemas que transportan refrigerantes fluorados.

## Miscibilidad con el agua

- El agua es totalmente soluble en amoníaco que, por lo tanto, es muy tolerante. En una gran planta de refrigeración, resulta muy difícil detectar un contenido del 5% de agua a través de los manómetros y termómetros que se suelen adquirir para tales sistemas.
- Muchas instalaciones funcionan con un contenido de agua relativamente elevado sin inconvenientes importantes. Por consiguiente, no se precisan secantes de filtros, visores de líquido ni indicadores de humedad y la válvula de expansión nunca se congela.

## Precio

- El amoníaco se fabrica para muchos usos además de refrigeración, factor que puede contribuir a mantener su precio bajo.
- En cualquier caso, el precio del amoníaco es muy inferior al coste de la mayoría de los refrigerantes fluorados, y además con cantidades significativamente inferiores se consiguen los mismos efectos.

## El amoniaco y el medio ambiente

- El amoniaco es considerado para el futuro como uno de los sustitutos más eficaces a los fluidos reglamentados por el protocolo del Montreal (1987).
- De todos los sustitutos actualmente disponibles, el amoniaco es el único refrigerante que no afecta la capa de ozono y no provoca efecto invernadero, siendo un compuesto a base de átomos de hidrógenos y la molécula no tiene presencia de átomos de cloro o de bromo.
- En caso de ser vertido en estado líquido se evapora en forma prácticamente instantánea, ya que su temperatura de ebullición a la presión atmosférica es a  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$  y es así que no hay riesgo de contaminación de aguas subterráneas o de superficie.
- Es así que hoy queda establecido que los constructores son capaces de producir compresores a amoniaco de pequeña potencia y que equipamientos de acondicionamiento de aire a amoniaco pueden ser instalados en lugar de aquellos que funcionan con refrigerantes fluorados teniendo en cuenta que en la concepción de las máquinas para amoniaco no debe haber cobre ni sus aleaciones.

- Asimismo se deberá considerar de tener una separación entre los locales a acondicionar y la sala de máquina, y utilizar un circuito intermediario mediante un fluido caloportador.

### **El amoniaco excelente fluido frigorífico**

Como fluido frigorífico el amoniaco presenta numerosas ventajas, siendo las más importantes las siguientes:

- Posee buenas propiedades termodinámicas, de transferencia de calor y de masa.
- Es químicamente neutro para los elementos de los circuitos frigoríficos, salvo para el cobre y sus aleaciones que son materiales ampliamente usados en las instalaciones con fluidos halogenados. Es por eso que no se debe cargar amoniaco en los circuitos con refrigerantes halogenados.
- El amoniaco no se mezcla con el aceite de lubricación.
- No es sensible a la presencia de aire húmedo o del agua.
- Es fácilmente detectable en caso de fuga así sea muy leve, de esta forma es muy difícil tener una falla del circuito por vaciado progresivo de la instalación. Reacciona con los humos procedentes de la combustión de velas de azufre, generando un humo blanco característico y fácilmente visible.

- El amoníaco es el fluido frigorífico de menor costo en su valor de compra.
- Las máquinas frigoríficas a amoníaco son de un precio muy competitivo en inversión inicial y costo de funcionamiento (buen aprovechamiento de la energía).

### El amoníaco y el hombre

● El amoníaco que es una sustancia natural, es producido en gran cantidad por sociedades químicas (producción mundial 120.000.000 de toneladas en 1984), para diversos usos y en 1º lugar para abono en usos agrícolas.-

- 1.** Se quema cuando la condensación en el aire está entre el 16 y el 25%. El punto de autoinflamación de la mezcla es a una temperatura de 651 °C. Es por esto que el riesgo de inflamación es muy limitado.
- 2.** La dilución del NH<sub>3</sub> en el agua y las soluciones acuosas son exotérmicas (riesgos de quemarse en los ojos en medio contaminado por el NH<sub>3</sub>).
- 3.** Tiene un efecto sofocante. Se estima que el valor límite de exposición para el hombre es de 25 ppm. El olor característico crea una reacción de pánico a baja concentración en el aire.

En altas concentraciones provoca dificultades respiratorias llegando al ahogo. La dosis mortal es de 30.000 ppm. El NH<sub>3</sub> no tiene acción tóxica recurrente en caso de inhalación por el hombre o los animales.

- Los peligros que presenta el amoniaco que lo llevaron a clasificarlo como sustancia peligrosa, son hoy muy bien conocidos por los profesionales que han publicado las medidas a adoptar en caso de fugas accidentales.
- De todas maneras es de hacer notar que si se produce una fuga al ambiente del NH<sub>3</sub> que circula dentro de la instalación frigorífica, y el fuerte olor acusa inmediatamente el punto de fuga, ya que con concentraciones de 5 ppm. ya se detecta mediante el olfato.
- Es así que hay un mundo millares de depósitos de gran volumen para el almacenamiento de productos perecederos que funcionan con NH<sub>3</sub>.

# Series de refrigerantes

Serie	Nombre	Gas
000	Metano	R-12
100	Etano	R-134a
400	Zeotropo	R-401A
500	Azeotropo	R-502

***La metodología para encontrar los números de refrigerantes puros es la siguiente:***

- El dígito de la extrema derecha se refiere a la cantidad de moléculas de flúor que tiene el compuesto. El dígito siguiente a la izquierda se refiere a la cantidad de moléculas de hidrógeno que tiene el compuesto más uno.
- El dígito de siguiente a la izquierda se refiere a la cantidad de moléculas de carbono que tiene el compuesto menos uno (cuando este dígito es cero no se escribe).
- El dígito a la extrema izquierda se refiere a los dobles enlaces que tienen las moléculas de carbono.

El ejemplo típico es el refrigerante 12 que químicamente se llama diclorodifluoro-metano y la fórmula es  $\text{Cl}_2\text{F}_2\text{C}$  (dos cloros, dos flúor y un carbono). Es un buen ejercicio hacer la práctica como llegar al número 12 partiendo de estos datos.

También es importante comentar que los refrigerantes hidrocarburos obtienen sus números partiendo de esta regla. Por ejemplo el propano no tiene moléculas de flúor, tiene ocho hidrógenos y tres carbonos. Si seguimos la regla antes mencionada nos indica que el número del propano es el R-290, para el butano el numero es R-600.

Asimismo se menciona que para los refrigerantes inorgánicos se le ha asignado la serie 700 solo agregando su peso molecular. Por ejemplo el  $\text{CO}_2$  tiene como numero de refrigerante R-744 (Peso Molecular del  $\text{CO}_2 = 44$ ), el amoniaco R-717.

La norma 34 de ASHRAE clasifica también a los refrigerantes por su toxicidad e inflamabilidad de acuerdo a las concentraciones que se presentan cuando un refrigerante es emitido a la atmosfera y entra en contacto con las personas.

Estas concentraciones de refrigerantes en el medio ambiente deben tener ciertos límites de seguridad que permitan que un trabajador se encuentre seguro en su lugar de trabajo. Estos índices son el TLV y el TWA.

**TLV (Threshold Limit Value).**- Concentración máxima permisible en la que un trabajador puede estar expuesto a la sustancia durante un periodo diario de 8 h por cinco días a la semana durante 40 años sin tener ningún efecto negativo a su salud.

**TWA.-** Valor ponderado de concentración en el tiempo expresada en horas por día.

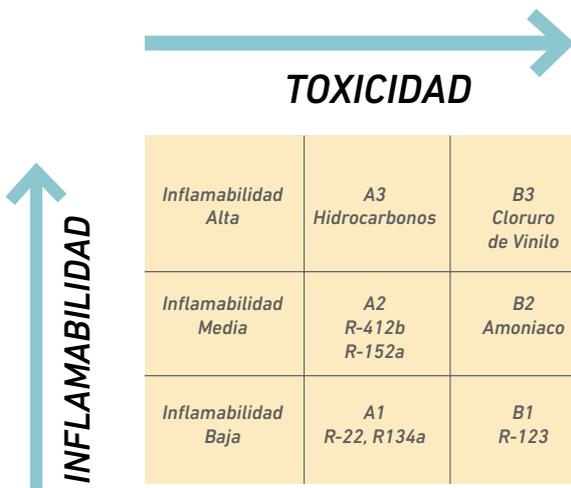
Muestra gráficamente las diferentes clasificaciones de los refrigerantes según la norma 34 del ASHRAE.

Con el objeto de ser más claro se hacen las siguientes aclaraciones con respecto a lo que indica la norma:

La clasificación A1 establece que un refrigerante es no inflamable ni tóxico por encima de concentraciones de 400 partes por millón, generalmente los refrigerantes R-22, R-134a, R-404A son clasificados como A1 debido a que no son inflamables.

Por ejemplo, el refrigerante R-123 es clasificado como un B1, es un refrigerante no inflamable pero debe mantenerse en concentraciones menores de 50 ppm para mantener las condiciones laborales en condiciones de trabajo seguro.

Así todos los refrigerantes son evaluados por sus características de toxicidad e inflamabilidad y en las hojas de seguridad de los mismos se puede observar cómo está clasificado el que se desee utilizar.



*Clase A: TLV/TWA 400 ppm o mayor  
Clase B: TLV/TWA 399 ppm o menor*

*La Inflamabilidad también se clasifica  
Clase 1: no propaga la flama  
Clase 2: baja propagación de flama  
Clase 3: alta propagación de flama*



# Refrigerantes Utilizados en la Industria Actual

En esta parte se tratarán las características de los refrigerantes que son utilizados actualmente en la industria, muchos de estos productos han sido utilizados para la elaboración de diversos productos sin embargo en esta ocasión nos concentraremos en el uso como refrigerantes exclusivamente.

Algunos de los siguientes refrigerantes son conocidos tradicionalmente y tienden a ser eliminados en los meses próximos debido al Protocolo de Montreal pero algunos otros han sido utilizados como alternativas de sustitución para CFCs y HCFCs.

## **Refrigerante 12 (CFC-12)**

Refrigerante tradicionalmente utilizado en heladeras domésticas y comerciales así como en el aire acondicionado automotriz, sus propiedades refrigerantes lo llevaron a ser

uno de los preferidos de los técnicos debido a su excelente estabilidad y buena capacidad calorífica.

Actualmente se encuentra en vías de eliminación por ser un CFC que tiene alto potencial de agotamiento a la capa de ozono.

### **Refrigerante 11 (CFC-11)**

Un refrigerante líquido a temperatura ambiente que fue utilizado principalmente para los equipos centrífugos de aire acondicionado y como agente de limpieza para sistemas de refrigeración en general.

Actualmente se encuentra en vías de eliminación por ser un CFC que tiene alto potencial de agotamiento a la capa de ozono.

### **Refrigerante 22 (HCFC-22)**

Refrigerante utilizado actualmente en la gran mayoría de los equipos de aire acondicionado unitario, en refrigeración comercial de media y baja temperatura.

Su alta demanda mundial se debe a varios factores; amplia disponibilidad, antigüedad en el mercado, versátil y con buena capacidad calorífica, su fecha de eliminación sigue siendo distante y fue utilizado como sustituto desde el inicio de la regulación de los CFCs.

### **Refrigerante 502 (CFC-502)**

Este refrigerante fue utilizado para la refrigeración de baja temperatura y en sistemas en cascada para equipos de laboratorio. Es una mezcla azeotrópica de R-115 y R-22 que está próximamente siendo eliminado por las regulaciones del Protocolo de Montreal debido a que es considerado como un CFC.

### **Refrigerante 401A (HCFC-401A)**

Refrigerante mejor conocido como MP39 que ha sido un sustituto del R-12 en diversas aplicaciones y actualmente es utilizado en algunos mercados de la región como alternativa de sustitución, su limitante es su alta temperatura de descarga que en climas calurosos representa un problema si no se realizan ajustes en el condensador de los sistemas a ser reacondicionados.

### **Refrigerante 401B (HCFC-401B)**

Este refrigerante solo se ha utilizado en algunos países como sustituto del R-12 en baja temperatura, es un buen refrigerante sin embargo su limitante son los escasos sistemas operando en condiciones de media presión y baja temperatura. También se le conoce a este refrigerante como MP66.

### **Refrigerante 402A (HCFC-402A)**

Refrigerante conocido también como el HP80 que ha sido una alternativa de sustitución al R-502 en baja temperatura, el uso de este producto es limitado por varios factores, el principal es que no es muy conocido en los países de Latinoamérica.

### **Refrigerante 402B (HCFC-402B)**

Refrigerante conocido como HP81 que ha sido utilizado principalmente en máquinas de hielo de pequeñas capacidades, un refrigerante eficiente que sustituyó al R-502 en esta aplicación.

### **Refrigerante R-406A (HCFC-406A)**

Un refrigerante utilizado en algunos países para sustituir al R-12 en heladeras domésticas y comerciales así como en sistemas de refrigeración de mayor capacidad. Es un buen sustituto sin embargo en algunos países se ha encontrado con problemas de calidad. Debido a que es una mezcla zeotrópica su composición debe ser la especificada para este refrigerante.

### **Refrigerante 134a (HFC-134a)**

Un refrigerante HFC que tiene cero potencial de agotamiento de ozono que ha sido sustituto del R-12 en diversas aplicaciones y que se ha utilizado como refrigerante alternativo para equipo nuevo, es un compuesto puro que tiene versatilidad y fácil manejo, para aplicarlo se debe utilizar lubricante sintético a base de poliolester.

Es utilizado actualmente en la mayoría de los vehículos tanto en automóviles como en autobuses de pasajeros y en la gran mayoría de heladeras domésticas y comerciales.

### **Refrigerante 404A (HFC-404A)**

Una mezcla zeotrópica con muy bajo deslizamiento de temperatura y muy versátil ya que puede trabajar para media y baja temperatura en sistemas de refrigeración comercial de diferentes capacidades. Este refrigerante ha sido instalado en grandes cadenas de supermercados y en vehículos de transporte de carga refrigerada con muy buenos resultados.

Es un HFC con cero potencial de agotamiento de ozono pero continúa teniendo un leve potencial de calentamiento global.

### **Refrigerante 507 (HFC-507)**

Un refrigerante que es una mezcla azeotrópica que es muy similar al R-404A y generalmente ha sido instalado en cadenas de supermercados para baja temperatura.

Al igual que R-404A su potencial de agotamiento de ozono es cero pero continúa teniendo elevado potencial de calentamiento global.

En la tabla se especifican otras mezclas de refrigerantes HFCs que pueden ser buenos sustitutos a los HCFCs que tienden desde ya a ser sustituidos debido a la nueva regulación de estas sustancias acordada en las últimas reuniones del Protocolo de Montreal.

