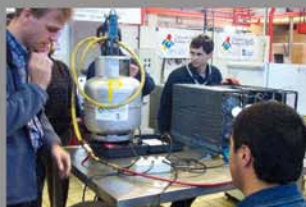


Manual Nacional de Buenas Prácticas en Refrigeración



URUGUAY



Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

MVOTMA



Multilateral Fund
for the Implementation of the Montreal Protocol



Uruguay

Prólogo

En el presente Manual, se podrá encontrar una serie de conceptos y herramientas para la utilización de las Buenas Prácticas en Refrigeración en las tareas diarias de servicio.

El mismo fue elaborado con aportes de técnicos nacionales en la materia, de modo de adaptarlo a las necesidades propias de nuestro país.

A través de los diferentes capítulos se recorren temas que van desde consideraciones ambientales hasta aspectos relativos a la teoría y práctica de la reconversión de equipos ya existentes, para ser utilizados con los gases alternativos.

MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE REFRIGERACION PARA LA RECONVERSION DE SISTEMAS DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO

INDICE

CAPITULO 1 ANTECEDENTES

➤ Capa De Ozono	2
➤ Daños al medio ambiente	4
• Destrucción a la capa de ozono	4
• Calentamiento global de la tierra y efecto invernadero	7
• Consecuencias del Calentamiento Global	9
• Potencial de agotamiento del ozono y calentamiento global de la tierra (ODP y GWP)	11
➤ El Protocolo de Montreal	13
• El Convenio de Viena	13
➤ El Protocolo de Kyoto	14

CAPITULO 2 CONCEPTOS BASICOS DE LA REFRIGERACION

➤ Conceptos básicos	17
➤ Ciclo básico de la refrigeración	22
➤ Compresor	26
➤ Evaporador	29
➤ Condensador	31
➤ Elemento de expansión	33
➤ Accesorios	41
➤ Sistemas de refrigeración familiar, comercial e industrial	46
➤ Sobrecalentamiento procedimiento de medición	47

CAPITULO 3 REFRIGERANTES

➤ Refrigerantes	52
➤ Evolución de los fluidos refrigerantes	55
➤ Rango de temperatura de aplicación de los refrigerantes	56
➤ Refrigerantes alternativos y definitivos	57
➤ Ventajas y desventajas al utilizar refrigerantes puros y mezclas	60
➤ El amoníaco como una alternativa para sustituir a los CFCs	61
➤ Disponibilidad de refrigerantes sustitutos en el Uruguay	62
➤ Refractómetro manejo y grafica para análisis de aceites lubricantes	63
➤ Seguridad en el manejo de refrigerantes (ASHRAE standard 34)	68
➤ Asignación de la codificación de los refrigerantes bajo el estándar 34 de ASHRAE	70
➤ Como seleccionar el refrigerante adecuado para la reconversión	71
➤ Diagramas de Mollier y la utilización en los cálculos	72
➤ Cilindros de refrigerantes, codificación de colores y presentaciones comerciales	74
➤ Sistemas de detección de fugas de refrigerantes	76
➤ Identificación de refrigerantes en sistemas de refrigeración y aire acondicionado	79
➤ Carga y recarga de refrigerantes	80
➤ Recuperación, reciclaje, regeneración, de los CFCs removido	84
➤ Disposición final del refrigerante CFCs removidos	88

CAPITULO 4 HIDROCARBUROS

➤ Introducción	92
➤ Propiedades físicas	92
➤ Hidrocarburos utilizados como refrigerantes en los sistemas de refrigeración	93
➤ Presentaciones de los cilindros de hidrocarburos utilizados como refrigerantes	94
➤ Hidrocarburos como alternativa para eliminar CFCs y HCFCs	95
➤ Seguridad	96
➤ Detección de fugas	103
➤ Disponibilidad de refrigerantes hidrocarburos	103
➤ Costo de los hidrocarburos utilizados como refrigerantes	103
➤ Procedimiento de reconversión de un sistema de refrigeración utilizando hidrocarburos	103
➤ Procedimiento de carga de hidrocarburos a un sistema de refrigeración	104
➤ Compatibilidad de los hidrocarburos con los aceites lubricantes	107
➤ Herramientas y equipos recomendados para el uso de hidrocarburos utilizados como refrigerantes	107
➤ Ventajas y desventajas de utilizar hidrocarburos	108
➤ ODP y GWP de los hidrocarburos	109
➤ Vacío recomendado en los sistemas de refrigeración que utilizan hidrocarburos	109
➤ Equipos recomendados a reconvertir	109

CAPITULO 5 BUENAS PRÁCTICAS DE RECONVERSION DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO

➤ Diagnóstico de la operación de los sistemas antes de la reconversión	111
➤ Recomendaciones de servicio antes de la reconversión de refrigerantes de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.	111
➤ Técnicas para realizar un cambio de refrigerante.	111
➤ Procedimiento para realizar un cambio de refrigerante a un sistema de refrigeración y aire acondicionado	111
➤ Implementación del reporte técnico(hoja de ruta)	112
➤ Aceites lubricantes y compatibilidad con los refrigerantes	112
➤ Precauciones para minimizar la humedad y otros contaminantes en el sistema de refrigeración.	114
➤ Herramientas y equipos requeridos para llevar a cabo las reconversiones de refrigerantes, uso y manejo	114
➤ Equipos de seguridad para realizar las reconversiones de refrigerantes	120
➤ Métodos de recuperación de refrigerante, manejo de la recuperadora	121
➤ Cilindros de recuperación de refrigerante	125
➤ Bomba de vacío	126
➤ Uso del vacuometro	128
➤ Vacío a los sistemas de refrigeración	130
➤ Agentes de limpieza para quemaduras en compresores	132
➤ Limpieza a sistemas mediante barrido con nitrógeno.	132
➤ Nitrógeno, manejo y reguladores de presión.	132
➤ Recomendaciones para pruebas de acidez de los sistemas	133
➤ Costos de reconversiones de refrigerantes	135
➤ Seguimiento de la operación de los equipos después de la conversión del refrigerante	135
➤ Problemas de operación y mantenimiento en compresores	135
➤ Proceso de soldadura	144

CAPITULO 6 BUENAS PRÁCTICAS DE RECONVERSION DE REFRIGERANTE EN SISTEMAS MAC.

➤ Automóviles	151
➤ Ciclo de refrigeración automotriz	151
➤ Transporte refrigerado	164

➤ Contenedores refrigerados	167
➤ Placas Eutécticas.	168
➤ Refrigerantes alternativos para MAC	168
➤ Equipos y herramientas para buenas prácticas de servicio	169
➤ Diferencias en los circuitos de refrigeración de R-12 con R-134a para MAC.	169
➤ Tipos de Retrofit en MAC	169
➤ Procedimiento de Retrofit en sistemas MAC de R-12 a R-134a.	170

ANEXOS

- Tablas de equivalencias de unidades.
- Tablas de Conversión de temperaturas.
- Tablas P-T de los refrigerantes utilizados.
- Diagramas de Mollier.
- Calculo del tubo capilar para sistemas.
- Selección de válvulas de expansión termostática.
- Tabla problema - causa probable – solución.
- Rango de Trabajo de los Refrigerantes.
- Hojas de ruta.
- Glosario de términos.
- Referencias Bibliográficas.
- Sitios de Internet.

C A P I T U L O 1

#

CAPA DE OZONO

El descubrimiento del refrigerante R-12 en 1930 marcó un cambio muy importante en la refrigeración y el aire acondicionado ya que los refrigerantes utilizados en estas aplicaciones eran inseguros y no tan eficientes termodinámicamente, pero nadie imaginaba que también paralelamente se empezaba a generar un problema ambiental que iniciaría con un daño principalmente a la capa de ozono de la tierra, debido al adelgazamiento generado por los refrigerantes denominados CFCs cuando se fugan a la atmósfera.

¿Qué es la capa de ozono?, se denomina capa de ozono, a la zona de la estratosfera terrestre que contiene una concentración relativamente alta de ozono. Esta capa, que se extiende aproximadamente de los 15 km a los 40 km de altitud, reúne el 90% del ozono presente en la atmósfera y absorbe del 97% al 99% de la radiación ultravioleta de alta frecuencia.

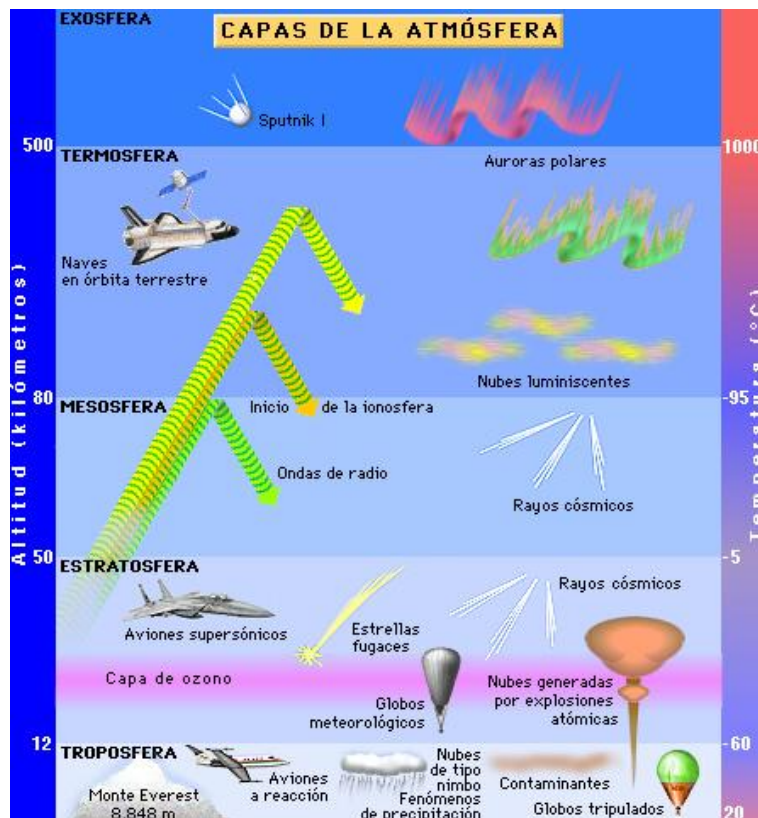


Figura 1 Ubicación de la Capa de Ozono

La capa de ozono fue descubierta en 1913 por los físicos franceses Charles Fabry y Henri Buisson.