# Procedimientos de Sustitución de Refrigerantes

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentarios
R-423A	39-TC	R-12	Zeotrópico Mezcla	Alquilbenceno Poliéster	Enfriadoras de agua centrífugas diseñadas para R-12.	Cercano al R-12 con presión y temperatura de descarga similar al R-12.
Pendiente de asignar	MO-29	R-22		Mineral Alquilbenceno Poliéster	Enfriadoras de agua de expansión directa.	Cercano al R-22 con presión y temperatura de descarga menores al R-22.
R-417A	MO-59	R-22	Zeotrópico Mezcla	Mineral Alquilbenceno Poliéster	A/C residencial y comercial enfriadoras de agua, aplicaciones en media temperatura.	Cercano al R-22 con presión y temperatura de descarga menores al R-22.
R-422A	MO-79	R-22 R-502 HP-80 HP-81 R-408A	Zeotrópico Mezcla	Mineral Alquilbenceno Poliéster	Aplicaciones comerciales e industriales en media y baja temperatura.	Cercano al R-22 con presión y temperatura de descarga menores al R-22.
R-413A	MO-49	R-12 MP-39 MP-66 R-409A	Zeotrópico Mezcla	Mineral	A/C automotriz, A/C Comercial, sistemas de refrigeración.	Cercano al R-12 temperatura de descarga similar al R-12.
Pendiente de asignar	MO-89	R-13B1		Mineral Alquilbenceno Poliéster	Baja y ultra baja temperatura (-40°F hasta -100°F)	Cercano al R-3B1.

Hoy en día cuando la regulación de refrigerantes que dañan la capa estratosférica de ozono ésta cada vez más cerca de eliminar a los CFCs y se inicia la regulación de HCFCs en los países Artículo 5 a los que pertenece Paraguay, se deben hacer cambios en los equipos que aseguren la continuidad de la operación de los sistemas de refrigeración.

En este capítulo veremos los diferentes procedimientos de sustitución de refrigerantes en los diferentes campos y aplicaciones.

Existen en esencia 6 procesos de sustitución que describiremos brevemente para llevarlos a cabo en la práctica:

- Cambio de un CFC a un HCFC sin cambio de aceite.
- Cambio de un CFC a un HCFC con cambio de aceite.
- Cambio de un CFC a un HFC sin cambio de aceite.
- Cambio de un CFC a un HFC con cambio de aceite.
- Cambio de un HCFC a un HFC sin cambio de aceite.
- Cambio de un HCFC a un HFC con cambio de aceite.

## Cambio de un CFC a un HCFC sin cambio de aceite

Este procedimiento se lleva a cabo cuando las condiciones de retorno de aceite al compresor son adecuadas de tal forma que el cambio de refrigerante no afecte la cantidad de lubricante que contiene el compresor.

Este caso es el típico de un sistema de refrigeración autocontenido donde todas la partes del sistema se encuentran en una unidad, como heladeras domésticas y comerciales.

Aquí el retorno de aceite se presenta muchas veces por la fuerza de gravedad debido a que el compresor se encuentra ubicado en la parte baja del sistema y no existen muchos obstáculos en la tubería que impidan el retorno del lubricante al compresor.

Este procedimiento has sido utilizado para la sustitución de CFC-12 en muchos sistemas de refrigeración.

*El procedimiento es sencillo y se define en los siguientes pasos:*

- Verificar datos del sistema como opera cuando está trabajando con el CFC-12 para compararlos con los que se obtengan después del cambio de refrigerante. (si el sistema está vacío de refrigerante y no está operando, se debe

recurrir a la experiencia de equipos similares para obtener los datos del sistema como presión de succión, temperatura del evaporador, amperaje del compresor, etc.).

- Parar el equipo y extraer el refrigerante CFC-12, la recuperación del refrigerante se debe realizar de acuerdo a los procedimientos descritos en este manual. Es posible que en este tipo de equipos solo exista una válvula de acceso al sistema como es la válvula de succión y por este conducto se debe hacer la recuperación.

- Cambiar el filtro deshidratador, esta práctica debe hacerse todas las veces que un sistema es abierto. Actualmente todos los filtros son compatibles con la gran mayoría de los refrigerantes.

- Realizar el vacío y revisar las fugas del sistema, los procedimientos ya han sido descritos en este manual para llevar a cabo estas tareas en forma correcta. Es oportuno aclarar que los sistemas trabajando con CFCs contienen aceite mineral en el que se requiere alcanzar un vacío de 500 micrones para asegurar una operación correcta.

- Una vez que se ha alcanzado el vacío y revisado que el sistema esté libre de fugas, se procede a romper el vacío con el refrigerante, recordemos que la mayoría de refrigerantes sustitutos HCFCs son mezclas que deben extraerse del cilindro en fase líquida para ser cargados a los sistemas. Entonces se rompe el vacío con una cantidad de refrigerante líquido de tal forma que se alcancen unas 30 psig de presión.

- Cuando se ha realizado la primer carga de refrigerante, procedemos a arrancar el sistema y ajustamos la carga, es importante recordar que debemos de extraer liquido del cilindro para cargarlo por la succión del compresor; esto puede representar un riesgo por el ingreso de liquido en el compresor por lo que se sugiere que el ajuste de carga del refrigerante se lleve a cabo por pasos, que se vaya ingresando poco a poco para permitir que el refrigerante que sale liquido del cilindro se evapore entre las mangueras, el manifold y el compresor. De esta forma aseguramos que no alimentamos líquido al sistema.

- Es oportuno comentar que el cilindro de refrigerante debe está en una posición invertida para la extracción del refrigerante.

- Los refrigerantes mezclas de HCFCs que han servido para la sustitución de CFCs, generalmente utilizan entre el 85 y el 95% en peso de la carga original de CFC-12.

### **Cambio de un CFC a un HCFC con cambio de aceite**

Este procedimiento se lleva a cabo cuando las condiciones de retorno de aceite al compresor no son adecuadas debido a que tenemos un sistema dividido donde el condensador se encuentra a una distancia de varios metros de la posición del evaporador y a una altura diferente, estas condiciones nos permiten pensar que el retorno de aceite al compresor se puede dificultar si no existe buena miscibilidad entre el refrigerante y el aceite del sistema.

Por consecuencia en este tipo de sistemas sí se requiere un cambio de aceite que nos asegure el buen retorno de aceite al compresor.

Este caso es el de un sistema de refrigeración de almacenamiento de alimentos y bebidas en tiendas de pequeñas a medianas, en restaurantes, hoteles, mercados, etc. Pueden ser de media o baja temperatura.

Este procedimiento has sido utilizado para la sustitución de CFC-12 en muchos sistemas de refrigeración para que trabaje con mezclas HCFCs. *Los pasos son los siguientes:*

- Verificar datos del sistema como opera cuando está trabajando con el CFC-12 para compararlos con los que se obtengan después del cambio de refrigerante (si el sistema está vacío de refrigerante y no está operando, se debe recurrir a la experiencia de equipos similares para obtener los datos del sistema como presión de succión, temperatura del evaporador, amperaje del compresor, etc.).
- Parar el equipo y extraer el refrigerante CFC-12, la recuperación del refrigerante se debe realizar de acuerdo a los procedimientos descritos en este manual. Es posible que en este tipo de equipos solo exista una válvula de acceso al sistema como es la válvula de succión y por este conducto se debe hacer la recuperación.
- Extraer el lubricante del sistema, se debe vaciar el contenido de aceite del compresor y no importa la cantidad de aceite residual en el sistema ya que la compatibilidad

entre aceite mineral y aceite alquilbenceno es muy buena y pueden trabajar juntos hasta en un porcentaje de 50-50.

- Agregar aceite alquilbenceno al sistema, se sugiere agregar la misma cantidad de aceite que se extrajo del equipo. Es importante aclarar que lo más importante es llegar al nivel correcto de aceite según la mirilla del compresor para evitar dejar el sistema con un nivel bajo de lubricante.

- Cambiar los filtros deshidratadores, esta práctica debe hacerse todas las veces que un sistema es abierto. Actualmente todos los filtros son compatibles con la gran mayoría de los refrigerantes.

- Realizar el vacío y revisar las fugas del sistema, los procedimientos ya han sido descritos en este manual para llevar a cabo estas tareas en forma correcta. Debido a que el sistema contiene ahora lubricante alquilbenceno, se debe alcanzar un vacío de 500 micrones para asegurar una operación correcta.

- Una vez que se ha alcanzado el vacío y revisado que el sistema esté libre de fugas, se procede a romper el vacío con

el refrigerante, recordemos que la mayoría de refrigerantes sustitutos HCFCs son mezclas que deben extraerse del cilindro en fase líquida para ser cargados a los sistemas. Entonces se rompe el vacío con una cantidad de refrigerante líquido, se sugiere inyectar el refrigerante por el lado de alta para agilizar el proceso de carga, con este procedimiento podemos asegurar que agregamos más del 50% de la carga original de refrigerante.

- Cuando se ha realizado la primera carga de refrigerante, procedemos a arrancar el sistema y ajustamos la carga. Es importante recordar que debemos de extraer líquido del cilindro para cargarlo por la succión del compresor; esto puede representar un riesgo por el ingreso de líquido en el compresor por lo que se sugiere que el ajuste de carga del refrigerante se lleve a cabo por pasos, que se vaya ingresando poco a poco para permitir que el refrigerante que sale líquido del cilindro se evapore entre las mangueras, el manifold y el compresor. De esta forma aseguramos que no alimentamos líquido al sistema.

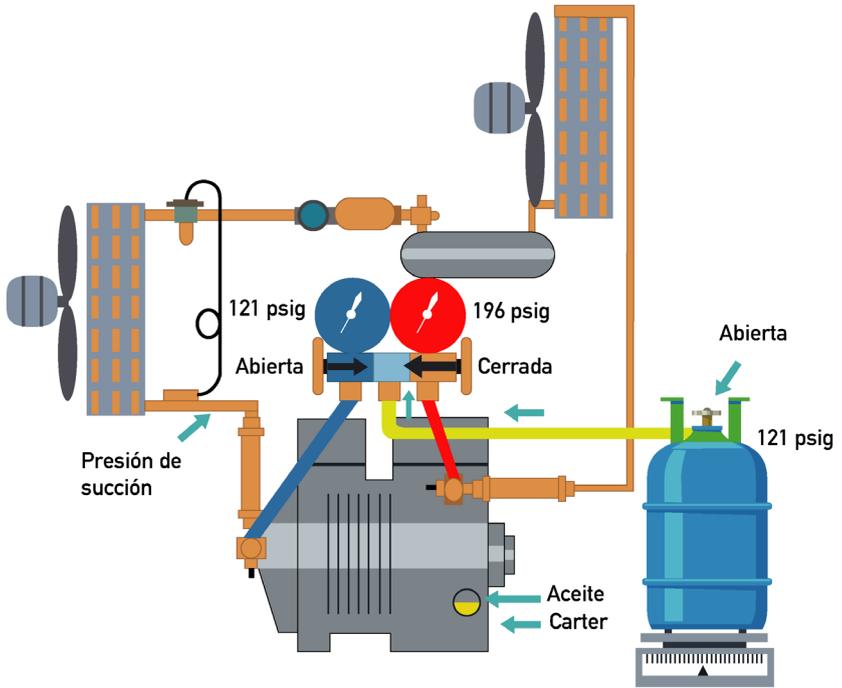
- Es oportuno comentar que el cilindro de refrigerante debe estar en una posición invertida para la extracción del refrigerante en fase líquida debido a que la gran mayoría de

refrigerantes sustitutos son de la serie 400 o sea mezclas zeotrópicas que tienen porcentajes de sus componentes en la fase líquida diferentes a los de la fase de vapor.

- Cuando el refrigerante es un producto puro o sea no es una mezcla, se permite extraer el refrigerante en fase de vapor como lo muestra la figura 5.2.

- Los refrigerantes mezclas de HCFCs que han servido para la sustitución de CFCs, generalmente utilizan entre el 85 y el 95% en peso de la carga original de CFC-12 o del R-502, por esa razón en algunos equipos es posible que el sistema ya esté bien cargado y sigan apareciendo burbujas en las mirillas (visor) del equipo.

- Para finalizar el proceso de cambio de un refrigerante se debe ajustar bien la carga del mismo y entonces se debe basar en el peso suministrado, en el amperaje del equipo, en la presión de succión y descarga y la temperatura del evaporador para saber si el equipo ya está operando en forma adecuada.



Extracción de un refrigerante puro en fase de vapor

## Cambio de un HCFC a un HFC sin cambio de aceite

Este procedimiento se lleva a cabo cuando las condiciones de retorno de aceite al compresor son adecuadas de tal forma que el cambio de refrigerante no afecte la cantidad de lubricante que contiene el compresor.

Los equipos trabajando con HCFCs autocontenidos, generalmente son aires acondicionados de ventana o portátiles en donde no existen muchos obstáculos en la tubería que impidan el retorno del lubricante al compresor.

Este procedimiento ha sido utilizado para la sustitución de HCFC-22 en muchos sistemas de aire acondicionado.

*El procedimiento es sencillo y se define en los siguientes pasos:*

- Verificar datos del sistema como opera cuando está trabajando con el HCFC-22 para compararlos con los que se obtengan después del cambio de refrigerante (si el sistema está vacío de refrigerante y no está operando, se debe recurrir a la experiencia de equipos similares para obtener los datos del sistema como presión de succión, temperatura del evaporador, amperaje del compresor, etc.).

- Parar el equipo y extraer el refrigerante HCFC-22, la recuperación del refrigerante se debe realizar de acuerdo a los procedimientos descritos en este manual. Es posible que en este tipo de equipos solo exista una válvula de acceso al sistema como es la válvula de succión y por este conducto se debe hacer la recuperación. Si no existe válvula de succión se debe adaptar una válvula de perforación (piercing) para extraer el refrigerante.

- Cambiar el filtro deshidratador, esta práctica debe hacerse todas las veces que un sistema es abierto. Actualmente todos los filtros son compatibles con la gran mayoría de los refrigerantes.

- Realizar el vacío y revisar las fugas del sistema, los procedimientos ya han sido descritos en este manual para llevar a cabo estas tareas en forma correcta. Es oportuno aclarar que los sistemas trabajando con CFCs contienen aceite mineral en el que se requiere alcanzar un vacío de 500 micrones para asegurar una operación correcta.

- Una vez que se ha alcanzado el vacío y revisado que el sistema esté libre de fugas, se procede a romper el vacío con el refrigerante, recordemos que la mayoría de refrigerantes

sustitutos HFCs son mezclas que deben extraerse del cilindro en fase líquida para ser cargados a los sistemas. Entonces se rompe el vacío con una cantidad de refrigerante líquido de tal forma que se alcancen unas 30 psig de presión.

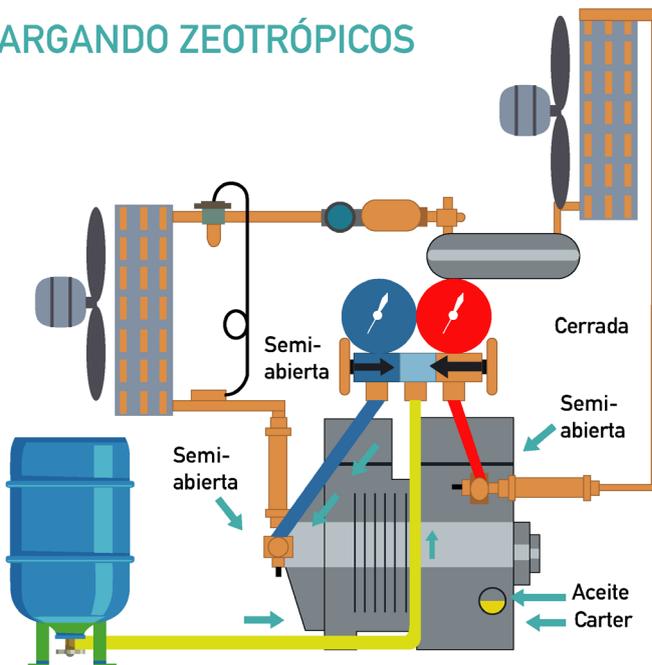
- Cuando se ha realizado la primera carga de refrigerante, procedemos a arrancar el sistema y ajustamos la carga, es importante recordar que debemos de extraer líquido del cilindro para cargarlo por la succión del compresor; esto puede representar un riesgo por el ingreso de líquido en el compresor por lo que se sugiere que el ajuste de carga del refrigerante se lleve a cabo por pasos, que se vaya ingresando poco a poco para permitir que el refrigerante que sale líquido del cilindro se evapore entre las mangueras, el manifold y el compresor. De esta forma aseguramos que no alimentamos líquido al sistema.

- Es oportuno comentar que el cilindro de refrigerante debe estar en una posición invertida para la extracción del refrigerante como se muestra en la figura.

- Los refrigerantes mezclas de HCFCs que han servido para la sustitución de HCFCs, generalmente utilizan entre el 85 y el 95% en peso de la carga original de HCFC-22.

- Con algunos sustitutos del HCFC-22 como el R-417A, el comportamiento del equipo es muy bueno de tal forma que la experiencia en campo predice un ahorro energético del 6 al 8% que es algo muy bueno.

## CARGANDO ZEOTRÓPICOS



## **Cambio de un HCFC a un HFC con cambio de aceite**

El procedimiento es muy similar al de la sección anterior y solo hay que revisar los lineamientos dictados por los fabricantes.

## **Cambio de un CFC a un HFC sin cambio de aceite**

Este procedimiento es muy parecido cuando se requiere cambiar de un HCFC a un HFC y es posible llevarlo a cabo cuando las condiciones de retorno de aceite al compresor son adecuadas de tal forma que el cambio de refrigerante no afecte la cantidad de lubricante que contiene el compresor.

Los equipos trabajando con CFCs autocontenidos, generalmente son heladeras domésticas y comerciales en donde no existen muchos obstáculos en la tubería que impidan el retorno del lubricante al compresor.

Este procedimiento ha sido utilizado para la sustitución de CFC-12 en muchos sistemas de refrigeración doméstica y comercial.

*El procedimiento es sencillo y se define en los siguientes pasos:*

- Verificar datos del sistema como opera cuando está trabajando con el CFC-12 para compararlos con los que se obtengan después del cambio de refrigerante (si el sistema esta vacío de refrigerante y no está operando, se debe recurrir a la experiencia de equipos similares para obtener los datos del sistema como presión de succión, temperatura del evaporador, amperaje del compresor, etc.).
- Parar el equipo y extraer el refrigerante HCFC-12, la recuperación del refrigerante se debe realizar de acuerdo a los procedimientos descritos en este manual. Es posible que en este tipo de equipos solo exista una válvula de acceso al sistema como es la válvula de succión y por este conducto se debe hacer la recuperación. Si no existe válvula de succión se debe adaptar una válvula de perforación (piercing) para extraer el refrigerante.
- Cambiar el filtro deshidratador, esta práctica debe hacerse todas las veces que un sistema es abierto. Actualmente todos los filtros son compatibles con la gran mayoría de los refrigerantes.

- Realizar el vacío y revisar las fugas del sistema, los procedimientos ya han sido descritos en este manual para llevar a cabo estas tareas en forma correcta. Es oportuno aclarar que los sistemas trabajando con CFCs contienen aceite mineral en el que se requiere alcanzar un vacío de 500 micrones para asegurar una operación correcta.

- Una vez que se ha alcanzado el vacío y revisado que el sistema esté libre de fugas, se procede a romper el vacío con el refrigerante, recordemos que la mayoría de refrigerantes sustitutos HFCs son mezclas que deben extraerse del cilindro en fase líquida para ser cargados a los sistemas. Entonces se rompe el vacío con una cantidad de refrigerante líquido de tal forma que se alcancen unas 30 psig de presión.

- Cuando se ha realizado la primera carga de refrigerante, procedemos a arrancar el sistema y ajustamos la carga. Es importante recordar que debemos de extraer líquido del cilindro para cargarlo por la succión del compresor; esto puede representar un riesgo por el ingreso de líquido en el compresor por lo que se sugiere que el ajuste de carga del refrigerante se lleve a cabo por pasos, que se vaya ingresando poco a poco para permitir que el refrigerante que sale líquido

del cilindro se evapore entre las mangueras, el manifold y el compresor. De esta forma aseguramos que no alimentamos líquido al sistema.

- Es oportuno comentar que el cilindro de refrigerante debe estar en una posición invertida para la extracción del refrigerante como se muestra en la figura.

- Los refrigerantes mezclas de HFCs que han servido para la sustitución de CFCs, generalmente utilizan entre el 85 y el 95% en peso de la carga original de CFC-12.

### **Cambio de un CFC a un HFC con cambio de aceite**

Este procedimiento se lleva a cabo cuando las condiciones de retorno de aceite al compresor no son adecuadas debido a que tenemos un sistema dividido donde el condensador se encuentra a una distancia de varios metros de la posición del evaporador y a una altura diferente, estas condiciones nos permiten pensar que el retorno de aceite al compresor se puede dificultar si no existe buena miscibilidad entre el refrigerante y el aceite del sistema.

Por consecuencia en este tipo de sistemas sí se requiere un cambio de aceite que nos asegure el buen retorno de aceite al compresor.

Este procedimiento también aplica para cuando el lubricante mineral o alkilbenceno no es compatible con el HFC que se tenga para la substitución.

Este caso es el de un sistema de refrigeración de almacenamiento de alimentos y bebidas en tiendas de pequeñas a medianas, en restaurantes, hoteles, mercados, etc. Pueden ser media o baja temperatura.

Este procedimiento ha sido utilizado para la sustitución de CFC-12 y R-502 en muchos sistemas de refrigeración para que trabajen con refrigerantes puros y/o mezclas de HFCs. ***Los pasos son los siguientes:***

- Verificar datos del sistema como opera cuando está trabajando con el CFC-12 para compararlos con los que se obtengan después del cambio de refrigerante (si el sistema está vacío de refrigerante y no está operando, se debe recurrir a la experiencia de equipos similares para obtener los datos del sistema como presión de succión, temperatura del evaporador, amperaje del compresor, etc.).

- Parar el equipo y extraer el refrigerante CFC-12, la recuperación del refrigerante se debe realizar de acuerdo a los procedimientos descritos en este manual. Es posible que en este tipo de equipos solo exista una válvula de acceso al sistema como es la válvula de succión y por este conducto se debe hacer la recuperación.

- Extraer el lubricante del sistema, se debe vaciar el contenido de aceite del compresor y es muy importante que no quede residuo del anterior lubricante en una concentración mayor al 5% porque los lubricantes minerales y a base de alquilbenceno no son compatibles con algunos refrigerantes HFCs.

- Cambiar los filtros deshidratadores, esta práctica debe hacerse todas las veces que un sistema es abierto. Actualmente todos los filtros son compatibles con la gran mayoría de los refrigerantes.

- Realizar el vacío y revisar las fugas del sistema, los procedimientos ya han sido descritos en este manual para llevar a cabo estas tareas en forma correcta. Debido a que el sistema contiene ahora lubricante poliolester, se debe alcanzar un vacío de 250 micrones para asegurar una operación correcta.

- Una vez que se ha alcanzado el vacío y revisado que el sistema esté libre de fugas, se procede a romper el vacío con el refrigerante, recordemos que la mayoría de refrigerantes sustitutos HFCs son mezclas que deben extraerse del cilindro en fase líquida para ser cargados a los sistemas. Entonces se rompe el vacío con una cantidad de refrigerante líquido, se sugiere inyectar el refrigerante por el lado de alta para agilizar el proceso de carga, con este procedimiento podemos asegurar que agregamos más del 50% de la carga original de refrigerante.

- Cuando se ha realizado la primera carga de refrigerante, procedemos a arrancar el sistema y ajustamos la carga. Es importante recordar que debemos extraer líquido del cilindro para cargarlo por la succión del compresor; esto puede representar un riesgo por el ingreso de líquido en el compresor por lo que se sugiere que el ajuste de carga del refrigerante se lleve a cabo por pasos, que se vaya ingresando poco a poco para permitir que el refrigerante que sale líquido del cilindro se evapore entre las mangueras, el manifold y el compresor. De esta forma aseguramos que no alimentamos líquido al sistema.

- Es oportuno comentar que siempre que se cargue una mezcla serie 400 a los sistemas, los cilindros de refrigerante

deben invertirse para extraer el refrigerante en fase líquida debido a que la gran mayoría de refrigerantes sustitutos son de la serie 400 o sea mezclas zeotrópicas que tienen porcentajes de sus componentes en la fase líquida diferentes a los de la fase de vapor.

- Cuando el refrigerante es un producto puro o sea no es una mezcla, se permite extraer el refrigerante en fase de vapor como lo muestra la figura.
- Los refrigerantes mezclas de HFCs que han servido para la sustitución de CFCs, generalmente utilizan entre el 85 y el 95% en peso de la carga original de CFC-12 o del R-502, por esa razón en algunos equipos es posible que el sistema ya esté bien cargado y sigan apareciendo burbujas en las mirillas (visor) del equipo.
- Para finalizar el proceso de cambio de un refrigerante se debe ajustar bien la carga del mismo y entonces se debe basar en el peso suministrado, en el amperaje del equipo, en la presión de succión y descarga y la temperatura del evaporador para saber si el equipo ya está operando en forma adecuada.

## Refrigerantes Sustitutos HFCs para refrigeración de temperatura media y baja

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentarios
R-507 (125/143a)	AZ-50	R-502 R-22	Azeótropo	Polioléster	Equipo Nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al 502.
R-404A (125/143a/143a)	R-404A	R-502 R-22	Azeótropo Mezcla	Polioléster	Equipo Nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al 502.

## Refrigerantes Sustitutos HCFCs para refrigeración de temperatura media y baja

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentarios
R-402 (22/125/290)	HP-80	R-502 R-22	Zeótropo	Alquilbenceno o Polioléster	Adecuaciones de equipo instalado.	Mayor presión de descarga que el 502.
R-408A (125/143a/22)	FX-10	R-502 R-22	Zeótropo Mezcla	Alquilbenceno o Polioléster	Adecuaciones de equipo instalado.	Mayor presión de descarga que el 502.

## Refrigerantes Sustitutos HCFCs para refrigeración de temperatura media

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentarios
R-401A (22/152a/124)	MP-39	R-12	Zeótropo Mezcla	Alquilbenceno o Polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Cercano al R-12 Usar donde la temperatura de evaporación sea mayor a -23°C.
R-401B (22/152a/124)	MP-66	R-12	Zeótropo Mezcla	Alquilbenceno o Polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Cercano al R-12 Usar donde la temperatura de evaporación sea mayor a -23°C.
R-409A (22/124/142B)	R-409A FX-59	R-12	Zeótropo Mezcla	Alquilbenceno	Adecuaciones de equipo instalado	Capacidad mayor al R-12. Similar al MP-66.

## Refrigerantes Sustitutos HCFCs y HFCs para aire acondicionado comercial e industrial

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentarios
R-123	RP-123	R-11	Compuesto Puro	Alquilbenceno Aceite Mineral	Enfriadoras centrífugas.	Capacidad inferior al R-11.
R-134a	RP-134a	R-12	Compuesto Puro	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al R-12.
R-134a	RP-134a	R-22	Compuesto Puro	Polioléster	Equipo nuevo.	Capacidad inferior. Requiere un equipo más grande.
R-410A (32/125)	RP-134a	R-22	Mezcla Casi Azeotrópo	Polioléster	Equipo nuevo.	Eficiencia mayor que el R-22 y R-4018. Puede requerir rediseño del equipo.
R-407C (32/125/134a)	R-407C	R-22	Zeotrópo	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Eficiencia menor al R22.

En el Anexo H de este manual se especifican las páginas de Internet que se pueden consultar para mayor información.

# Recuperación y Reciclado de Refrigerantes

Se debe mencionar en este capítulo que los procesos de recuperación, reciclado y regeneración de refrigerantes han evolucionado en gran forma los últimos años debido a las regulaciones ambientales que provocan que los usuarios, cada vez más, recuperen sus refrigerantes y los reutilicen. Aquí las definiciones según el manual de refrigeración 2002 del ASHRAE.

**Recuperación.-** Proceso que consiste en remover el refrigerante en cualquier condición de un sistema y almacenarlo en un contenedor externo, sin analizarlo ni procesarlo.

**Reciclar.-** Proceso que consiste en limpiar el refrigerante removiendo el aceite, la humedad, la acidez y la presencia de sólidos pasando el refrigerante por múltiples dispositivos como filtros deshidratadores con el objetivo de reutilizar el refrigerante.

El término *reciclar* usualmente se aplica a los procedimientos que se pueden implementar en sitio o en el taller de servicio.

**Regenerar (Reclaim).**- Es el reproceso de un refrigerante hasta que alcance las especificaciones de un refrigerante virgen. Este proceso utiliza en una de sus etapas la separación vía destilación y se requiere un análisis del producto final para asegurar que ha llegado a la especificación de producto nuevo.

El término *regenerar* implica en la mayoría de los casos el uso de procesos que solamente se pueden ejecutar en un equipo de reproceso o en las plantas productoras de refrigerantes.

### **Estándar ARI 700 (American Refrigeration Institute)**

Este estándar nos brinda la información de las especificaciones que deben cumplir los refrigerantes regenerados para la gran mayoría de los refrigerantes utilizados en la industria de la refrigeración y aire acondicionado.

Cuando un refrigerante pasa por un proceso de regeneración éste debe pasar por un análisis que determine la composición química y el grado de contaminantes que tiene el producto final. La norma 700 del ARI (American

Refrigeration Institute) indica las cantidades máximas de contaminantes que debe tener un refrigerante para considerarlo un refrigerante nuevo.

## **Destrucción de Refrigerantes**

La tendencia del mercado de los refrigerantes es la reutilización de los mismos utilizando procesos de reciclado y regeneración, pero estos dos procesos no son posibles si se mezclan los refrigerantes.

Una mezcla de dos refrigerantes con diferente número de ASHRAE que sea mayor del 2% de concentración ya no es posible reciclarla ni regenerarla, por esa razón el proceso de recuperación de refrigerantes es de vital importancia para el reuso de los refrigerantes.

Como ejemplo a lo anterior se puede citar el caso en donde se tenga un cilindro de refrigerante R-22 y por descuido se agrega una cantidad de R-12, esta mezcla de refrigerantes no puede ser reciclada si la cantidad de R-12 en el volumen total de la mezcla es mayor al 2%.