Sus propiedades fueron examinadas en detalle por el meteorólogo británico G.M.B. Dobson, quien desarrolló un sencillo espectrofotómetro que podía ser usado para medir el ozono estratosférico desde la superficie terrestre. Entre 1928 y 1958, Dobson estableció una red mundial de estaciones

de monitoreo de ozono, las cuales continúan operando en la actualidad. La Unidad Dobson es una unidad de medición de la cantidad de ozono, fue nombrada en su honor.

Ozono

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, que sólo es estable en determinadas condiciones de presión y temperatura. Es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno (O_3).

Los mecanismos fotoquímicos que se producen en la capa de ozono fueron investigados por el físico británico Sidney Chapman en 1930. La formación del ozono de la estratosfera terrestre es catalizada por los fotones de luz ultravioleta que al interaccionar con las moléculas de oxígeno gaseoso, que está constituida por dos átomos de oxígeno (O_2), las separa en los átomos de oxígeno (oxígeno atómico) constituyente. El oxígeno atómico se combina con aquellas moléculas de O_2 que aún permanecen sin disociar formando moléculas de ozono, O_3 .

La concentración de ozono es mayor entre los 15 y 40 km, con un valor de 2 a 8 partículas por millón, en la zona conocida como capa de ozono. Si todo ese ozono fuese comprimido a la presión del aire al nivel del mar, esta capa tendría solo 3 mm de espesor.

El ozono actúa como filtro o escudo protector, de las radiaciones nocivas y de alta energía, que llegan a la Tierra permitiendo que pasen otras como las ultravioleta de onda larga, que llegan a la superficie. Esta radiación ultravioleta es la que permite la vida en el planeta, ya que es la que permite que se realice la fotosíntesis del reino vegetal.

Unidades Dobson

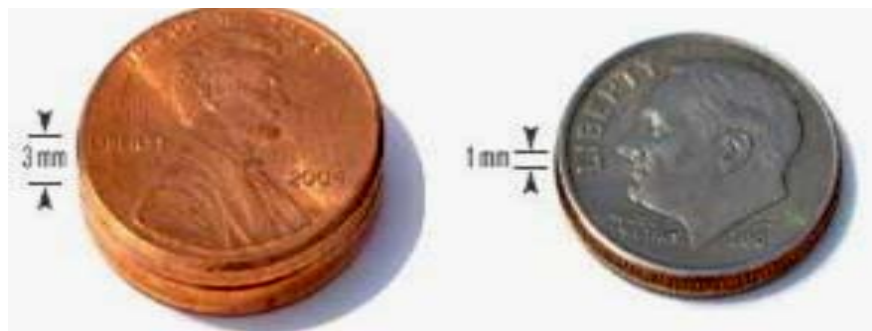


Figura 2 Medición de la Capa de Ozono

- Espesor teórico que sirve de referencia.
- Cantidad de moléculas de ozono en la estratosfera.
- 1UD = 0.01mm, 300 UD = 3mm de espesor.
- Promedio Mundial de Ozono: 300 DU = 3mm
- Promedio del agujero de ozono: 100 DU=1mm
- Promedio en el Agujero de Ozono: 100 DU = 1mm

DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE

La contaminación ambiental se ha transformado en las últimas décadas, en uno de los problemas más importantes para el hombre. Se han desarrollado informes a través de organismos internacionales, medidas políticas, hasta se han llevado a cabo películas para tratar de prevenir y solucionar este problema.

Destrucción a la capa de ozono por CFCs

La destrucción de la molécula de ozono costa de un rayo ultravioleta que libera un átomo de cloro de una molécula de clorofluorocarbono (CFCs). El cloro se combina con una molécula de ozono compuesta por tres átomos de oxígeno. De estos, toma uno y se convierte en monóxido de cloro.

En promedio, un átomo de cloro es capaz de destruir hasta 100 mil moléculas de ozono.

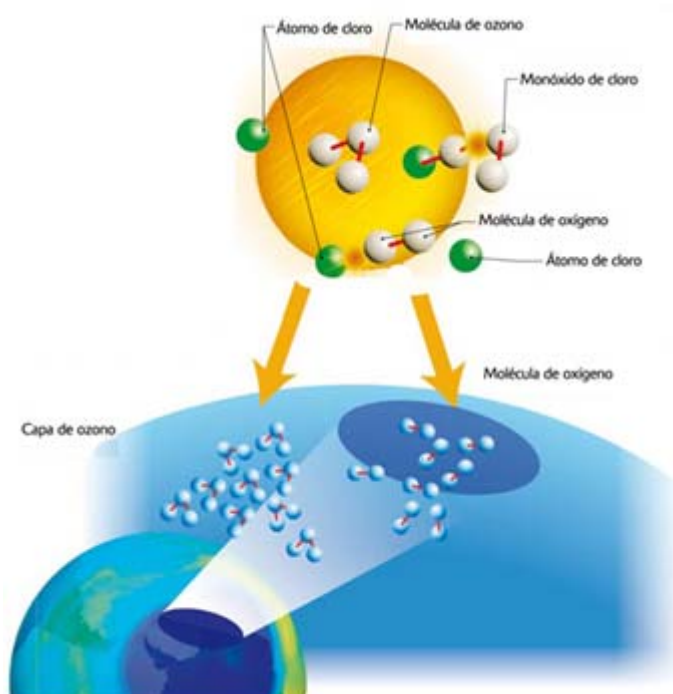


Figura 3 Destrucción de la Capa de Ozono

Causas Naturales y Artificiales

Existen estudios que sostienen que la influencia de las 7,500 toneladas de cloro provenientes de CFCs que ascienden anualmente a la estratosfera es mínima frente a las 600,000,000 toneladas de cloro y flúor (otro gas agresivo) en forma de sales que escapan de los océanos y aerosoles.

A estas cantidades de compuestos químicos de origen natural habría que sumarles los aportes de metilcloro por incendios de bosques y por lo menos, otras 36,000,000 de toneladas anuales en

forma de HCl proveniente de erupciones volcánicas. Se han observado correlaciones entre erupciones volcánicas fuertes y disminuciones temporarias en el ozono estratosférico y se considera probable que los volcanes de la Antártida tengan un efecto muy directo: uno solo de ellos, el Erebus, expulsa cada año unas 15,000 toneladas de cloro y, algo menos de flúor, a muy poca distancia de la estratosfera antártica. Sin embargo, se sabe que la mayor parte de este cloro regresa a la Tierra arrastrado por las lluvias antes de salir de la troposfera. Tampoco hay acuerdo sobre estas cifras relativas, que dependen de las mediciones y del método de cálculo.

Otro factor natural que influye en la velocidad de reconstitución de la capa de ozono es la variación de la actividad solar, ya que cuando hay mayor irradiación ultravioleta se genera más ozono, pero también más óxidos de nitrógeno que deprimen el ozono. Los orígenes de la incertidumbre acerca de los factores que afectan la capa de ozono son muy diversos.

- Agujeros en la capa de ozono

Se denomina agujero de la capa de ozono a la zona de la atmósfera terrestre donde se producen reducciones anormales de la capa de ozono, fenómeno anual observado durante la primavera en las regiones polares y que es seguido de una recuperación durante el verano. El contenido de ozono se mide en Unidades Dobson, kilogramos por Metro cúbico.

A mediados de los años 80`s se empezó a acumular pruebas de que a finales del invierno se había formado un “agujero” en la capa de ozono del Polo sur, donde el ozono se había reducido en casi 50%. Durante el invierno, en la estratosfera se forma una corriente de aire que rodea a la Antártida y que se conoce como “torbellino polar” o vortex. El aire que queda atrapado en este torbellino se vuelve extremadamente frío durante la noche polar, lo cual favorece la formación de partículas de hielo denominadas nubes polares estratosféricas. Estas nubes actúan como un catalizador heterogéneo al proporcionar una superficie para las reacciones en las que el HCl de la Tierra y el nitrato de cloro se convierten en moléculas de cloro reactivas.

Al comienzo de la primavera, la luz solar separa al cloro molecular en sus correspondientes átomos de cloro, que son los responsables de la destrucción del ozono.

La situación es menos grave en el Ártico porque en esta región más caliente el torbellino no dura tanto tiempo. El vortex sella la Antártida y evita las influencias en esta región del resto de la atmósfera. El aislamiento producido por el vortex impide que el aire más cálido y rico en ozono existente alrededor de la Antártida, proveniente de los trópicos, fluya hacia el polo, lo que ayudaría a reemplazar el ozono destruido y elevar las temperaturas en este continente. En cambio el aire rico en ozono, que es llevado hacia el polo por las ondas planetarias, se junta al borde del vortex, formando un "anillo" de aire con altas concentraciones de ozono que puede ser visto en las imágenes satelitales.

Sin embargo, un amplio sector científico achacó este fenómeno al aumento de la concentración de cloro y de bromo en la estratosfera debido tanto a las emisiones antropogénicas de compuestos Clorofluorocarbonados (CFCs) como del desinfectante de almacigos, bromuro de metilo.