Cuando se tienen mezclas de refrigerantes "por ejemplo 40% de R-12 y 60% de R-134a" o cuando por las características de un refrigerante no es posible su limpieza debido a su alta

acidez o contenido de aceite, estos deben ser destruidos; actualmente existen ya tecnologías disponibles para la destrucción de refrigerantes las cuales ha sido aprobadas por el Panel de Evaluación Técnica y Económica (TEAP) del Protocolo de Montreal. En la siguiente tabla se mencionan las diferentes tecnologías aprobadas de destrucción de refrigerantes.

<i>Tecnología de destrucción de refrigerantes CFCs y HCFCs</i>	<i>Dictamen de la evaluación del TEAP</i>
Eficacia de Destrucción y Eliminación (EDE)**	99.99%
Hornos de cemento	Aprobada
Incineración por inyección líquida	Aprobada
Oxidación de gases/humos	Aprobada
Craqueo en reactor	Aprobada
Incineración en horno rotatorio	Aprobada
Arco de plasma de argón	Aprobada
Plasma de radiofrecuencia inductivamente acoplado	Aprobada
Plasma de microondas	Aprobada
Arco de plasma de nitrógeno	Aprobada
Deshalogenación catalítica en fase gaseosa	Aprobada
Reactor de vapor supercalentado	Aprobada

\*\*El criterio relativo a la EDE se refiere a la capacidad de la tecnológica sobre la base a la cual se aprueba esa tecnología. No siempre refleja el rendimiento diario logrado, factor que estará controlado por las normas mínimas nacionales.

## Reutilización de refrigerantes en sitio

Existen dos procedimientos con los cuales los técnicos pueden reutilizar el refrigerante sin salir del taller de servicio:

- Recuperar el refrigerante y recargarlo en el mismo equipo.- Esta práctica es aceptada cuando las condiciones del refrigerante son buenas porque se presume que el equipo donde estaba contenido operaba normalmente antes de extraer el refrigerante.

- Recuperar el refrigerante y reciclarlo.- Es una práctica común entre muchos técnicos de refrigeración y aire acondicionado, solo se debe tener una máquina recicladora de refrigerantes en el sitio para poder lograr la limpieza correcta del refrigerante. Es importante insistir que si mezclas dos refrigerantes con diferente número de ASHRAE por más de una relación 98/2 en porcentaje en peso, esta mezcla sería imposible de reciclar.

## Procedimientos Previos a la recuperación de Refrigerantes

- Antes de iniciar cualquier procedimiento de recuperación de refrigerantes de un sistema, se debe identificar el tipo de refrigerante que se va a extraer. Existen procedimientos

específicos para identificar los refrigerantes pero mucho cuenta la experiencia del técnico para saber qué tipo de refrigerante está en el sistema. Es importante la identificación porque no se deben mezclar refrigerantes.

- El cilindro de recuperación debe ser apropiado para esta tarea, no se recomienda utilizar cilindros desechables para este fin porque estos envases están diseñados para usarse solo una vez. Los cilindros de recuperación de refrigerantes deben de cumplir con las normas DOT donde se especifique la presión máxima de trabajo, la fecha de construcción del envase y la fecha recomendada para realizar pruebas de resistencia. En la figura 6.2 se observa un envase para recuperación con doble válvula y deben estar pintados de color amarillo en la parte superior y de gris en la parte inferior.

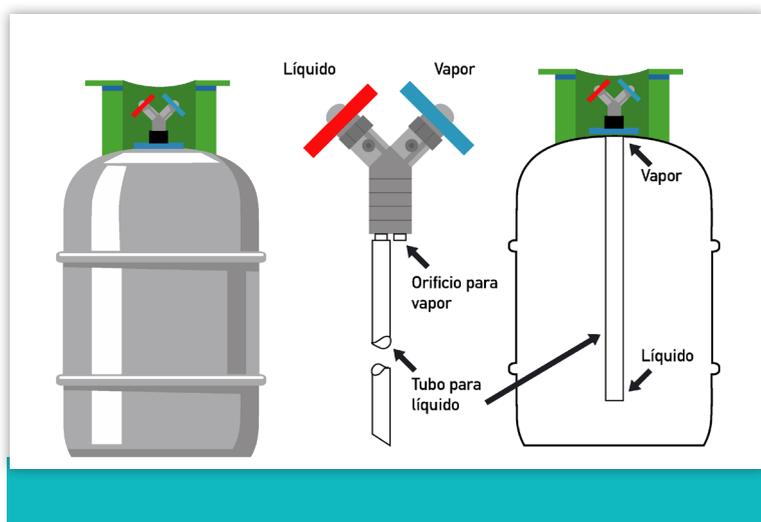
- Si el cilindro está vacío, se recomienda que se le realice un vacío de 1,000 micrones para asegurar que no contenga humedad u otros contaminantes el envase.

- Si el cilindro no está vacío, se debe estar seguro qué refrigerante contiene para evitar contaminación cruzada si se le agrega otro tipo de refrigerante. En este caso es importante utilizar un medio de enfriamiento que ayude al trasvase de refrigerante del sistema al cilindro, esto puede ser colocando el cilindro en una cama de hielo para bajar la

temperatura del mismo y de esa forma mantener una presión baja en el cilindro facilitando la transferencia de refrigerante del sistema al cilindro.

- La máquina recuperadora que se utilice puede ser con aceite o libre de aceite, realmente no hay mucha diferencia en el refrigerante recuperado si se utiliza una u otra.

### Cilindro de Recuperación de Refrigerantes



## Métodos para la Recuperación de Refrigerantes

Cuando se va a realizar un servicio de mantenimiento o reparación de un equipo, en la mayoría de los casos se debe recuperar el refrigerante que representa el primer paso del trabajo a realizar. Como se mencionó anteriormente este proceso consiste en extraer el refrigerante del equipo y trasladarlo a un recipiente externo diseñado especialmente para almacenar refrigerante usado. Existen cuatro métodos principales para la recuperación de refrigerantes.

### Recuperar el refrigerante en fase líquida

El tipo de recuperación en fase líquida generalmente se utiliza cuando los equipos son muy grandes y el volumen de refrigerante es también considerable. En algunos casos se puede extraer el refrigerante del tanque receptor con bombas centrífugas o bombas neumáticas y enviarlas directamente a los tanques de recuperación.

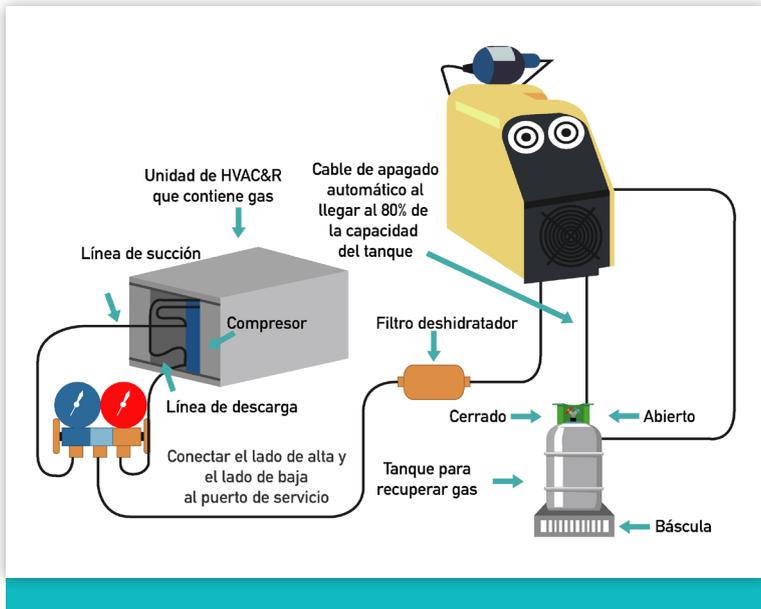
Debido a que cuando se recupera en fase líquida siempre queda una fase de vapor, en los siguientes capítulos se trata un poco más en detalle las diferentes formas de recuperación

en fase de vapor que de alguna forma se relacionan con la recuperación en fase líquida.

### **Recuperación en fase de Vapor-Líquido**

Es un proceso sencillo que puede ser utilizado en cualquier sistema siempre que no contenga cantidades de refrigerante mayores a los 9 Kg de carga. Para los sistemas de cargas superiores se sugiere el procedimiento “push-pull” que se explicará en las siguientes secciones de este capítulo.

Para llevar a cabo este procedimiento se recomienda quitar los pivotes de las válvulas para acelerar el proceso de extracción y como en todas las otras variedades de extracción de refrigerante también se recomienda utilizar mangueras con válvulas de bola manuales integradas a las mangueras para evitar mayores derrames de refrigerante. En la figura siguiente se muestra el arreglo de conexiones para realizar este proceso.



## Método Recuperación Líquido Vapor

Recuperar refrigerante en fase de vapor-líquido cuando el compresor no funciona: en este proceso se recomienda calentar el sistema con lámparas para evaporar el refrigerante diluido en el aceite del sistema. El presente diagrama muestra la forma de conectar el sistema para la recuperación.

## **Recuperación de vapor cuando el compresor no trabaja**

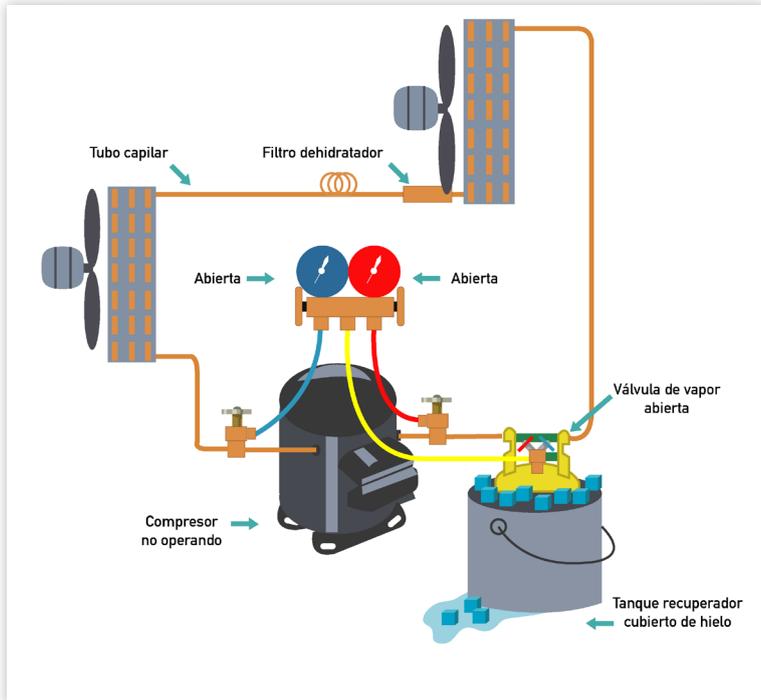
Se deben tomar en cuenta algunas observaciones en este proceso:

- Se deben instalar válvulas del lado de alta y baja presión; el refrigerante se extrae y se condensa en el cilindro recuperador, este proceso está aprobado por la EPA.
- Se estima una recuperación del 80% del refrigerante debido a que parte del refrigerante se recupera en fase líquida y otra parte en fase de vapor.
- Es importante extraer el refrigerante de ambos lados.

## **Recuperación cuando el compresor si está operando**

En este proceso se aprovecha la fuerza del compresor para la extracción del refrigerante, no es necesario calentar el sistema porque la presión del compresor mueve el refrigerante hacia fuera del sistema.

- Solo se instala una válvula del lado de alta presión.
- Este proceso también está aprobado por la EPA y recupera más del 90% del refrigerante del sistema.



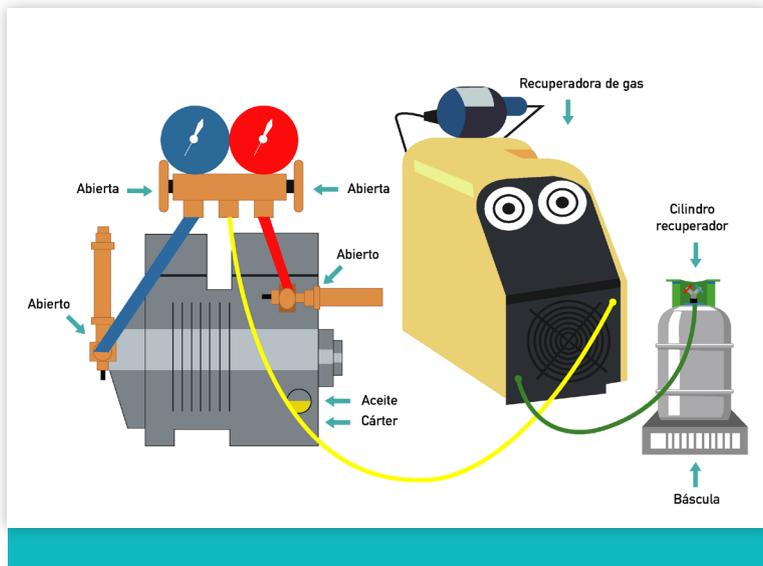
**Recuperación de vapor cuando el compresor está operando**

## Recuperación en fase de Vapor

La recuperación de refrigerantes en fase de vapor es un poco más lenta y por consecuencia involucra un mayor tiempo para evacuar sistemas. Cuando los sistemas son grandes y en el diseño existen largos tramos de tubería la práctica de recuperación en fase de vapor no es recomendada, pero en sistemas pequeños fraccionarios y hasta de 5 toneladas de refrigeración la recuperación en vapor puede ser una solución.

Para este proceso se requiere que las mangueras tradicionales de 1/4" de diámetro deban ser sustituidas por mangueras de 3/8" de diámetro que ayudarán al proceso de recuperación.

En este proceso se utilizará una maquina recuperadora que absorberá el refrigerante en fase de vapor y lo condensará para trasladarlo al cilindro de recuperación.



## Recuperación en la fase vapor

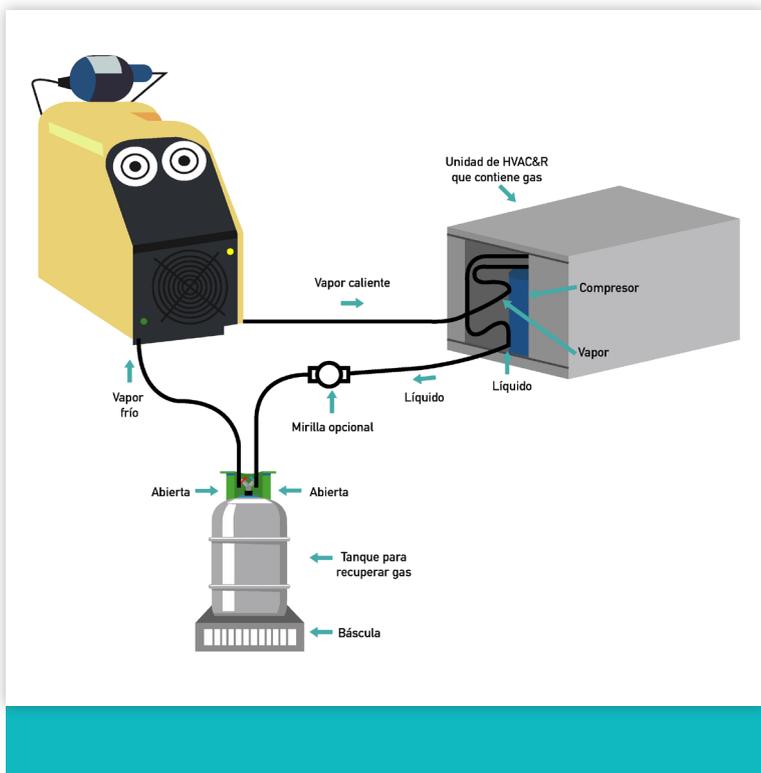
Este proceso es utilizado cuando se tienen equipos de gran tamaño donde la extracción del refrigerante puede involucrar un tiempo considerable por la cantidad contenida en el sistema.

La operación de "jalar/empujar" se lleva a cabo utilizando el vapor del cilindro para empujar el refrigerante líquido fuera del sistema. Se conecta una manguera desde el lado del líquido de la

unidad cuyo refrigerante se desea extraer a la válvula del líquido del cilindro de recuperación.

Se conecta otra manguera de la válvula de vapor del cilindro recuperador hacia la succión de la máquina recuperadora y una tercera manguera se conecta de la descarga de la máquina recuperadora hacia el puerto de vapor del sistema.

Se debe asegurar que el sistema debe estar fuera de operación para llevar a cabo este trabajo que consiste en arrancar la máquina recuperadora que succionará el vapor del cilindro de recuperación que a su vez retirará el líquido del equipo. El vapor succionado por la máquina será comprimido y enviado al sistema "empujando" el refrigerante líquido al cilindro recuperador, así seguirá hasta conseguir recuperar cerca del 90% del refrigerante. Es importante tomar en cuenta que cuando el líquido ya se ha extraído en su totalidad, se debe hacer un arreglo de tubería para extraer el vapor residual del sistema.



Se tienen algunas observaciones para aplicar este procedimiento:

- Es importante utilizar un visor (mirilla) para observar cuando el líquido sea removido.
- Se utilizará en este proceso las tres mangueras del manifold
- No se debe utilizar si la carga de refrigerante del equipo es menor de 9 Kg.
- No se debe utilizar si el equipo es una bomba de calor u otro sistema donde el refrigerante pudiera quedar aislado.

# Buenas Prácticas

En este capítulo se analizan los aspectos principales de los problemas en un sistema de refrigeración o de aire acondicionado de compresión de vapor, así como las precauciones principales que deben tomarse al proceder el servicio de nuevas instalaciones o al abrir el equipo para fines de servicio. Este capítulo permitirá capacitar al ingeniero o al técnico para evaluar los síntomas de la presencia de humedad y suciedad (o sea, de contaminantes) en el sistema, analizar los problemas relacionados con el lubricante, verificar si hay fugas y tomar precauciones en materia de seguridad.

## **Humedad y ácidos**

La humedad es la causa de varios problemas de funcionamiento en los sistemas de compresión de vapor y es importante entender en qué se basan estos problemas. Básicamente, la humedad puede clasificarse como visible e invisible.

**La humedad "visible"** consiste en una alta concentración de agua y puede constatarse a simple vista, presentándose en forma de líquido. Ocasionalmente se encuentra agua en forma líquida en los sistemas, pero esto es un tanto raro.

**La humedad "invisible"** es una baja concentración de agua y no se puede constatar a simple vista (está en forma de vapor). Esta forma de humedad existe en todas partes, en todos los sólidos, líquidos y gases. Su contenido en el aire se expresa en términos de humedad relativa. En los sistemas de refrigeración, esta es habitualmente la fuente de los problemas.

Una simple gota de agua puede parecer algo inofensivo, pero para un sistema de refrigeración es un monstruo, el enemigo número uno a combatir por los especialistas del servicio de refrigeración. Y lo que lo hace un enemigo tan formidable es el hecho de que la humedad puede entrar fácilmente en un sistema y es difícil de eliminarla.

### ¿Qué puede hacer la humedad en un sistema?

La humedad dentro de un sistema puede "congelarse" y detener el flujo del refrigerante. La humedad entrará por lo general en el flujo del refrigerante y podrá ser llevada por el líquido cerca

del dispositivo de expansión y transformarse en hielo causando una restricción o incluso el bloqueo completo del flujo.

- A medida que la válvula de expansión se calienta, debido a la falta de refrigerante, el hielo se funde y la humedad vuelve a la válvula de expansión y una vez más genera un enfriamiento intermitente.

- Que se produzca o no realmente una “congelación” depende sobre todo de la cantidad de agua y del tamaño de las partículas de hielo formadas. Pero un taponamiento por “congelación” no es el único problema provocado por la humedad.

- Con los nuevos sistemas de refrigeración y aire acondicionado operando con lubricantes sintéticos a base de poliolester, el problema de la humedad es todavía más grande debido a que estos lubricantes son altamente higroscópicos y absorben la humedad con una velocidad mucho mayor a los lubricantes tradicionales.

## **Corrosión**

La humedad induce también a la corrosión que puede crear graves problemas debido, a menudo, a que los efectos de esta no son evidentes sino después de haberse producido graves daños. Por ejemplo, la humedad solo de agua puede causar herrumbre

después de cierto tiempo. No obstante, la humedad con el refrigerante crea mucha mas corrosión. Un refrigerante como el CFC-12 que contiene cloro se hidrolizará más lentamente con el agua y formara ácido clorhídrico. Este ácido aumenta enormemente la corrosión de los metales.

**Humedad + Refrigerante = Ácido**

### Corrosión y lodos en partes del compresor



El calor aumenta el ritmo de la corrosión provocada por los ácidos debido a que a altas temperaturas el proceso de formación de ácido se acelera. Este ácido por supuesto, ataca a todos los materiales con los que entra en contacto, el ritmo de corrosión de cada material está determinado por sus cualidades de resistencia a la corrosión. El acero generalmente se corroerá a niveles de humedad inferiores a los del cobre o bronce.

### **Piedra de filtro saturada de humedad y corrosión del sistema**



El lubricante presenta otro problema que plantea la humedad. El lubricante sintético a base de poliolester es una excepción a la regla de que el aceite y el agua no se mezclan. De hecho, este tipo de lubricante tiene una afinidad con la humedad y la absorberá rápidamente si es expuesto a la atmosfera solo algunos minutos. Los lubricantes minerales no se mezclan con el agua en las mismas condiciones que los lubricantes de poliolester, sin embargo, como vienen deshidratados y preparados para ser instalados en sistemas de refrigeración, estos lubricantes también tienen el poder de absorber humedad en forma muy rápida.

El agua transformada en ácido se emulsiona con los lubricantes refrigerantes, formando ambos una mezcla íntima de glóbulos sumamente finos. Se denomina a este efecto "enlodamiento" del aceite y reduce grandemente su capacidad de lubricación.

El lodo o los sedimentos pueden tomar la forma de líquidos fangosos, polvos finos, sólidos granulosos o sólidos pegajosos, y provoca una variedad de problemas. Estas formas pueden tapar filtros finos, válvulas de expansión y tubos capilares. Y debido a que habitualmente contienen ácidos, corroen cualquier cosa a la que se adhieren, acelerando el daño.

Para eliminar problemas de humedad es necesario tomar precauciones y medidas que garanticen la ausencia de la misma en el sistema. El modo más eficaz de eliminar la humedad de un sistema es utilizar una bomba de vacío apropiada para este proceso y el elemento clave es el nivel de vacío. El nivel recomendado de vacío es de 250 micrones para sistemas que contengan lubricantes poliolester y de 500 micrones para los sistemas que contengan lubricantes minerales o sintéticos a base de alquilbenceno. Este nivel de vacío debe mantenerse durante 10 minutos sin la ayuda de una bomba de vacío. 7.1.3.-

### **Síntomas de la presencia de humedad en el sistema**

La humedad en el sistema de refrigeración afecta al aceite y puede provocar desperfectos a la unidad y que el compresor hermético se quemé. Las oportunidades más comunes de que pueda penetrar humedad en el sistema se presentan cuando hay fugas al ambiente, o durante el servicio y las reparaciones, al efectuar cambios de filtros o lubricantes.

La humedad forma hielo en el dispositivo de control de refrigerante. Esto sucede en el punto en que se está expandiendo en el evaporador. La formación de hielo cierra la abertura,

bloqueando el flujo hacia el evaporador. Esta condición puede reconocerse por varias observaciones:

- El sistema se descongelará completamente. Seguidamente, dado que la formación de hielo que causó el bloqueo ha desaparecido, la unidad volverá a trabajar correctamente. Pero solo por un rato antes de que se forme nuevamente el hielo en el control de refrigerante.
- Otro síntoma es la disminución de presión. El manómetro de presión de succión muestra una disminución constante en el transcurso de varias horas, llegando incluso hasta el vacío completo. Seguidamente, la presión vuelve a ser normal repentinamente. Este ciclo anormal continuara repitiéndose.
- Si durante el cierre del sistema, se calienta el dispositivo de control de refrigerante con un calentador de resistencia, una almohadilla caliente o un bulbo de calor radiante, el hielo se fundirá. Si el sistema comienza entonces a funcionar correctamente, es signo seguro de que hay humedad en el refrigerante.

## **Purga de los sistemas**

Purga es el término que se utiliza para describir el proceso de extracción del aire, vapores, polvo o humedad que se quiere eliminar del sistema. Se permite a un gas neutro como el nitrógeno que circule a través de la parte del refrigerador o de la tubería, forzando hacia fuera el aire y los vapores que hay que eliminar.

## **Gases no condensables**

Los gases no refrigerantes son contaminantes que se encuentran frecuentemente en los sistemas de aire acondicionado y de refrigeración. Estos gases se infiltran en los sistemas herméticos del siguiente modo:

- Hay gases no condensables presentes durante la fabricación de los sistemas y permanecen debido a una evacuación incompleta.
- Los gases no condensables se des absorben de diversos materiales del sistema o se forman por descomposición de los mismos a elevadas temperaturas durante el funcionamiento del sistema.
- Los gases no condensables entran debido a pérdidas en el lado que baja (presión inferior a la atmosférica).

- Se forman gases no condensables a partir de reacciones químicas entre los refrigerantes, lubricantes y otro material durante el funcionamiento. Los gases reactivos químicamente, como por ejemplo el cloruro de hidrógeno, atacan a otros componentes en el sistema de refrigeración. En casos extremos, la unidad refrigerante falla.

Los gases químicamente inertes en el sistema, que no se condensan en el condensador, disminuyen la eficiencia del enfriamiento. La cantidad de gas inerte no condensable que es perjudicial depende del diseño y del tamaño del sistema de refrigeración y del tipo de refrigerante. Su presencia contribuye a tener presiones de descarga superiores a las normales y a la consiguiente temperatura de descarga más elevada. Las temperaturas más elevadas aceleran las reacciones químicas indeseables. Los gases que se pueden encontrar en las unidades de refrigeración herméticas incluyen al nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano e hidrógeno. Los primeros tres gases enumerados provienen de la evacuación incompleta del aire o de una fuga en el lado de baja del sistema. El dióxido de carbono y el monóxido de carbono habitualmente se forman cuando se recalientan los materiales aislantes orgánicos.

Se ha detectado hidrógeno cuando el compresor está sufriendo mucho desgaste en los rodamientos. En un equipo bien diseñado y que funciona debidamente se encuentran solo trazas de estos gases.

El efecto de gases no condensables en un sistema de refrigeración provoca altas temperaturas y se puede percibir el daño en la siguiente imagen.



**Plato de válvulas con un sobrecalentamiento**

## Vacío en los sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado

Como se ha subrayado anteriormente, el refrigerante es muy sensible a la humedad en el sistema. Para entender cómo se comporta el agua y cómo hay que secar un sistema, debe comprenderse la siguiente ley natural. El punto de ebullición del agua varía según la presión. En unidades de ingeniería, las presiones están expresadas en libras por pulgada cuadrada absoluta (psia). La presión atmosférica normal es de 14,7 psia. Pero por razones prácticas de ingeniería, los manómetros a menudo se calibran a 0 psig libras por pulgada cuadrada manométrica para indicar la presión atmosférica. Las presiones inferiores a la atmosférica se denominan vacíos parciales. El 0 en la escala absoluta de presiones corresponde a una presión que no puede reducirse más. Un vacío perfecto es de 0 micrones.

El micrón se utiliza para medir vacíos cercanos al vacío absoluto. Es también importante que se comprenda la relación entre la presión absoluta y la manométrica cuando se procede a la extracción del fluido del sistema (procedimiento de vacío). Los manómetros están calibrados normalmente de manera que el 0 corresponda a la presión atmosférica.

Al evacuar un sistema habrá necesidad de un manómetro especial de vacío para controlar el vacío real en el sistema.

Estos dispositivos de medición de vacío se los nombra vacuómetros y se encuentran disponibles en la industria.



**Vacuometro digital**

En los procedimientos normales de servicio es importante saber qué nivel de vacío se requiere para cada sistema y esto muchas veces depende del tipo de lubricante que contiene el equipo (compresor).

La compañía Emerson en su división de compresores Copeland opina que el vacío de un sistema debe medirse con un vacuómetro digital y deben alcanzarse las siguientes cantidades de vacío para cada sistema:

- Si el sistema contiene aceite mineral o alquilbenceno es suficiente alcanzar los 500 micrones de vacío para asegurar que el nivel de humedad no afecte la operación del equipo.
- Si el sistema contiene aceite sintético a base de poliolester el vacío que se debe alcanzar es de 250 micrones.

### **Vacío con el compresor del sistema**

En forma por demás equivocada, muchos técnicos de refrigeración utilizan el compresor del sistema para realizar “el vacío” al sistema, sin percatarse de que este procedimiento puede dañar definitivamente su compresor y no se va a alcanzar el nivel de vacío correcto debido a que los compresores no son equipos diseñados para hacer este trabajo. En seguida se explican algunas de las consecuencias de hacer esta mala práctica.

En compresores herméticos y semiherméticos es muy probable que el aislante se dañe ya que una de las características de estos compresores es que el refrigerante es el medio de enfriamiento, si se ponen a trabajar estos equipos sin su medio de enfriamiento. Los devanados del motor se calientan y se daña todo el equipo.

Cuando se hace vacío a una bobinas eléctrica, estas hacen un arco eléctrico solo porque se hace circular una corriente eléctrica a través de ellas.

Como ya se comentó, el vacío que se logra al hacer esta práctica no es de ninguna forma el adecuado para ningún tipo de sistema.

No se debe hacer vacío con el compresor del sistema.

### **Bomba de vacío**

Para poder evacuar debidamente un sistema, hace falta una buena bomba de vacío y la misma debe tener las siguientes características:

- Régimen de flujo apropiado para el sistema a evacuar.
- Ser de dos etapas.
- Tener una eficiencia de bombeo elevada.

- Tener un regulador de gas para eliminar la condensación de vapor dentro de la entrada de la bomba y el filtro de escape.

Se debe elegir la bomba de vacío adecuada para la capacidad del equipo que deseamos evacuar, es importante mencionar que el proceso de vacío también se ve afectado por la altura sobre el nivel del mar donde se efectúe el proceso de vacío, así una ciudad que se encuentre a nivel del mar requerirá menos tiempo para lograr el vacío adecuado.