Fue entonces que en 1995 por sus trabajos en química atmosférica, en particular sobre la formación y descomposición del ozono. Fueron galardonados con el Premio Nobel de Química. El Químico México - Americano Mario José Molina, el Químico holandés Paul J. Crutzen, y el Químico Estadounidense F. Sherwood Rowland.

Investigaciones posteriores acerca de las variaciones en la densidad del ozono y sus causas generaron temores sobre el futuro de la capa de ozono: entre otras cosas, se descubrieron "agujeros" en la capa sobre los dos polos del planeta y un adelgazamiento de la capa alrededor de todo el globo.

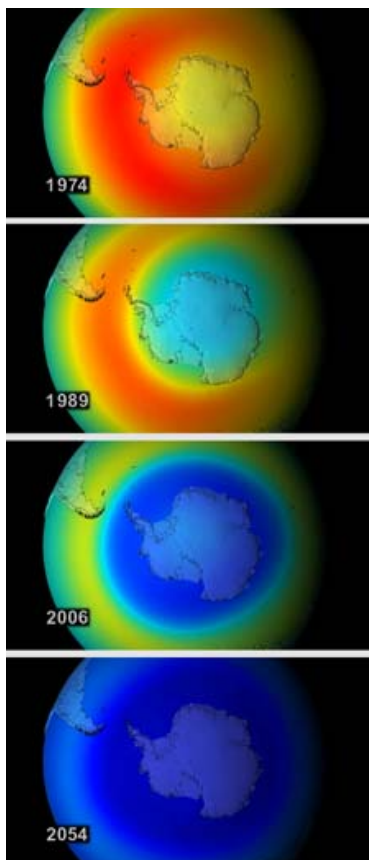


Figura 4 Evolución del Deterioro de la Capa de Ozono

La NASA señaló que si no se hubiera firmado el tratado de Montreal, dos terceras partes de la capa habría sido destruidas y el "agujero" de ozono se habría incrementado, aumentado la temperatura mundial en más de un grado centígrado. La radiación ultravioleta, que daña el ADN,

#

hubiera aumentado seis veces. Apenas cinco minutos de exposición al sol habría causado quemaduras a la piel. Los niveles de rayos ultravioletas durante el verano hubieran aumentado hasta 30%. Finalmente, las tormentas de verano del Hemisferio Norte hubieran sido mucho más poderosas.

CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA Y EFECTO INVERNADERO

Calentamiento Global

Calentamiento global es un término utilizado habitualmente en dos sentidos:

1. Es el fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas.
2. Es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas.

Algunas veces se utilizan las denominaciones cambio climático, que designa a cualquier cambio en el clima, o cambio climático antropogénico, donde se considera implícitamente la influencia de la actividad humana. Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero acrecentado por la contaminación puede ser, según algunas teorías, la causa del calentamiento global observado.

La temperatura del planeta ha venido elevándose desde mediados del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo.

Cualquier tipo de cambio climático además implica cambios en otras variables. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que intentan simular la física de la atmósfera y del océano y que tienen una precisión limitada debido al desconocimiento del funcionamiento de la atmósfera. La teoría antropogénica predice que el calentamiento global continuará si lo hacen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La ONU encargado del análisis de los datos científicos es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés de *Inter-Governmental Panel on Climate Change*).

El Protocolo de Kyoto, acuerdo promovido por el IPCC, promueve una reducción de emisiones contaminantes (principalmente CO₂). El protocolo ha sido tachado en ciertas ocasiones de injusto, ya que el incremento de las emisiones tradicionalmente está asociado al desarrollo económico, con lo que las naciones a las que más afectaría el cumplimiento de este protocolo podrían ser aquellas zonas menos desarrolladas.

En Enero de 2009 la comisión medioambiental del Senado de los Estados Unidos elaboró una lista con 650 científicos que disientían del origen antrópico de los cambios de temperatura de la Tierra.

Teoría de los Gases tipo Invernadero

La hipótesis de que los incrementos o descensos en concentraciones de gases de efecto invernadero pueden dar lugar a una temperatura global mayor o menor fue postulada extensamente por primera vez a finales del siglo XIX por Svante Arrhenius, como un intento de explicar las eras glaciales. Sus detractores rechazaron radicalmente su teoría.

La teoría de que las emisiones de gases de efecto invernadero están contribuyendo al calentamiento de la atmósfera terrestre ha ganado muchos adeptos y algunos oponentes en la comunidad científica durante el último cuarto de siglo. El IPCC, que se fundó para evaluar los riesgos de los cambios climáticos inducidos por los seres humanos, atribuye la mayor parte del calentamiento reciente a las actividades humanas. La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (*National Academy of Sciences, NAC*) también respaldó esa teoría.

El físico atmosférico Richard Lindzen y otros escépticos se oponen a aspectos parciales de la teoría.

Hay muchos aspectos sutiles en esta cuestión. Los científicos atmosféricos saben que el hecho de añadir dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, sin efectuar otros cambios, tenderá a hacer más cálida la superficie del planeta. Pero hay una cantidad importante de vapor de agua (humedad, nubes) en la atmósfera terrestre, y el vapor de agua es un gas de efecto invernadero. Si la adición de CO_2 a la atmósfera aumenta levemente la temperatura, se espera que más vapor de agua se evapore desde la superficie de los océanos. El vapor de agua así liberado a la atmósfera aumenta a su vez el efecto invernadero (el vapor de agua es un gas de invernadero más eficiente que el CO_2). A este proceso se le conoce como la retroalimentación del vapor de agua (*water vapor feedback* en inglés). Esta retroalimentación es la causante de la mayor parte del calentamiento que los modelos de la atmósfera predicen que ocurrirá durante las próximas décadas. La cantidad de vapor de agua así como su distribución vertical son claves en el cálculo de esta retroalimentación.

Los procesos que controlan la cantidad de vapor en la atmósfera son complejos de modelar y aquí radica gran parte de la incertidumbre sobre el calentamiento global.

Efecto Invernadero

Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera.

De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido a la actividad económica humana. Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente

por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

1.- La energía solar atraviesa la atmósfera. Parte de ella es absorbida por la superficie y otra parte es reflejada.

2.- Una parte de la radiación reflejada es retenida por los gases de efecto invernadero.

3.- Otra parte vuelve al espacio

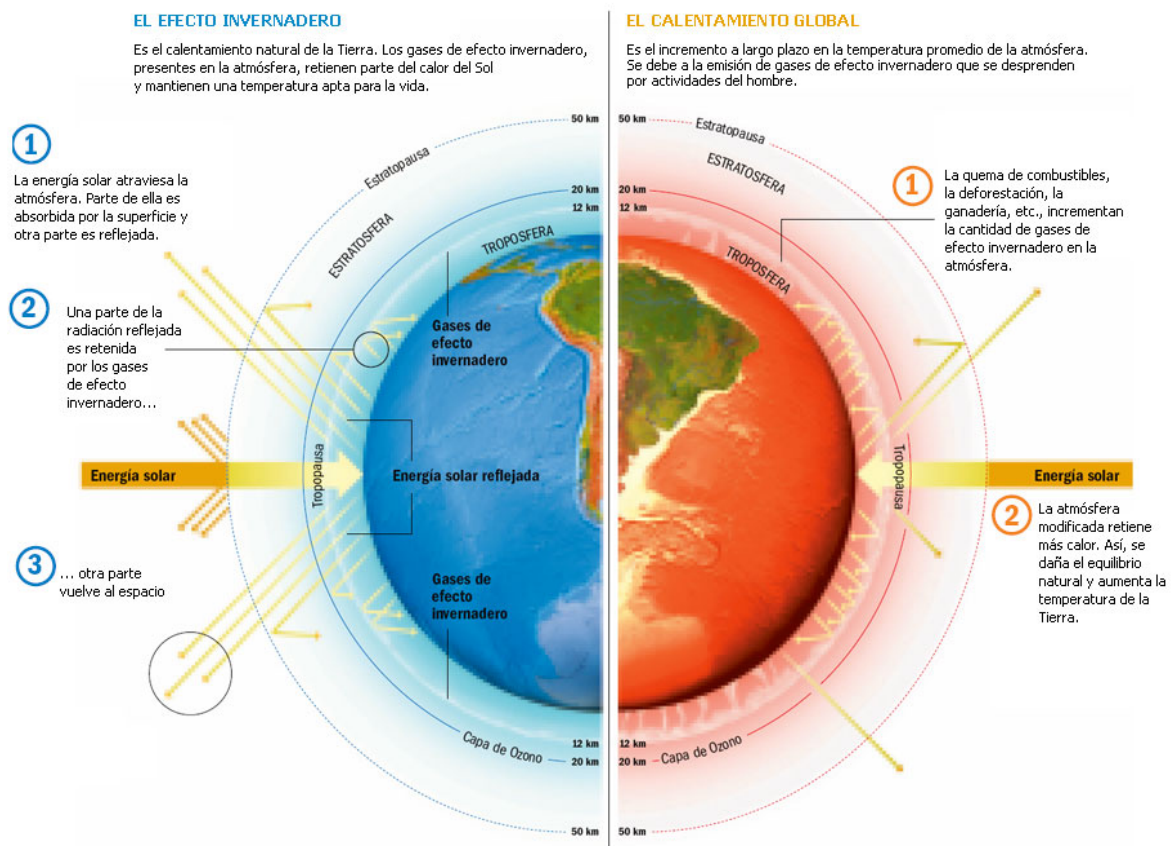


Figura 5 Efecto Invernadero y el Calentamiento Global

CONSECUENCIAS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Clima - El calentamiento global ha ocasionado un aumento en la temperatura promedio de la superficie de la Tierra. A causa de la fusión de porciones del hielo polar, el nivel del mar sufrió un alza de 4-8 pulgadas durante el pasado siglo, y se estima que habrá de continuar aumentando. La magnitud y frecuencia de las lluvias también ha aumentado debido a un incremento en la evaporación de los cuerpos de agua superficiales ocasionado por el aumento en la temperatura.