La longitud de las tuberías es posible que afecte en el tiempo de vacío. Sin embargo con una bomba adecuada las longitudes no ejercen gran influencia en el proceso de vacío.

### Bombas de vacío con diferentes caudales de flujo



35/42 lrt/min  
1,5 CFM

119/142 lrt/min  
5 CFM

178/213 lrt/min  
7,5 CFM

La temperatura ambiente sí es un factor que puede influir en el proceso de vacío, por esa razón se recomienda que los sistemas se calienten con lámparas incandescentes para acortar el proceso.

Para saber si la bomba de vacío que estoy utilizando es la bomba apropiada se debe seguir una regla muy sencilla, los principales fabricantes de bombas de vacío mencionan que una bomba de 1 cfm (cubic foot/minute) es capaz de hacer un buen vacío a un equipo con capacidad hasta de 7 toneladas de refrigeración.

Así que si se tiene un sistema de 40 toneladas de refrigeración se requerirá una bomba de

**40 / 7 = 5.71» 6 cfm de capacidad.**

Es importante insistir en que el proceso de vacío de un sistema debe medirse con un vacuómetro, que es el instrumento que nos ayuda a saber exactamente el nivel que tenemos de vacío en el sistema.

*El vacío de un sistema no se mide por tiempo, se mide por la cantidad de micrómetros, mili pascales o cualquier otra medida de vacío que se maneje con mayor familiaridad.*

Siguiendo esta regla es muy posible que nuestros tiempos de servicio y/o mantenimiento en equipos se reduzcan debido a que se tiene la idea de que lograr un buen vacío requiere de muchas horas de estar haciendo el proceso y es una idea equivocada ya que con el vacuómetro se puede observar en forma muy sencilla si se ha llegado al vacío adecuado y en la mayoría de los casos es en menor tiempo de lo que se espera.

### Proceso del Vacío

Un sistema de refrigeración debe contener únicamente el refrigerante en estado líquido o gaseoso junto con aceite seco. Todos los vapores, gases y fluidos deben ser eliminados. Estas sustancias generalmente son eliminadas conectando el sistema a una bomba de vacío y permitiendo que la bomba funcione continuamente hasta llegar a un vacío profundo en el sistema. A veces es necesario calentar las partes a 49 grados Celsius mientras se está haciendo el vacío profundo; a fin de eliminar toda la humedad indeseable, caliente las partes utilizando aire caliente, lámparas para calentar o agua caliente.

**¡¡¡Jamás utilizar una boquilla a fuego directo sobre las partes del equipo!!!**

Evacue el sistema siempre que este sea abierto para un servicio o como cuando pase lo siguiente:

- Al reemplazar un compresor, condensador, secador, evaporador, etc.
- Cuando el sistema no tiene refrigerante.
- Cuando el refrigerante está contaminado.
- Cuando se carga lubricante.

La utilización de un múltiple de evacuación y carga (Manifold) es una buena práctica al llevar a cabo la evacuación y/o la carga del sistema.

### **Cómo evacuar un sistema**

Existen varios procesos para llegar al vacío que requiere un sistema, iniciaremos con el proceso más sencillo que es el del vacío directo conectando la bomba de vacío hasta llegar a la cantidad de micrones requerida según el tipo de lubricante que tengo en el sistema. Esto es alcanzar los 500 micrones si el sistema contiene lubricante alquilbenceno y/o mineral. O alcanzar los 250 micrones si el sistema contiene un lubricante sintético a base de poliolester.

Se puede hacer un proceso de vacío más estricto que involucra un tiempo adicional pero es más seguro y es especialmente adecuado en sistemas grandes. Como sigue:

- 1)** Como primer paso podemos hacer un arrastre de nitrógeno seco en el sistema, esto va a permitir que gran parte de la humedad que se encuentra en el sistema pueda ser absorbida por el nitrógeno. Es muy importante asegurarse de utilizar un regulador de presión para el manejo de este tipo de gas.
- 2)** Presurizar el sistema con nitrógeno (N<sub>2</sub>). Verificar si hay fugas y mantener la presión durante un lapso y ver si el manómetro indica un cambio.
- 3)** Cuando se constate que el sistema no tiene fugas eliminar el N<sub>2</sub>. Conectar una bomba de vacío adecuada tanto del lado de aspiración como del lado de descarga del compresor. Abrir todas las válvulas, al igual que las válvulas solenoides. Utilizar un múltiple de manómetros y vacuómetro. Dar tiempo para la difusión del vapor de agua y de aire.
- 4)** Se sugiere que se conecten los manómetros de los dos lados del sistema para hacer más rápido el proceso.
- 5)** También es importante que se caliente el sistema para hacer que la humedad sea removida con mayor facilidad.

En la próxima figura se puede observar un arreglo de un sistema para realizar el vacío.

**6)** Cuando se haya logrado un vacío satisfactorio (500 micrones) detener la bomba y dejarla por algún tiempo (media hora) para ver si la aguja se mueve hacia el lado de presión atmosférica. Si sucede esto, podría deberse a dos razones: o bien hay una fuga, o bien hay todavía humedad en el sistema. Si la presión (vacío) se mantiene considerablemente pareja durante el mismo lapso de tiempo, el circuito está evacuado correctamente y está seco y libre de fugas.

**7)** Ahora puede empezarse a cargar el refrigerante rompiendo el vacío, ya sea directamente hacia el lado del líquido de alta presión, o hacia el lado de la aspiración cuando el compresor no esté funcionando.

### Proceso de Tres Vacíos

En casos muy drásticos de contaminación de agua en sistemas, como cuando se tienen condensadores enfriados por agua en los que por alguna razón haya habido contacto del refrigerante con una gran cantidad de humedad, se requiere hacer un proceso llamado de tres vacíos para asegurar que eliminemos la humedad del sistema.

Para realizar esto se debe seguir la siguiente secuencia:

- 1)** Conectar la bomba de vacío apropiada al sistema.
- 2)** Poner en marcha la bomba.
- 3)** Detener la bomba cuando se tenga una lectura de 1.500 micrones.
- 4)** Romper el vacío con nitrógeno y presurizar el sistema a 3 libras/pulg<sup>2</sup> y esperar de 30 a 60 minutos.
- 5)** Liberar el nitrógeno del sistema.
- 6)** Arrancar de nuevo la bomba de vacío.
- 7)** Detener la bomba cuando se tenga una lectura de 1.500 micrones.
- 8)** Romper el vacío con nitrógeno y presurizar el sistema a 3 libras/pulg<sup>2</sup> y esperar de 30 a 60 minutos.
- 9)** Liberar el nitrógeno del sistema.
- 10)** Arrancar de nuevo la bomba de vacío.
- 11)** Detener la bomba cuando se tenga una lectura de 500 o 250 micrones según el tipo de lubricante del sistema.
- 12)** Romper el vacío con el refrigerante del sistema.
- 13)** Completar la carga de refrigerante al sistema.

## Aceite en el sistema



Nota: Recordar que se debe utilizar un regulador de presión apropiado para el uso del nitrógeno, no se debe regular con la válvula del cilindro

Para la lubricación de los compresores de refrigeración se utilizan aceites especiales. La marca de aceite proporcionado

originalmente se especifica a menudo sobre una placa de datos relativos al aceite y es apropiada para las condiciones de funcionamiento pertinente. Si hay que añadir aceite, debe utilizarse la misma marca. Evítese mezclar diferentes marcas de aceite. Los aceites para motores no pueden utilizarse en un sistema de compresores a base de CFC-12 o HCFC-22 ni se puede utilizar aceite usado incluso cuando es regenerado. El aceite utilizado absorbe humedad del aire y también provoca corrección en el compresor, especialmente en los compresores de amoníaco.

El aceite debe almacenarse en un lugar libre de humedad en recipientes cerrados herméticamente usándose únicamente envases secos para el rellenado. Es aconsejable colocar un cartucho secador en la ventilación de aire del recipiente de almacenamiento para impedir la entrada de humedad cuando se extrae el aceite

### **Aceite lubricante**

Dentro de los sistemas herméticos el lubricante está en contacto íntimo con el bobinado de los motores eléctricos. El aceite debe por lo tanto tener gran compatibilidad con los materiales y gran estabilidad térmica. Las propiedades de miscibilidad de aceite y refrigerante son indispensables para garantizar un mantenimiento mínimo del sistema y

retorno de lubricante al compresor evitando de esa manera la condición extrema de agotamiento del aceite del compresor. Las propiedades combinadas de viscosidad características de humedecimiento de las superficies y solubilidad de refrigerante (para mantener la fluidez del aceite de baja temperatura) no solamente contribuyen a la circulación del lubricante sino que afectan también a las características de las películas sobre las superficies de transferencia de calor y, posteriormente, a la eficiencia energética. Un buen aceite lubricante tiene las siguientes propiedades:

- 1)** Bajo contenido parafínico, la separación de la parafina de la mezcla del aceite lubricante puede tapar los orificios de control.
- 2)** Buena estabilidad térmica. No deben formarse depósitos duros de carbón en los puntos calientes del compresor.
- 3)** Buena estabilidad química. No debe hacer ninguna reacción química con el refrigerante ni los materiales que habitualmente se utilizan en los sistemas.
- 4)** Bajo punto de fluidez. Capacidad del aceite de mantenerse fluido a la más baja temperatura del sistema
- 5)** Baja viscosidad. Capacidad de lubricante de mantener buenas propiedades de lubricación a temperaturas elevadas

y buena fluidez a bajas temperaturas; de proporcionar una buena película lubricante en todo tiempo.

A fin de mejorar la eficacia del aceite, muchos fabricantes añaden mas sustancias químicas que están destinadas a inhibir la formación de lodo o espuma (el aceite que contenga humedad o aire formará lodo o barnices y puede provocar daños a la unidad). El aceite sucio de un sistema hermético puede volverse ácido y provocar quemaduras en las manos. Cambiar siempre los filtros cuando esto haya sucedido para mantener limpio el nuevo aceite.

### **Aceites existentes en la industria de la Refrigeración**

Se tienen actualmente disponibles diferentes tipos de lubricantes en la industria de la refrigeración. Cada uno de ellos reúne características diferentes que ayudan a los sistemas a operar en forma adecuada. En términos muy sencillos se describen cada uno de los tipos de lubricantes:

**Lubricantes Minerales:** son los aceites obtenidos de la destilación del petróleo, también llamados lubricantes nafténicos y son utilizados principalmente para los refrigerantes CFCs existentes en el mercado (R-12).

**Lubricantes sintéticos a base de Alquibenceno:** son los aceites que han sido introducidos al mercado para ser utilizados con los refrigerantes alternativos HCFCs ya sea mezclas de refrigerantes o compuestos puros.

**Lubricantes sintéticos a base de Poliolester:** son los aceites que fueron creados para ser utilizados con los refrigerantes libres de cloro como los HFCs y que son altamente higroscópicos. Para el manejo de estos aceites es importante tener cuidado para evitar la saturación de humedad de estos aceites. Para el uso de estos aceites se recomienda:

- Una vez abierto el envase de este lubricante se debe utilizar todo, si no se utiliza la totalidad del producto, el lubricante debe ser desechado de una forma apropiada.
- Debido a que estos aceites tienen alta higroscopia, este aceite tiene niveles de saturación de humedad de más de 1.000 ppm de agua por lo que se debe tener mucho cuidado en su manejo.
- Se requiere utilizar bombas de aceite para su inyección a los sistemas.

**Lubricantes sintéticos a base de Polialquilen Glicol:** estos aceites fueron originalmente instalados en los sistemas de aire acondicionado automotriz, sus características son muy buenas pero tienen también el problema de ser altamente higroscópicos y su uso ha sido limitado o solo algunas marcas de autos trabajando con R-134a.

### Cambio de aceite

No hay modo de determinar el aceite de la mayoría de los compresores herméticos soldados. Este tipo de compresor está destinado principalmente a su instalación en sistemas diseñados, armados y cargados en fábricas en que la carga de aceite puede medirse con precisión en el sistema en el momento del montaje original. En caso de fuga, si la cantidad de aceite perdida es pequeña y puede calcularse razonablemente, esta cantidad debe añadirse al compresor pero si existe una pérdida importante de aceite, el técnico de servicio debe retirar el compresor, purgar el aceite y añadir la medida correcta de carga antes de volver a colocar el compresor.

Los compresores semiherméticos y de tipo abierto están equipados normalmente con mirillas de cárter, el nivel de aceite debe mantenerse por encima, o ligeramente por encima

del centro de la mirilla mientras está funcionando. Un nivel de aceite anormalmente bajo puede resultar en una pérdida de lubricación, mientras que un nivel de aceite excesivamente elevado puede resultar en un empaste de aceite y posibles daños a las válvulas de compresor o una excesiva circulación de aceite. El nivel de aceite puede variar considerablemente en la puesta inicial en marcha si hay refrigerante líquido presente en el cárter y se debe verificar el nivel de aceite con el compresor en marcha después de haber llegado a una condición estabilizada.

**Nota:**

El aceite absorberá siempre algo de refrigerante y para evitar la emisión de refrigerante una alternativa podría consistir en instalar un calentador de aceite o utilizar una unidad de recuperación antes de abrir la conexión de aceite. Un procedimiento posible sería:

- 1)** Hacer funcionar el calentador de aceite.
- 2)** Descargar el refrigerante gaseoso.
- 3)** Descargar el aceite en recipientes apropiados y marcados, de ser necesario con ayuda de nitrógeno.

## **Cómo recargar el aceite de un compresor hermético**

Para recargar una cantidad determinada de aceite, el compresor debe retirarse del sistema y el aceite debe extraerse de la línea de aspiración inclinando el compresor. La cantidad exacta de aceite debe de saberse claramente antes de comenzar la recarga: verifíquese el manual de instrucción para la recarga completa.

Para evitar que haya demasiada mezcla de refrigerante en el aceite y evitar la emisión de refrigerante podría instalarse un calentador de aceite.

Después de haberse reinstalado el compresor, el sistema debe ser evacuado entonces mediante una válvula de acceso a el tubo de proceso antes de recargarlo con el refrigerante y hacerlo funcionar. No utilizar nunca aceite de botellas o tambores que han quedado abiertos.

## **Cómo agregar aceite a un compresor semihermético o abierto**

### **Método del sistema abierto:**

Si el compresor está equipado con un orificio para rellenado de aceite en el cárter, el medio más simple de añadir aceite es aislar el cárter del compresor y verter o bombear en el mismo la cantidad exacta de aceite. Si el sistema no contiene ningún

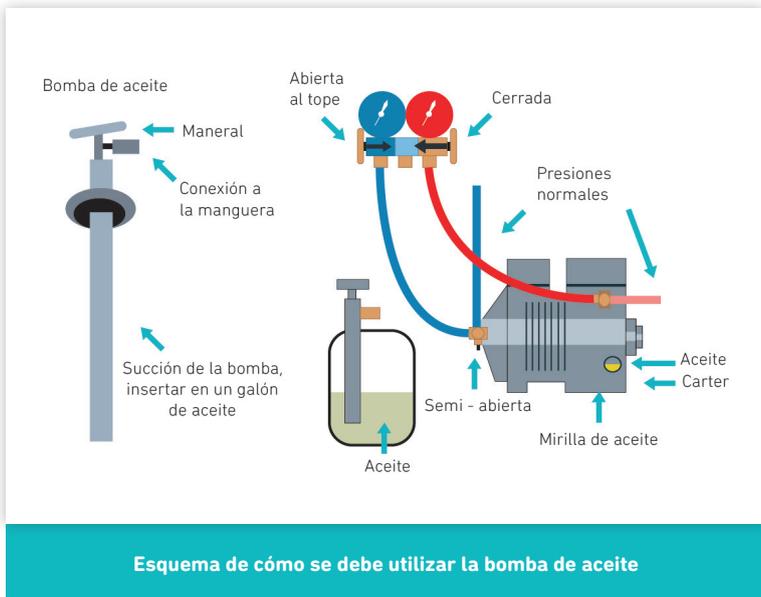
refrigerante o si el compresor está abierto para reparaciones no hace falta ninguna precaución especial aparte de las medidas normales de mantener el aceite limpio y seco, dado que el sistema debe evacuarse antes de hacerlo funcionar.

Si el compresor contiene una carga de refrigerante cerrar la válvula de aspiración del compresor y reducir la presión del cárter a aproximadamente uno o dos psig. Detener el compresor y cerrar su válvula de descarga.

### **Método de la bomba de aceite:**

Muchos técnicos de servicio o bien ya han fabricado o bien ya han comprado una pequeña bomba de aceite para añadir aceite a los compresores. La bomba es muy similar a un pequeño inflador de bicicleta y permite añadir aceite a un compresor en funcionamiento a través del punto de acceso de servicio en caso de necesidad o puede utilizarse para añadir aceite directamente al cárter cuando el espacio no pueda permitir una alimentación por gravedad cuando el compresor está funcionando. La válvula de verificación de la bomba impide la pérdida de refrigerante permitido al mismo tiempo que el técnico de servicio desarrolle suficiente presión para superar la presión de aspiración en marcha y añadir aceite según la necesidad. En caso de emergencia en que no se disponga de

bomba de aceite y que no se pueda tener acceso al compresor el aceite puede introducirse en el compresor a través de la válvula de servicio de aspiración.



### Impacto de lubricantes en las medidas de recuperación

Desde la aparición de los nuevos refrigerantes a base de hidrofluorocarbono (HFC), que no agotan la capa de ozono y que

no son compatibles con los aceites normales, los fabricantes de aceites han estado trabajando para crear una nueva serie de lubricantes miscibles con HFCs.

Los lubricantes de compresor convencionales son miscibles con los refrigerantes CFCs y HCFCs pero no lo son con los HFCs sustitutos que no agotan la capa de ozono. La utilización de un lubricante convencional que no sea miscible conjuntamente con el HFC-134a afecta negativamente a la eficiencia de la unidad refrigerante. En ese caso, el aceite no miscible se separa en masas congeladas del refrigerante dentro del condensador y de esa manera impide el flujo, especialmente a través de los dispositivos de expansión (tubos capilares o válvulas de expansión) causando a menudo taponamientos en los sistemas.

Después de haber pasado a través del dispositivo de expansión, el aceite no miscible se deposita en el fondo de los tubos del evaporador causando nueva degradación del flujo y de la transferencia de calor. En algunos casos la falta de aceite de retorno al compresor puede aumentar el desgaste de los componentes y, en su momento, generar desperfectos debidos a la subalimentación de lubricante.

### **Miscibilidad con los refrigerantes a base de HCFC**

Los fabricantes de lubricantes han desarrollado una amplia gama de nuevos lubricantes sintéticos a base de poliolester, que han sido sintetizados específicamente para proporcionar la miscibilidad con los HCFs como el HCF-134a, en especial para una amplia gama de temperaturas. Los lubricantes han sido probados con muchos gases refrigerantes y se ha constatado que son miscibles con la mayoría de los CFC, HCFC y el HCF-134a.

### **Higroscopia**

Los lubricantes de poliolester son más higroscópicos que los aceites minerales nafténicos. Se saturan aproximadamente a mil ppm de la humedad atmosférica, en comparación con unas cien ppm para los aceites minerales. Por esa razón no deben estar más de 12 minutos expuestos al medio ambiente para evitar su saturación de humedad.

### **Contaminación**

Es necesario hacer hincapié en el que el interior del sistema de refrigeración debe estar rigurosamente limpio en todo tiempo. Cualquier clase de contaminación puede provocar desperfectos continuos y daño permanente a las partes

metálicas internas. Mientras que en las líneas de producción en fábrica se practican procedimientos metódicos de limpieza, disponiéndose incluso de salas de montajes climatizadas, las instalaciones que se llevan a cabo en el terreno carecen naturalmente de estas facilidades. La posible entrada de aire y de polvo cuando se abren los extremos de tubos, válvulas y otras partes representan un grave peligro, por esta razón se debe tener sumo cuidado en todas las etapas para evitar más tarde costosas reparaciones.

### **Sistemas modernos**

Hay que tener presente que los sistemas modernos son más susceptibles a desperfectos ocasionados por la contaminación. Los compresores están contruidos para tolerancias más finas que hasta ahora, se han aumentado las velocidades y las temperaturas de funcionamiento. Además, con la introducción de unidades herméticas de potencia cada vez mayor, el bobinado de los motores también está expuesto a los peligros de los contaminantes y dado que la proporción de elementos herméticos en uso ha aumentado, también ha aumentado más y más la importancia de tener mayor cuidado en la instalación. El contaminante más evidente es el aire húmedo. La humedad y el aire provocan la corrosión metálica además del resultado

más obvio de obstruir la válvula de expansión con cristales de hielo. Cuando la instalación se extiende por varios días el aire tiene amplia oportunidad de entrar en el extremo abierto de la tubería de cobre, en las válvulas del compresor y en el evaporador, especialmente en la atmósfera húmeda de un edificio en construcción.

### **Medidas preventivas**

Para evitar los problemas que plantea el aire, es de suma importancia adoptar medidas preventivas estrictas. Las mismas consisten en tapar los extremos de los puntos de cobre en cada etapa, completando lo más rápidamente el trabajo de una sección de tubería y planificando con anticipación, de manera que, una válvula de compresor quede abierta apenas lo suficiente para conectar la tubería de cobre. Las líneas de cobre deben purgarse con nitrógeno antes de conectarse al sistema y cuando se ejecute un emboquillado debe taparse si no está conectado inmediatamente.

### **Polvo**

Un peligro para el sistema lo representan también las partículas de polvo, lo cual significa toda materia sólida que se ha introducido a los tubos, válvulas y otras partes

abiertas. De nuevo, esta posibilidad existe especialmente cuando se están realizando renovaciones o cuando se están construyendo locales nuevos. El polvo que se ve acumularse sobre las superficies exteriores es prueba de lo que está sucediendo adentro si se permite lo mismo. Para impedir este riesgo es necesario tapar rápidamente las líneas abiertas, así como eliminar el aire en las mismas.

### **Materias extrañas**

Otro riesgo es la introducción de materias extrañas debido al descuido. Por ejemplo, al limpiar los extremos de los tubos antes de soldarlos puede suceder que se deje entrar limaduras en la tubería de cobre. Obviamente hay que tomar precauciones para que esto no ocurra ya sea haciendo el rellenado con la punta del tubo apuntando hacia abajo, o si esto no fuera posible, tapando el tubo con un trapo limpio. Otra eventualidad es que se utilice la soldadura de manera que fluya en exceso a través de la junta del tubo, donde puede solidificarse formando partículas móviles de diferente tamaño, si esto sucede en la parte de la aspiración, existe un verdadero peligro de que dichas partículas causen muchísimo daño. En todo caso, el filtro puede resultar obstruido.

### **Formación de costras internas**

Durante la soldadura, pueden producirse costras internas que serán desplazadas por el paso del refrigerante siendo esta otra posible causa de obstrucción. Para impedir esto, debe introducirse una columna finísima de nitrógeno seco y exenta de oxígeno dentro de la tubería mientras se está soldando, esto elimina el oxígeno e impide la formación de escamas. Incluso con todas las precauciones que se estén tomando sigue siendo una buena práctica insertar filtros de paño en la aspiración del compresor para recoger todo residual restante antes de que pueda llegar al compresor. Estos filtros no deben dejarse de modo permanente, dado que restringirán el flujo de refrigerante y deben retirarse después de más o menos un día de uso. La cantidad de materia recogida de esta manera es prueba evidente de su utilidad.

### **Mantenimiento**

Los sistemas de refrigeración deben inspeccionarse y mantenerse de manera regular y minuciosa. Para minimizar las emisiones, el refrigerante y el aceite deben ser transferidos con la mínima pérdida posible. La frecuencia de las inspecciones y mantenimiento necesarios depende de la intensidad de luz o uso del sistema de la carga del refrigerante y del carácter del sistema.

Toda fuga detectada debe ser subsanada inmediatamente para eliminar fugas, la sección correspondiente al sistema debe aislarse y el refrigerante que contiene esta última debe transferirse o bien dentro del sistema o bien a un recipiente del servicio para refrigerante. El mantenimiento incluye una verificación de la debida función y del reglaje correcto de los controles y dispositivos de seguridad. Las tareas completas de mantenimiento se explican en el capítulo.

### **Detección de fugas**

Cuando se sospeche que un sistema tiene fugas, debe verificarse la totalidad del mismo marcándose las fugas constatadas para su rectificación, nunca debe suponerse que un sistema tiene una sola fuga.

Cabe notar que las lámparas de halón tradicionales no pueden utilizarse con los HFCs, como por ejemplo el R-134a, por cuanto exigen la presencia de cloro para producir una llama de color. La detección puede efectuarse electrónicamente. Muchos sensores utilizan el diodo calentado o descarga de corona como método de detección. Estos sensores han sido ajustados para medir el contenido de cloro. Con la introducción de los HFC a base de flúor, el cloro ha sido eliminado por completo. Hacen falta aproximadamente 120 partes de flúor para igualar

a una parte de cloro. Por consiguiente es necesaria mucha amplificación para producir una señal de alarma fiable.

### **Fugas de refrigerante**

El refrigerante en un sistema de refrigeración nunca se consume totalmente. Si se ha determinado que la cantidad de refrigerante en un sistema es baja, debe verificarse si el sistema tiene fugas y seguidamente repararlo y recargarlo. Hay varios problemas que pueden plantearse en un sistema de aire acondicionado que tendrían los mismos síntomas que una fuga de refrigerante. Por ejemplo, el ventilador, el compresor y diversos mandos podrían estar funcionando pero el sistema no enfría, se deben determinar siempre las posibilidades antes de proceder a la recarga de refrigerante. Una carga de refrigerante que ha disminuido es probable de fugas. Agregar refrigerantes sin localizar primero las fugas y subsanarlas constituye una solución temporaria, costosa e incorrecta desde el punto de vista ambiental. Agregar refrigerante no rectificará de manera permanente la dificultad. Hay que tratar de determinar dónde se produce la fuga antes de recuperar refrigerante para evitar contaminar el aire circundante con el refrigerante de un sistema recientemente abierto. La presencia de aceite alrededor de una junta de la tubería indica

habitualmente que hay fugas pero no hay que considerarlo un factor determinante. Verifique siempre el área con un detector de fugas.

### Las causas de las fugas

Toda fuga de refrigerante es provocada por una falla del material. El mecanismo que crea la falla de material es atribuible normalmente a uno o más de los siguientes factores:

- **Vibración-** La vibración es un factor importante en la falla de material y es responsable del endurecimiento del cobre, la desalineación de las selladuras, el aflojamiento de los pernos que se afirman en los rebordes, etc.
- **Cambios de presión-** Los sistemas de refrigeración dependen de los cambios de presión para su funcionamiento. El régimen del cambio de presión tiene diferentes efectos sobre los diversos componentes del sistema lo cual resulta en esfuerzos del material y una expansión y contracción diferencial del mismo.
- **Cambios de temperatura-** Los sistemas de refrigeración constan frecuentemente de materiales diferentes de diferente espesor. Los rápidos cambios de temperatura resultan

en esfuerzos del material y una expansión y contracción diferencial del mismo.

● **Desgaste por fricción-** Hay muchos casos de desgaste por fricción que provocan falla del material y pueden deberse tanto como a un trabajo al hecho en la tubería fija como a las empaquetaduras de los tubos.

● **Selección incorrecta de material-** En varios casos se han seleccionados varios materiales que son inapropiados; por ejemplo, ciertos tipos de mangueras flexibles adolecen de una incidencia de fugas conocida y se han utilizado materiales que se sabe que fallan en determinadas condiciones de vibración, presión y cambios de temperatura.

● **Control de calidad malo-** A menos que los materiales utilizados en el sistema de refrigeración sean de una norma elevada y constantes, los cambios de la vibración, presión y temperatura provocarán fallas.

● **Accidentes-** Esto se produce raramente pero hay que tener cuidado de proteger de accidentes a los sistemas presurizados.

Las principales causas de fuga de refrigerante han sido detalladas más arriba, pero las tres causas más comunes son:

- Vibración.
- Cambio de temperatura.
- Cambio de presión.

Como todas estas características están presentes en los sistemas de refrigeración, la posibilidad de fugas de refrigerante debidas a falla del material está siempre presente. La fuente más probable de fugas es una junta mecánica donde se unen invariablemente materiales diferentes.

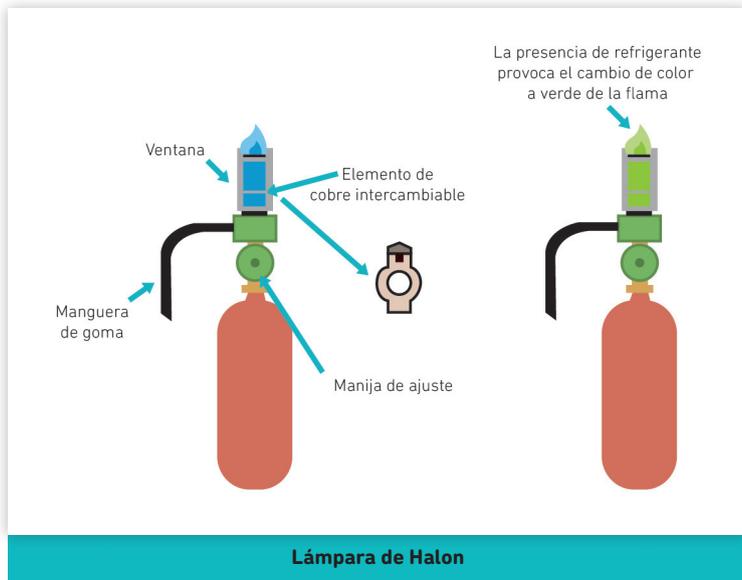
### **Lámpara de halón**

La detección de fugas más ampliamente utilizada para el servicio del terreno es la lámpara de halón. Consiste en un pequeño tanque portátil de propano o gas de petróleo líquido, una manguera de inspección y un quemador especial que contiene un elemento de cobre.