Los científicos estiman que la temperatura promedio de la superficie terrestre puede llegar a aumentar hasta 4.5°F en el transcurso de los próximos 50 años (2001-2050), y hasta 10°F durante este siglo. Este incremento en la evaporación de agua resultará en un aumento en la intensidad y frecuencia de los huracanes y tormentas. También será la causa de que la humedad del suelo se reduzca debido al alto índice de evaporación, y que el nivel del mar aumente un promedio de casi 2 pies en las costas del continente Americano y el Caribe.

Salud - Un aumento en la temperatura de la superficie de la Tierra traerá como consecuencia un aumento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, las enfermedades infecciosas causadas por mosquitos y plagas tropicales, agotamiento y deshidratación debida al calor. Los sistemas cardiovascular y respiratorio se afectan debido a que, bajo condiciones de calor, la persona debe ejercer un esfuerzo mayor para realizar cualquier actividad, poniendo mayor presión sobre dichos sistemas. Por otra parte, como las zonas tropicales se extenderán hacia latitudes más altas, los mosquitos y otras plagas responsables del dengue, la malaria, el cólera y la fiebre amarilla, en los trópicos afectarán a una porción mayor de la población del mundo, aumentando el número de muertes a causa de estas enfermedades.

Calidad de aguas superficiales - A pesar de que incrementará la magnitud y frecuencia de eventos de lluvia, el nivel de agua en los lagos y ríos disminuirá debido a la evaporación adicional causada por el aumento en la temperatura. Algunos ríos de flujo permanente podrían secarse durante algunas épocas del año, y ríos cuyas aguas se utilizan para la generación de energía eléctrica sufrirían una reducción en productividad. El aumento en temperatura aumentará la demanda por agua potable, pero reducirá los niveles de producción de los embalses ya que los niveles de agua bajarán. Al disminuir el nivel de agua en lagos, ríos y quebradas, el efecto potencial de los contaminantes será mayor, ya que aumentará su concentración relativa al agua presente en los mismos. Al aumentar la magnitud y frecuencia de las lluvias, aumentará también la incidencia e intensidad de inundaciones, así como la sedimentación de cuerpos de agua producto y la baja humedad del terreno. Los humedales de tierra adentro, ecosistemas acuáticos poco profundos, también se reducirán de tamaño debido a la evaporación.

La agricultura - Debido a la evaporación de agua de la superficie del terreno y al aumento en la magnitud y frecuencia de lluvias e inundaciones, los suelos se tornarán más secos y perderán nutrientes con mayor facilidad al ser removidos por la corriente de agua que sobre pasa el nivel de su depósito. Esto cambiará las características del suelo, haciendo necesario que los agricultores se ajusten a las nuevas condiciones. La necesidad de recurrir a la irrigación será esencial durante las épocas de sequía, que debido a la evaporación serán más comunes que **en el** presente. Las temperaturas más elevadas también propiciarán la reproducción de algunos insectos como la

mosca blanca y las langostas, que causan enfermedades de plantas y afectan la producción de cultivos.

POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO Y CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA (OPD Y GWP)

Tabla 1 Potencial de Agotamiento de Refrigerantes

R	ODP (R11=1)	GWP ⁽¹⁾ (CO ₂ =1)	GWP ⁽²⁾ (CO ₂ =1)
R-717	0	0	<1
R-718	0	0	<1
R-744	0	1	1
R-170	0	20	20
R-290	0	20	20
R-600	0	20	20
R-600a	0	20	20
R-1270	0		
R-11	1	3800	4600
R-12	1	8100	10600
R-13	1	11700	14000
R-13B1	12	5400	6900
R-113	0.80	4800	6000
R-114	1.00	9200	9800
R-115	0.60	9300	10300
R-22	0.055	1500	1900
R-123	0.02	90	120
R-124	0.022	470	620
R-141b	0.11	600	700
R-142b	0.065	1800	2300
R-14	0	6500	5700
R-23	0	11700	14800
R-32	0	650	880
R-125	0	2800	3800
R-134a	0	1300	1600
R-143 a	0	3800	5400
R-152a	0	140	190
R-236fa	0	6300	9400
R-500	0.605	6014	7870
R-502	0.224	5494	6200
R-503	0.599	11700	14300
R-507	0	3300	4600
R-508A	0	10175	12700
R-508B	0	10350	13000
R-509A	0.018	4580	5650

Continuación de la Tabla 1

R	ODP (R11=1)	GWP ⁽¹⁾ (CO ₂ =1)	GWP ⁽²⁾ (CO ₂ =1)
R-401A	0.031	973	1240
R-401B	0.033	1062	1350
R-401C	0.029	760	980
R-402A	0.015	2250	3000
R-402B	0.024	1964	2580
R-403A	0.03	2526	3150
R-403B	0.022	3571	4420
R-404A	0	3260	4540
R-405A	0.021	4481	5750
R-406A	0.043	1564	1990
R-407A	0	1770	2340
R-407B	0	2285	3070
R-407C	0	1526	1980
R-407D	0	1428	1820
R-407E	0	1363	1750
R-408A	0.019	2649	3640
R-409A	0.039	1288	1640
R-409B	0.039	1273	1620
R-410A	0	1725	2340
R-410B	0	1833	2490
R-411A	0.035	1328	1680
R-411B	0.038	1414	1790
R-412A	0.041	1850	2340
R-413A	0	1775	2180

Fuente: IIR PARIS TABLAS DE REFRIGERANTES

ODP: referencia (2) excepto para R11, R12, R13 R13B1, R113, R114, R115, R22, R123, R124, R141b, R142b
referencia (4)

(1): **GWP** de componentes puros a partir de la referencia (4) excepto para R717, R718, R744, R170, R290, R600, R600a y R1270, referencia (2)

(2): **GWP** de componentes puros a partir de la referencia (2)

Nota: **GWP** de mezclas se calcula usando el peso por unidad de masa del GWP de cada componente puro.

PROTOCOLO DE MONTREAL

El Protocolo de Montreal, elaborado en 1987 bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, entro en vigor el 1° de Enero de 1989. El Protocolo definió las medidas que debían adoptar sus signatarios para limitar la producción y el uso de sustancias controladas, inicialmente cinco CFCs (Clorofluorocarbonos) y tres Halones. En 1998 el Protocolo tenía más de 160 países. El Protocolo de Montreal y el Convenio de Viena del cual dieron los primeros acuerdos mundiales destinados a proteger la atmósfera.

Nuevos datos científicos, pronto demostraron que el Protocolo original no protegería de modo suficiente la capa de ozono. Con motivo de una revisión hecha en Londres en junio de 1990 se adoptaron medidas de control suplementarias y se previó una asistencia técnica y financiera para los países en desarrollo signatarios. Las enmiendas de Londres establecieron controles sobre otros 10 CFC, el Tetracloruro de carbono y el metilcloroformo, y fijaron plazos para la eliminación de las sustancias controladas. Desde entonces las partes han aprobado varias medidas adicionales para controlar las SAO (Sustancias Agotadoras del Ozono), entre ellas el Bromuro de Metilo que se añadió en la enmienda de Copenhague de 1992. En 1995 las partes en el Protocolo de Montreal decidieron eliminar el bromuro de metilo en 2010 en los países desarrollados y congelar el consumo y la producción en el 2002 en los países en desarrollo.

En la Reunión de las partes que se celebró en 1997 en Montreal (Canadá) se fijaron nuevos requisitos para la reducción y eliminación del uso de bromuro de metilo, dándose más tiempo a los países en desarrollo. El consumo de esta sustancia por los países desarrollados se congeló en 1995 a nivel básico de 1991 (con excepciones para los usos de pre embarque y cuarentena). El consumo se debió reducir en 25% más en 1999, en 50% en 2001 y en 70 % en 2003, con una eliminación total en 2005. Para los países en desarrollo el consumo se debió congelar en 2002 a los niveles medios de 1995 - 1998, reducir en 20% en 2005 y eliminar en 2015. Puede que en el futuro se adopten nuevas medidas de control.

El Convenio de Viena

En el Protocolo de Montreal se detalla la manera en que los signatarios deben reducir y eliminar la producción y utilización de los productos químicos que agotan la capa de ozono. El principio según el cual los países acordarían en el plano internacional tomar medidas para proteger la capa de

#

ozono se estableció en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, firmado por 21 Estados y la Comunidad Económica Europea en Marzo de 1985.

En virtud del convenio, las partes se comprometen a proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos del agotamiento de la capa de ozono y se estipula que los Estados participantes cooperarán en la investigación y el intercambio de información.

Este Convenio y el Protocolo crearon un régimen de cooperación internacional, cuyos fines son establecer controles globales sobre la producción, el consumo y el uso de sustancias que agotan la capa de ozono, mediante controles basados en la evidencia científica y en la discusión de la viabilidad técnica para la eliminación de éstas. Establecen además un Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal, con el fin de apoyar a los países en desarrollo en el cumplimiento de los controles establecidas por el Protocolo.

En este contexto, se han venido estableciendo medidas de control principalmente sobre los CFCs usados en aerosoles, la refrigeración, aire acondicionado y espumas; los halones, utilizados en extinguidores; los hidrobromofluorocarbonos (HBFCs) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), empleados como gases refrigerantes; el metilcloroformo y el Tetracloruro de carbono, usados como solventes; y, desde 1992, el bromuro de metilo, aplicado como fumigante agrícola.

PROTOCOLO DE KYOTO

El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y Hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kyoto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro. El protocolo vino a dar fuerza vinculante a lo que en ese entonces no pudo hacer la CMNUCC.