El gas alimenta una pequeña llama en el quemador, provocando un pequeño vacío en la manguera husmeadora. Cuando la manguera pasa cerca de una fuga, el refrigerante es absorbido por la manguera y se inyecta en el quemador que

está debajo del elemento de cobre. Una pequeña cantidad de refrigerante que se queme en presencia del cobre tendrá un color verde brillante.

Una cantidad mayor se quemará con una llama de color violeta. Al verificar fugas con la lámpara observe siempre la llama para ver si existe el menos cambio de color. Debido a su baja sensibilidad ya no se recomienda su utilización.



## Jabón

El método más simple y más antiguo de detección de fugas es la utilización de burbujas de jabón. Moje con jabón líquido o detergente el punto donde se sospecha que haya fugas y si las hay aparecerán burbujas. A pesar de su simplicidad el método de la burbuja de jabón puede ser sumamente útil para determinar una fuga que sea difícil de localizar.



### **Detección electrónica**

El detector de fugas electrónico es el tipo más sensible disponible. Los hay de costo razonable y puede detectar diversas fugas de una fracción de 100 ppm, +/- 5ppm, que a menudo escapan a la detección con otros métodos. Debido a su extrema sensibilidad los detectores electrónicos pueden utilizarse únicamente en una atmósfera limpia no contaminada por vapor de refrigerante ni humo, ni vapor de tetracloruro de carbono ni otros disolventes que puedan dar una reacción falsa.

### **Lámpara de rayos ultravioleta**

El método de la fluorescencia ultravioleta detecta el material (tinte trazador) que se agrega al aceite lubricante. Algunos aceites lubricantes están siempre mezclados con el refrigerante y cuando la lámpara ultravioleta apunta hacia el sistema donde hay una fuga, la traza que está escapando brillará. La detección de fugas por fluorescencia mediante rayos ultravioleta revela la fuente exacta de las fugas de refrigerante, este tipo de equipo de verificación de fugas de refrigerante se utiliza únicamente en sistemas con aceite mineral y aceites a base de esteres. No se recomienda a la

luz directa del sol en la sala donde se está llevando a cabo la verificación de fugas.

**Las fugas** pueden detectarse pasando una botella abierta o una comprimible de ácido clorhídrico concentrado en la proximidad de la presunta fuga.

En el punto de la fuga se formará un humo blanco denso de cloruro de amoníaco. El papel de tornasol rojo o el de fenoltaleína sufrirá un cambio de color en una atmósfera de amoníaco sirviendo para ayudar a detectar pequeñas fugas de amoníaco.

Las fugas importantes que no pueden detenerse en un plazo razonable deben remojarse con agua que absorberá el amoníaco e impedirá que la atmósfera se contamine. Las válvulas de los cilindros pueden sufrir pérdidas a través de la empaquetadura, las que pueden detenerse apretando la tuerca de la empaquetadura.

El equipo destinado a la detección de fugas de amoníaco y de refrigerantes a base de fluorocarbono es completamente diferente y nunca deben confundirse. Por lo tanto, no es posible utilizar una lámpara de verificación de alógeno o un detector electrónico de fugas para el amoníaco.

# Definiciones

## **Absorción**

Es la extracción de uno o más componentes de una mezcla de gases cuando los gases y los líquidos entran en contacto. El proceso se caracteriza por un cambio en el estado físico o químico de los componentes.

## **Acondicionamiento del aire**

Control simultáneo de la temperatura, humedad, composición, movimiento y distribución del aire para hacer confortable el entorno o para fines industriales.

## **Alta, lado de**

La parte de un sistema de refrigeración que está bajo la presión del condensador.

## **Baja, lado de**

La parte de un sistema de refrigeración que está bajo la presión del evaporador.

**Caballo de fuerza (hp)**

Unidad de potencia (o fuerza):  $1 \text{ hp} = 745,7 \text{ W}$ .

**Caballo de potencia (hp)**

Unidad de potencia (o fuerza):  $1 \text{ hp} = 745,7 \text{ W}$ .

**Calidad**

Porcentaje (%) en peso de vapor en una mezcla de líquido y vapor.

**Calor**

Forma básica de energía que se caracteriza por su capacidad de pasar de un cuerpo a una temperatura dada únicamente a un cuerpo a una temperatura inferior. Puede manifestarse como calor sensible o calor latente. La unidad, en ingeniería, es el joule, J.

**Calor de condensación (licuefacción)**

Energía térmica producida por un vapor o gas puro durante el cambio a un estado líquido a temperatura y presión constantes.

**Calor latente**

Energía térmica liberada o absorbida en un cambio de estado a temperatura y presión constantes de una sustancia pura. El ser humano no puede percibirlo con sus sentidos y por lo tanto se dice que es un calor latente u oculto.

**Calor sensible**

Energía térmica que se caracteriza por el cambio de la temperatura y por, lo tanto, el ser humano puede percibirlo con sus sentidos.

**Cambio de estado**

Proceso por el que la materia cambia de un estado a otro como, por ejemplo, del estado sólido al líquido, o del estado líquido al gaseoso o al de vapor.

**Capacidad térmica**

La cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una masa de material en un grado.

## **Ciclo**

Trayectoria cerrada en un sistema termodinámico por la que el fluido activo retorna después de una serie de cambios a las condiciones originales de temperatura, presión y entalpía.

## **Climatización**

Control simultáneo de la temperatura, humedad, composición, movimiento y distribución del aire para hacer confortable el entorno o para fines industriales.

## **Coefficiente de rendimiento**

Medida de la eficiencia de un sistema de refrigeración. Numéricamente, la cantidad de calor extraída del refrigerador, dividida por el gasto de trabajo.

## **Coefficiente de transferencia térmica**

Cantidad de calor transmitido a través de un cuerpo de longitud y área de sección transversal unitario en 1 unidad de tiempo, cuando el gradiente térmico a lo largo de la dimensión longitudinal es de 1 unidad. Se expresa comúnmente en  $W/m^2K$  y las letras utilizadas a menudo son  $K$  o valor  $U$ .

## **Condensador**

Recipiente o disposición de tubos en el que el vapor caliente se enfría y se licua por extracción del calor.

## **Condensador enfriado por evaporación**

Condensador que se enfría por la evaporación continúa de agua sobre las superficies condensadoras.

## **Conducción**

El proceso de transmisión de calor de molécula a molécula a través de un material.

## **Conductividad térmica**

Cuando hay diferencias de temperatura en toda materia, el calor fluye de las regiones calientes a las frías hasta que las temperaturas se hacen iguales. La conductividad térmica se expresa en  $L = W/Mk$ . Por ejemplo, el aislamiento de poliuretano varía entre 0,017 y 0,027 W/Mk.

## **Contracorriente**

Intercambio de calor entre dos fluidos que fluyen en direcciones opuestas de manera que la porción más caliente de un fluido se encuentra con la porción más caliente del otro.

**Convección**

El proceso de transferencia de calor por el movimiento de gas, vapor o líquido calentado.

**Densidad**

Peso o masa por unidad de volumen; se expresa habitualmente en kg. /m<sup>3</sup>

**Energía interna**

Energía que posee un cuerpo o un sistema de cuerpos en virtud de movimientos y la energía potencial de las moléculas.

**Enfriador de salmuera**

Evaporador para enfriar la salmuera mediante la evaporación de un refrigerante primario.

**Entalpía**

Denominada igualmente contenido de calor y calor total, es la suma de la energía interna más el producto de la presión por el volumen. Sirve específicamente para determinar la energía adquirida o perdida por un fluido activo al pasar a través de una pieza de un aparato; dicha energía es el cambio de entalpía del fluido.

En ingeniería, la unidad de la entalpía kJ/kg se representa por "L" o, mas comúnmente, por "H".

### **Evaporador**

Componente de un sistema de refrigeración en el que el refrigerante líquido absorbe el calor y se cambia a vapor.

### **Evaporador inundado**

Evaporador en el que las superficies de transferencia térmica están siempre humedecidas por la evaporación del refrigerante líquido.

### **Fase**

En el sentido físico, se aplica a uno de los estados de la materia como, por ejemplo, la fase sólida, líquida o gaseosa.

### **"Flash gas" (gas desprendido durante el enfriamiento del líquido refrigerante)**

El vapor formado como resultado de una reducción en la presión de un líquido volátil que no tiene subenfriamiento.

### **Gas desprendido durante el enfriamiento del líquido refrigerante ("Flash gas")**

El vapor formado como resultado de una reducción en la presión de un líquido volátil que no tiene subenfriamiento.

### **Grado de sobrecalentamiento**

La diferencia entre la temperatura de un vapor saturación a dicha presión.

### **Hidrómetro**

Instrumento para medir la gravedad específica o la densidad de un líquido.

### **Humedad absoluta**

Peso del vapor de agua en una mezcla con 1 unidad de peso de aire. Se expresa habitualmente como kg de vapor / kg de aire seco.

### **Humedad relativa**

Relación entre la presión parcial del vapor de agua en el aire a una temperatura dada y la presión de saturación del vapor de agua a la misma temperatura. Esta relación no depende de la presión atmosférica.

### **Intercambiador de calor**

Dispositivo en el que el calor se transfiere de un fluido que tiene determinada temperatura a otro fluido que tiene una temperatura inferior.

### **Intercambiador térmico**

Dispositivo en el que el calor se transfiere de un fluido que tiene determinada temperatura a otro fluido que tiene una temperatura inferior

### **Lado de alta**

La parte de un sistema de refrigeración que está bajo la presión del condensador.

### **Lado de baja**

La parte de un sistema de refrigeración que está bajo la presión del evaporador.

### **Ley de Dalton**

La presión total de una mezcla de gases en un recipiente cerrado es la suma de las presiones que cada gas separado ejercería si los otros no estuvieran presentes.

### **Licuefacción (calor de condensación)**

Energía térmica producida por un vapor o gas puro durante el cambio a un estado líquido a temperatura y presión constantes.

### **Mezclas**

Se utiliza para describir mixturas que son zeotrópicas o casi azeotrópicas. Las mezclas son mixturas y no compuestos puros. Por lo tanto, puede haber dos o tres moléculas presentes mientras que en un compuesto puro hay una sola molécula.

### **Mezcla azeotrópica**

Mezcla cuyas fases líquida y gaseosa tiene la misma composición a una temperatura específica. Una mezcla puede ser azeotrópica únicamente a una temperatura. A los efectos prácticos, si al cambiar la temperatura, el cambio en la composición del azeótropo es un pequeño, se puede considerar que se trata de un solo fluido y no de una mezcla.

### **Mezcla zeotrópica/no azeotrópica**

Mezcla que manifiesta cambios importantes en las composiciones de vapor y líquido con la temperatura. Se evapora y se condensa dentro de una gama de temperatura. Los cálculos

y el diseño de la unidad deben tener esto en cuenta. Se llama también "mezcla de amplios puntos de ebullición".

### **Potencia**

Energía (fuerza) por unidad de tiempo; las unidades que se utilizan en ingeniería son:

El caballo de potencia: hp; el kilovatio: Kw.

### **Presión**

La fuerza ejercida por un fluido sobre 1 unidad de superficie de la pared de un recipiente. Unidades utilizadas en ingeniería: bar, pa y torr (mm Hg).

### **Presión absoluta**

Presión que sobrepasa a un vacío absoluto o perfecto. Numéricamente, es la presión manométrica más la presión barométrica expresada en bares, psia.

### **Presión crítica**

La presión observada en el punto crítico de una sustancia.

**Presión parcial**

Fracción de la presión total de una mezcla de gases que aporta determinado componente.

**Propiedades termodinámicas**

La relación entre la temperatura, la presión, el volumen específico, la entalpía y la entropía de un fluido bajo diversas condiciones.

**Punto crítico**

Un punto de estado en el que el estado líquido y el gaseoso tienen propiedades idénticas.

**Punto de fusión**

La temperatura a la que, a una presión dada, una sustancia sólida pasa al estado líquido.

**Refrigerante primario**

Todo fluido que se utiliza en un ciclo termodinámico para remover el calor del evaporador y llevarlo al condensador donde es eliminado.

### **Refrigerante secundario**

Todo fluido que se utiliza para transmitir calor de lo que ha de enfriarse hacia el evaporador.

### **Salmuera**

Solución acuosa de sales, que tienen un punto de congelación inferior al del agua pura. Asimismo, cualquier líquido que se utiliza en el sistema de refrigeración para transferir calor.

### **Salmuera eutéctica**

Solución compuesta por una o más sustancias disueltas en agua en proporciones tales que se obtiene el punto de congelación más bajo posible. La salmuera eutéctica contiene 23,3% de cloruro de sodio seco y se congela a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La salmuera eutéctica de cloruro de calcio contiene 29,6% de cloruro de calcio anhídrido y se congela a  $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Sistema de refrigeración por absorción**

Sistema en el que la compresión del refrigerante se procura por medios térmicos. Esto se logra habitualmente por un fluido absorbente que captura el refrigerante vaporizado, reduciendo su volumen por cambio de fase, utilizando una pequeña bomba para elevar los fluidos combinados a la

presión de condensación, destilando el refrigerante del fluido absorbente mediante el calor y enviando el vapor refrigerante fuera del condensador y haciendo volver el fluido absorbente al absorbedor.

### **Sistema de refrigeración por compresión**

Sistema en el que el gas o el vapor refrigerante se comprimen mediante un dispositivo mecánico.

### **Subenfriamiento**

El enfriamiento de un líquido por debajo de su temperatura de condensación o saturación.

### **Sublimación**

El cambio de estado de un sólido que pasa directamente al estado gaseoso sin pasar por la fase líquida.

### **Temperatura absoluta**

Es la temperatura que sobrepasa el cero termodinámico, que es la temperatura en la que no hay ninguna energía térmica. Numéricamente, es la temperatura en grados Celsius superior a  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura absoluta se expresa habitualmente en grados Kelvin  $0^{\circ}\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Temperatura crítica**

La temperatura observada en el punto crítico de una sustancia.

**Temperatura de saturación**

La temperatura a la que la fase líquida está a la temperatura y presión especificadas.

**Unidad térmica –SI**

La energía térmica necesaria para elevar en 1 grado Celsius la temperatura de 1 kilogramo de agua en estado líquido, unidad que es suficientemente precisa para cálculos normales de ingeniería.

**Válvula de expansión**

Válvula que controla el flujo del refrigerante de alta presión hacia el evaporador.

**Vapor**

Este término se aplica a un gas que está cercano a la temperatura y a la presión de saturación. En general, se utiliza para gases a temperaturas inferiores a la crítica.

**Vapor saturado**

Vapor que está en equilibrio con su fase líquida a la temperatura y presión específicas.

**Vapor sobrecalentado**

Vapor cuya temperatura es más elevada que la temperatura de saturación para la presión especificada.

-----

## **Bibliografía**

-Apuntes Federico Mastronardi, Estudiante 5to año Ingeniería Mecánica, UTN FRA.

-Apuntes Ingeniero Mecánico Fernando Cacciavilliani, UTN FRA.

-Marco Calderón (s.f.). "Manual Buenas Prácticas en Refrigeración".  
SEAM/PNUD/PNUMA





2021 AÑO DE LA SALUD Y DEL PERSONAL SANITARIO



BICENTENARIO  
PROVINCIA DE  
BUENOS AIRES