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kyoto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos

signatarios de dichos países pactaron reducir en un 5% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

El objetivo principal es disminuir el cambio climático de origen antropogénico cuya base es el efecto invernadero. Según las cifras de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí al 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos. Esto se conoce como Calentamiento global. Señala la Comisión Europea sobre Kyoto.

Una cuestión a tener en cuenta con respecto a los compromisos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es que la energía nuclear queda excluida de los mecanismos financieros de intercambio de tecnología y emisiones asociados al Protocolo de Kyoto, pero es una de las formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en cada país. Así, el IPCC en su cuarto informe, recomienda la energía nuclear como una de las tecnologías clave para la mitigación del calentamiento global.

Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55% de las emisiones de CO₂. Con la ratificación de Rusia en noviembre de 2004, después de conseguir que la UE (Unión Europea) pague la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor.

Además del cumplimiento que estos países han hecho en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo pero no lo ratificó (ni Bill Clinton, ni George W. Bush), por lo que su adhesión sólo fue simbólica hasta el año 2001 en el cual el gobierno de Bush se retiró del protocolo, según su declaración, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque considera que la aplicación del Protocolo es ineficiente e injusta al involucrar sólo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular), lo cual considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense.

C A P I T U L O 2

CONCEPTOS BÁSICOS

Temperatura.

La temperatura es una medida del nivel de actividad térmica en un cuerpo. La temperatura depende de la concentración de BTU (caloría) en un cuerpo.

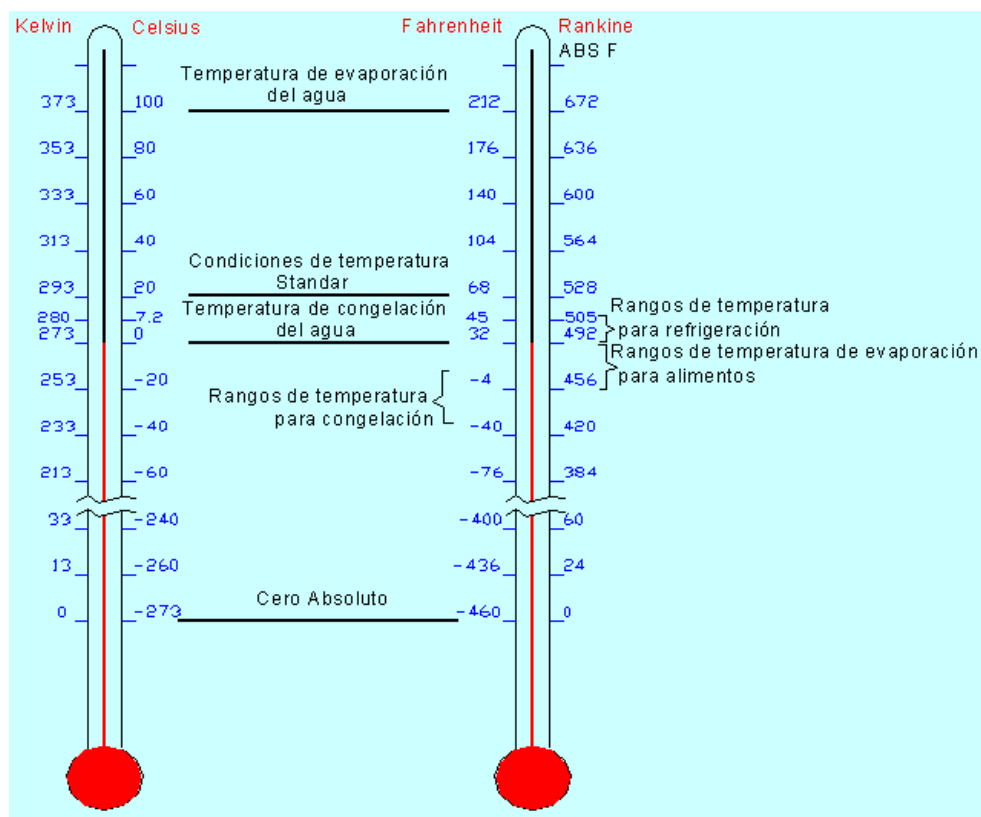


Figura 6 Escala de Temperatura

Escala de Temperatura.

La temperatura de un objeto es medida por medio de la escala Fahrenheit o Centígrada, las cuales se basan en el efecto del calor sobre el agua, en éstas escalas 32 °F (0°C), indican la temperatura, a la cual el agua se congela y 212°F (100°C) indican la temperatura a la cual el agua hierve a nivel del mar.

Tonelada de Refrigeración

Un término común que se usa para definir y medir la producción de frío se llama Tonelada de Refrigeración. Se define como la cantidad de calor suministrada para fundir una tonelada de hielo (2,000 lbs.) en 24 horas, esto es basado en el concepto del calor latente de fusión (144 btu/lb).

Por lo tanto tenemos:

$$2,000 \text{ lbs.} \times 144 \text{ btu/lb} \times \text{día} / 24 \text{ hrs} = 1 \text{ T.R.}$$

Por consiguiente una tonelada de refrigeración = 12,000 btu/h.

$$1 \text{ T.R.} = 3,024 \text{ Kcal/h}; 1 \text{ T.R.} = 3.51 \text{ kW}$$

Presión Atmosférica

La atmósfera alrededor de la tierra, que está compuesta de gases como el oxígeno y nitrógeno, se extiende muchos kilómetros sobre la superficie. El peso de esta atmósfera sobre la tierra crea la presión atmosférica. En un punto dado, la presión atmosférica es relativamente constante excepto por pequeños cambios debidos a las diferentes condiciones atmosféricas. Con el objeto de estandarizar y como referencia básica para su comparación, la presión atmosférica al nivel del mar ha sido universalmente aceptada y establecida a 1.03 kilogramos por centímetro cuadrado (14.7 libras por pulgada cuadrada), lo cual es equivalente a la presión causada por una columna de mercurio de 760 milímetros de alto (29.92 pulgadas). En alturas sobre el nivel del mar, la altitud de la capa atmosférica que existe sobre la tierra es menor y por lo tanto la presión atmosférica disminuye.

Presión Absoluta y Presión Relativa

La presión en cualquier sistema de unidades se puede expresar como presión absoluta o como presión relativa. Esta denominación no afecta a la unidad, sino al cero de la escala. Las presiones absolutas se miden con relación al cero o vacío absoluto y las relativas con relación a la atmosférica.

La mayoría de los manómetros están contruidos para medir presiones relativas. Para determinar la presión absoluta habrá que sumar la presión de un manómetro y la presión atmosférica local mediante un barómetro, de lo cual resulta la siguiente ecuación fundamental:

$$\mathbf{Pa = Pm + Pb}$$

Donde:

Pa = Presión absoluta

Pm = Presión manométrica

Pb = Presión barométrica o atmosférica

Un manómetro está calibrado para leer 0 kg/cm² (0 lb/pulg²) cuando no está conectada a algún recipiente con presión; por lo tanto, la presión absoluta de un sistema cerrado será la presión manométrica más la presión atmosférica. Las presiones inferiores a cero kg/cm² (psig) son realmente lecturas negativas en los manómetros y se llaman milímetros (pulgadas) de vacío.

Primera Ley de la Termodinámica

La primera ley de la termodinámica (la rama de la ciencia que trata con la acción mecánica del calor) establece que la energía no puede ser creada ni destruida, solamente puede convertirse de una forma a otra. La energía en si misma se define como la habilidad de producir trabajo, y el calor es una forma de energía.

Segunda Ley de la Termodinámica

La segunda ley de la termodinámica, establece que se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura; y esto tiene lugar a través de tres modos básicos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación).

Calor

El calor es el mecanismo de transferencia de energía a través de los límites de un sistema cuando existe una diferencial de temperatura, siempre de la fuente de mayor energía al lado de baja.

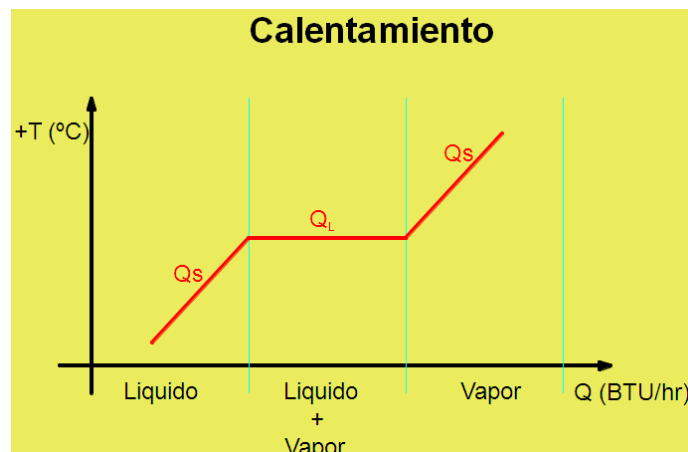


Figura 7 Grafica de Calentamiento

Calor Específico

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor en BTU requerida para cambiar la temperatura de una libra de una sustancia en un grado Fahrenheit. Considerando que un BTU es la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit, o para bajar la temperatura de la misma masa de agua.

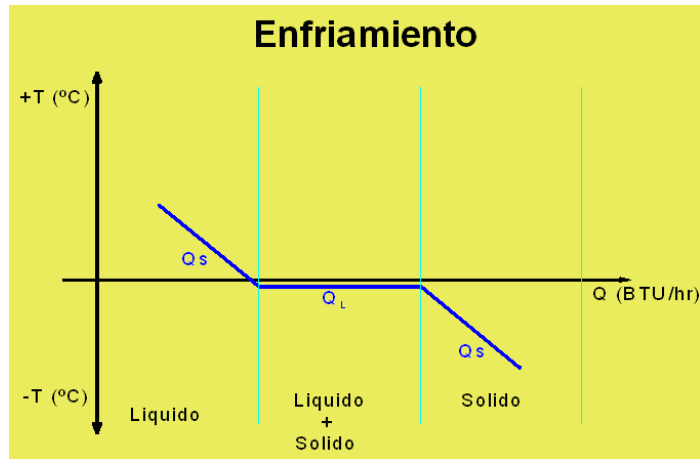


Figura 8 Grafica de Enfriamiento

Calor Latente

El calor latente es el que se necesita para cambiar de fase una sustancia sin variar su temperatura. La palabra latente significa "oculto", o sea que este calor requerido para cambiar el estado de una sustancia, no es percibido por los sentidos.

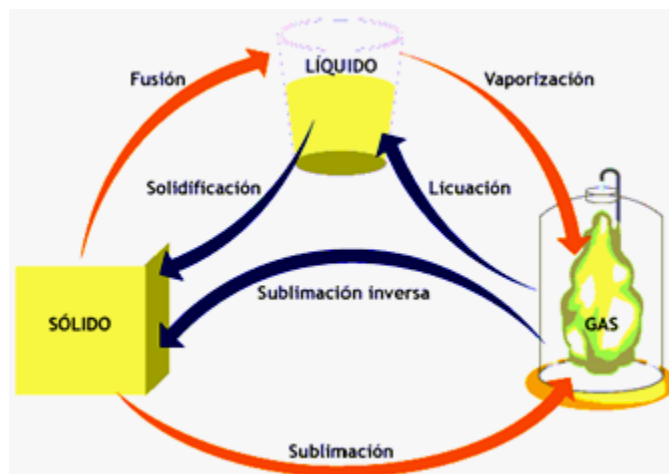


Figura 9 Triangulo de las Fases de la Materia

Calor Sensible

El calor que puede sentirse o medirse se llama calor sensible. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado.

Calor Latente de Fusión.

Bajo un cambio de estado, la mayoría de las sustancias tendrán un punto de fusión en el cual ellas cambiarán de un sólido a un líquido sin ningún incremento en la temperatura. En este punto, si la

sustancia está en un estado líquido y el calor se retira de ella, la sustancia se solidificará sin un cambio en su temperatura. El calor envuelto en uno u otro de estos (cambio de un sólido a un líquido, de un líquido a un sólido), sin un cambio en la temperatura se conoce como el calor latente de fusión.

Calor Latente de Evaporación

Para cambiar una sustancia de líquido a vapor y de vapor a líquido se requiere calor latente de evaporación. Puesto que la ebullición es sólo un proceso acelerado de evaporación, este calor también puede llamarse calor latente de ebullición, calor latente de evaporación, o para el proceso contrario, calor latente de condensación.

Cuando un kilo (una libra) de agua hierve o se evapora, absorbe 539 kilocalorías (970 BTU) a una temperatura constante de 100°C (212 °F) a nivel del mar; igualmente, para condensar un kilo (una libra) de vapor deben substraerse 539 kilocalorías (970 BTU).

Debido a la gran cantidad de calor latente que interviene en la evaporación y en la condensación, la cantidad de calor puede ser muy eficiente mediante este proceso. Los mismos cambios de estado que afectan el agua se aplican también a cualquier líquido aunque a diferentes presiones y temperaturas.

La absorción de calor para cambiar un líquido a vapor y la substracción de este calor para condensar nuevamente el vapor, es la clave para todo el proceso de la refrigeración mecánica y la transmisión del calor latente requerido es el instrumento básico de la refrigeración.

Calor Latente de Sublimación

El proceso de sublimación es el cambio directo de un sólido a un vapor sin pasar por el estado líquido, que puede ocurrir en algunas sustancias. El ejemplo más común es el uso de "hielo seco" osea bióxido de carbono. El mismo proceso puede ocurrir con hielo abajo de su punto de congelación, y se utiliza también en algunos procesos de congelamiento a temperaturas extremadamente bajas y altos vacíos. El calor latente de sublimación es igual a la suma del calor latente de fusión y el calor latente de evaporación.

Conducción

La conducción se describe como la transferencia de calor entre las moléculas cercanas de una sustancia, ó entre sustancias que están en contacto una con otra, generalmente se tiene una diferencia de temperaturas.

Convección

Otro medio de transferencia de calor es por el movimiento del material calentado en sí mismo cuando se trata de un líquido o gas. Cuando el material se calienta, las corrientes de convección son producidas dentro del mismo y las porciones más calientes de él suben, ya que el calor trae consigo el decrecimiento de la densidad del fluido y un incremento en su volumen específico.

Radiación

Un tercer medio de transferencia de calor es la radiación que es un fenómeno electromagnético, por medio de ondas similares a las de la luz o a las ondas de sonido. Los rayos del sol calientan la tierra por medio de ondas de calor radiante.

Refrigeración

Es la técnica para la remoción de calor de un cuerpo o sustancia para llevarlo a una temperatura menor generalmente a bajo de la del medio ambiente.

Refrigeración Mecánica

Es la utilización de componentes mecánicos arreglados en un "sistema de refrigeración", con el propósito de extraer calor.

Refrigerantes

Son compuestos químicos que nos permiten remover calor clasificándose en directos, indirectos, o primarios y secundarios.

CICLO BASICO DE REFRIGERACION

En la producción de frío utilizando un cambio de estado, se encuentra la compresión mecánica, mediante la evaporación indirecta y en circuito cerrado.

El ciclo de compresión mecánica simple consta esencialmente de un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador.

Para poderse desarrollar este ciclo se requiere de la interconexión de tuberías, válvulas, contenedores de refrigerante, dispositivos de control y demás elementos auxiliares. Por el interior del circuito circula el refrigerante, el que al evaporarse, en el evaporador, absorbe calor del medio que lo rodea, enfriándolo por consecuencia.

El compresor succiona los vapores formados en el evaporador, los que absorbieron el calor latente de vaporización, siendo comprimidos por esta máquina y descargados al condensador en donde ceden el calor latente de condensación y el calor sensible de recalentamiento, al medio de condensación que puede ser aire, agua o mezcla de los dos, el que se encuentra a una menor temperatura, cambiando el refrigerante a la fase líquida para iniciar un nuevo ciclo.

Funciones Específicas de los Componentes del Sistema de Compresión Simple

Evaporador

Es un intercambiador de calor, localizado en el medio a enfriar, en donde se lleva a cabo la evaporación del refrigerante, dependiendo de la presión de evaporación tendremos la temperatura correspondiente al refrigerante utilizado. Para que pueda llevarse a cabo la evaporación es necesario que el refrigerante líquido absorba calor del medio a enfriar, es decir, al calor latente de evaporación, como una característica el refrigerante se encuentra a baja presión y temperatura en el evaporador.

Compresor

Su función es doble, por una parte crea y mantiene la baja presión del evaporador que permite la evaporación a baja temperatura del refrigerante. Por otra parte crea y mantiene la alta presión del condensador que permite la nueva utilización del refrigerante en estado líquido, el compresor se encuentra localizado generalmente en el exterior del medio a enfriar. Al comprimir el compresor los vapores del refrigerante, se calientan por la energía suministrada durante el trabajo de compresión, es decir, el trabajo de compresión se encarga de aumentar la energía interna de los vapores que aumentan su temperatura. Por lo tanto, los vapores succionados por el compresor, cargados con el calor latente de evaporación (que absorbieron en el evaporador) al ser comprimidos, aumentan su contenido de calor, es decir su entalpía, a causa del calor sensible originado por el trabajo de compresión. El refrigerante en el compresor, se encuentra a baja presión y temperatura durante la succión, a alta presión y temperatura en la descarga.

Condensador

En este intercambiador de calor tiene lugar la condensación del refrigerante, dependiendo de la presión existente en el condensador, será la temperatura de condensación para cada refrigerante utilizado.

Al realizarse la condensación es necesario que los vapores cedan calor, este calor, calor latente de condensación lo toma el medio de condensación, a menor temperatura, junto con el calor sensible de recalentamiento de los vapores comprimidos, el refrigerante del condensador se encuentra a alta presión y temperatura.

Válvula de Expansión

Su función es doble, por una parte regula la cantidad de líquido que entra en el evaporador para que, según la cantidad de vapores aspirados por el compresor, pueda mantenerse constante la presión en el evaporador. Por otra parte, al paso por la válvula, tiene lugar la reducción de presión de alta que existe en el condensador a la baja del evaporador.

El líquido procedente del condensador, al atravesar la válvula y encontrarse a una presión más baja, se evapora una parte tomando el calor necesario del propio líquido que se enfría hasta la baja temperatura correspondiente a esa baja presión. Esta reducción de presión que sufre el líquido al atravesar una reducción de área, sin realizar trabajo exterior alguno y sin intercambiar calor con el exterior, recibe el nombre de expansión.

En estas condiciones se obtiene el refrigerante en estado líquido, a baja presión y temperatura, más algo de vapor, en las mismas condiciones, formado durante la expansión (llamado flash gas) en condiciones para evaporarse e iniciar un nuevo ciclo en el evaporador.

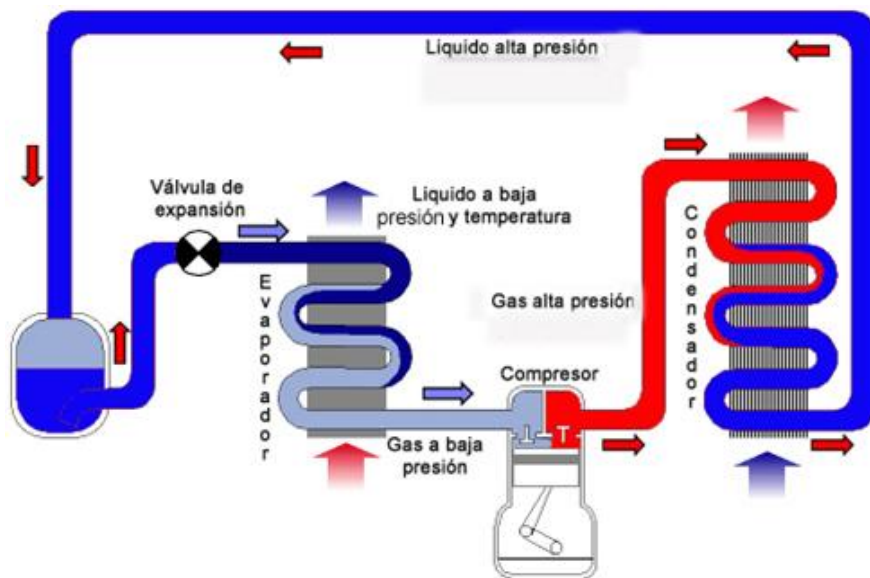


Figura 10 Diagrama de el Ciclo de Refrigeración Simple

Análisis del Ciclo Básico de la Refrigeración

En la siguiente figura se tiene el ciclo básico de la refrigeración como se indica a continuación:

Proceso de 1 a 2 Compresión adiabática succionando los vapores el compresor, en la condición de vapor saturado.

Proceso 2 a 3 Condensación a presión constante, con eliminación de calor sensible, (de recalentamiento) en la zona de vapor sobre calentado o recalentado, del punto 2 hasta la

intersección con la curva de vapor saturado, y a partir de este punto hasta el 3, eliminación de calor latente a presión y temperatura constante.

Proceso de 3 a 4 Expansión isoentálpica del líquido, formándose algunas burbujas del mismo refrigerante dentro de la zona de mezcla.

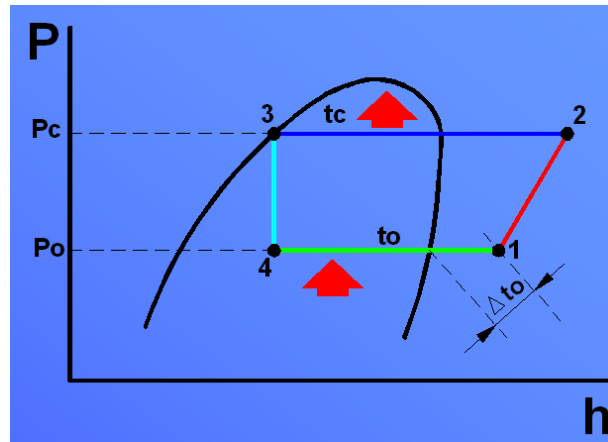


Figura 11 Ciclo Básico de Refrigeración

Proceso de 4 a 1 Evaporación a presión y temperatura constante, es la zona de más baja temperatura del ciclo, es donde realmente producimos frío.

En la mayoría de los sistemas podemos encontrar un sobrecalentamiento y subenfriamiento del refrigerante lo cual trae como ventajas, en el caso del sobrecalentamiento buscamos asegurar que no le llegue líquido al compresor y en el caso del evaporador aumentar el efecto refrigerante, es decir absorber mayor cantidad de calor cuando el refrigerante cruza al evaporador, esto se muestra en la figura 8. De esta manera podemos considerar las siguientes definiciones.

Sobrecalentamiento: Es el incremento de temperatura del refrigerante después que ha logrado la condición de saturación a su paso por el evaporador.

Subenfriamiento: Es el descenso de temperatura del refrigerante una vez que ha logrado la condición de líquido saturado, después de haber pasado por el condensador.

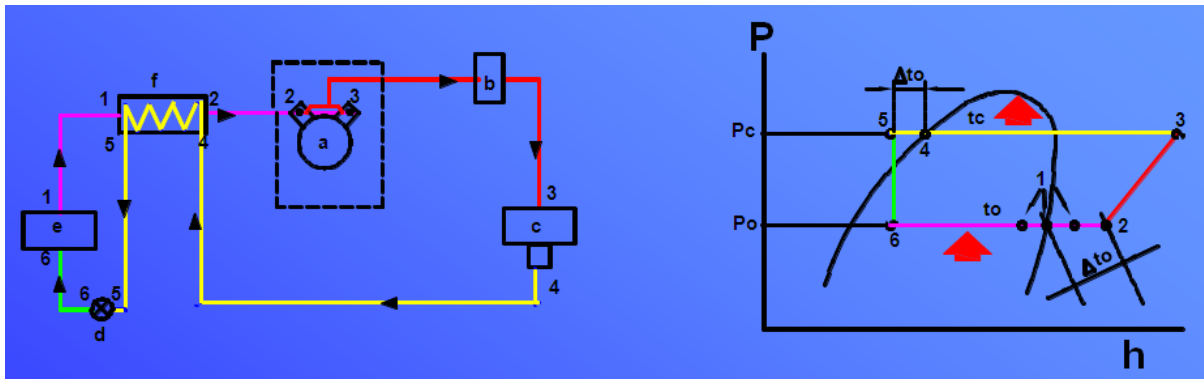


Figura 12 Ciclo de Refrigeración con Sobrecalentamiento y Subenfriamiento

tc.- Temperatura de condensación
to.- Temperatura de evaporación
Pc.- Presión de condensación

Po.- Presión de evaporación
 Δtc .- Sub-enfriamiento de líquido
 Δto .- Sobrecalentamiento de succión

COMPRESOR

La misión del compresor es succionar el gas que proviene del evaporador y enviarlo al condensador aumentando su presión y temperatura para recuperarlo mediante la condensación para iniciar un nuevo ciclo

Tipos de compresores

Reciprocante: El compresor reciprocante es el más usado. Este compresor aumenta la presión del refrigerante gaseoso comprimiéndolo mediante un pistón de movimiento alternativo dentro de un cilindro.

Tipos de compresores reciprocantes

- **Herméticos:** Tanto el motor como el compresor están dentro de la misma carcasa y es inaccesible. Van enfocados a pequeños equipos de carga crítica.



Figura 13 Compresor Hermético

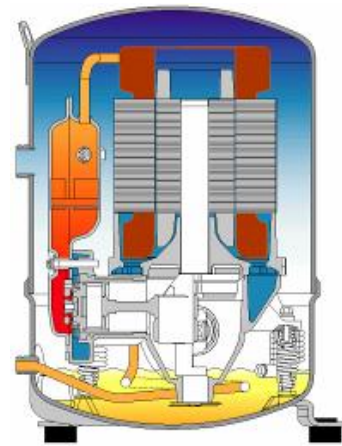


Figura 14 Compresor Hermético con un Corte Lateral

- **Semi-herméticos:** Es igual que el anterior pero es accesible, se puede reparar cada una de sus partes.

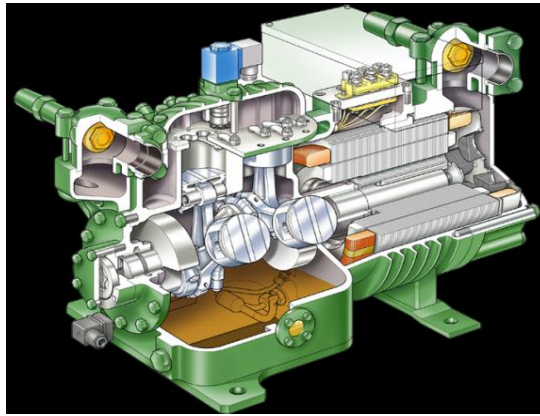


Figura 15 Compresor Semi-Hermético

- **Abiertos:** Motor y compresor van separados.



Figura 2 Compresor Abierto

Rotatorio

Este compresor también comprime el gas refrigerante, pero en lugar de un pistón, usa un rotor excéntrico que presiona el gas contra el lado de una cámara de compresión circular, el más conocido actualmente es el tipo tornillo.

- **Compresor Tipo Tornillo:** Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que trabajan mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento.

La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

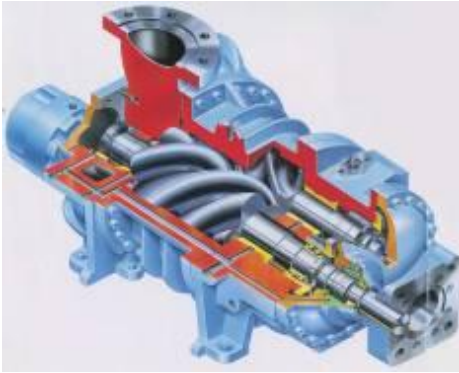


Figura 17 Compressor Tipo Tornillo

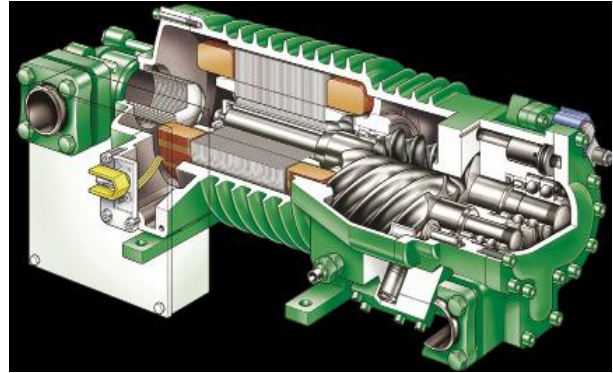


Figura 3 Compressor Tipo Tornillo

Centrífugo

El compresor centrífugo aumenta la presión del gas mediante impulsos del mismo a altas velocidades contra su carcasa.

Scroll

Este compresor comprime los gases a través de 2 espirales uno fijo y otro móvil de manera que la móvil se va cerrando sobre la fija.

La espiral móvil va aspirando el gas y lo va cerrando contra la otra espiral y lo va comprimiendo. Igual que el rotativo el scroll va comprimiendo y aspirando continuamente.

Descripción general: Un compresor scroll tiene 2 espirales. El espiral superior es fijo y el espiral inferior órbita alrededor del fijo. Cada uno tiene su pared en forma de espiral estando entrelazados.

Succión- primera órbita: Mientras el espiral del fondo órbita, 2 cámaras de gas refrigerante son formadas y encerradas.

Compresión- segunda órbita: El gas refrigerante es comprimido mientras el volumen se reduce cada vez más al aproximarse al centro del scroll.

Descarga-tercera órbita: El gas es comprimido hasta su punto máximo y descargado a través de un pequeño puerto en el centro del scroll fijo.

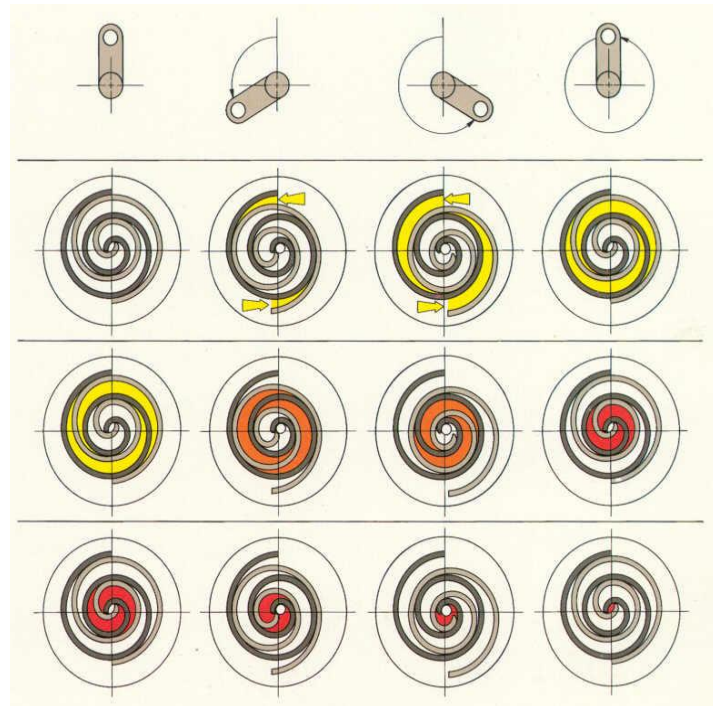


Figura 19 Funcionamiento de Compresor Scroll

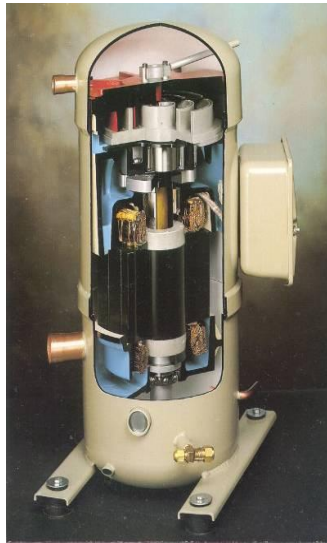


Figura 20 Compresor Tipo Scroll

EVAPORADOR

Un evaporador es un intercambiador de calor, este intercambio de calor se lleva a cabo entre 2 fluidos separados por una superficie de transferencia de calor, de modo que mientras uno de ellos se enfría en el caso del medio a remover calor, disminuye su temperatura teniendo presencia de calor sensible, mientras que en el caso del refrigerante a temperatura constante absorbe calor latente es decir pasando del estado líquido al estado gaseoso. Este proceso termodinámico se muestra en la figura 21.

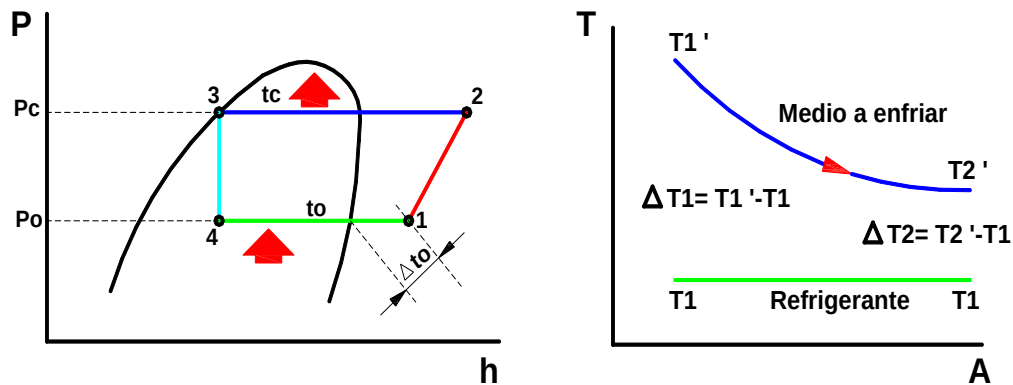


Figura 21 Evaporador

- tc .- Temperatura de Condensación.
- Pc.- Presión de Condensación.
- to .- Temperatura de Evaporación.
- Po.- Presión de Evaporación
- h.- Entalpía.
- T.- Temperatura.

Tipos de Evaporadores

Evaporadores de Expansión Directa

Este tipo de evaporadores se alimentan de refrigerante a través de una válvula de expansión termostática que regula el flujo de refrigerante en proporción con la evaporación del mismo en el serpentín del evaporador, para asegurar que todo el líquido se evapora antes de salir del mismo, y que el refrigerante, en forma de gas; saliendo contenga algo de sobrecalentamiento.

Por esta razón se ha dado el nombre de evaporadores tipo seco a los de expansión directa.

El coeficiente de transferencia de calor en estos evaporadores, se encuentra alrededor de $16.3 \text{ W / (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

Evaporadores Inundados

Este tipo de evaporadores son sumamente eficientes dado el alto coeficiente de transferencia de calor causado por la alta velocidad de refrigerante dentro de los tubos del evaporador. Esta velocidad del refrigerante es causada por la diferencia de densidad del refrigerante entre la entrada y la salida del evaporador.

El coeficiente de transferencia de calor en este tipo de evaporadores se encuentran alrededor de $22.8 \text{ W / (hrs} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

Evaporadores para Recirculación

El diseño del serpentín de los evaporadores para recirculación de refrigerante, son idénticos a los de expansión directa; la diferencia en operación estriba en lugar de restringir el flujo a través del evaporador para asegurar que el gas sale en estado seco o con grados de sobrecalentamiento, se sobre alimenta de líquido, es decir, por efecto de la velocidad se considera que se puede triplicar el gasto de refrigerante, a partir del originalmente disponible.

El resultado de esta sobre alimentación de líquido es un coeficiente de transferencia de calor muy alto.

El coeficiente de transferencia de calor en este tipo de evaporadores, se encuentran alrededor de $32.6 \text{ W / (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

CONDENSADOR

Es un intercambiador de calor en donde utilizando un medio de condensación como agua, aire o mezcla de los dos, podemos remover el calor eliminado durante la evaporación más el calor suministrado por la compresión mecánica.

Tipos de Condensadores

Enfriados por Aire (Estáticos y Dinámicos)

El condensador típico es el tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor al medio ambiente.

La transferencia se logra forzando grandes cantidades de aire fresco a través del serpentín mediante el uso de un ventilador, por lo general de tipo axial. El aire al ser forzado a través del condensador absorbe calor y eleva su temperatura.



Figura 4 Evaporador Enfriados por Aire

Enfriados por Agua

Son intercambiadores de calor del tipo casco y tubo. El agua circula por los tubos, en 2 o 4 pasos, mientras el vapor se condensa en el casco.

Este tipo de condensadores requiere contar con una torre de enfriamiento para poder recircular el agua, salvo excepciones.

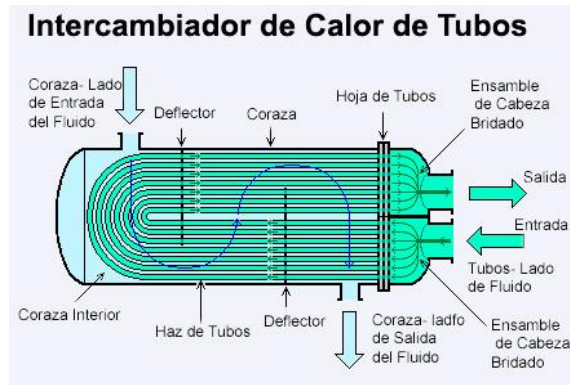


Figura 23 Evaporador Enfriado por Agua

Enfriados por Agua y Aire (Tipo Evaporativo)

El gas sobre calentado, a alta presión, entra al condensador y pasa primeramente por el desobrecalentador, que es un intercambiador de calor tipo torre de enfriamiento, el material de la tubería del serpentín puede ser del tipo acero al carbón o a base de tubo de acero inoxidable y soldado al espejo, en este intercambiador se logra un primer subenfriamiento del gas quitándole, aproximadamente, el 12% del calor lo cual nos permite que llega más frío al serpentín condensador y con menor energía para el efecto de evaporación lo que se nos convierte en menor consumo de agua (12%) y un mayor subenfriamiento del líquido en la salida. Por el lado del agua el desobrecalentador se alimenta desde la bomba recirculadora que la toma de la tina. El gas sigue su curso por el serpentín del condensador permitiendo su condensación a lo largo del viaje hasta llegar al cabezal colector de líquido.

Aquí el intercambio de energía se da por la acción del aire y del agua que interactúan para mantener siempre una temperatura adecuada de condensación, muy cercana a la temperatura ambiente o a la temperatura del agua, mínima diferencia aplica. La bomba toma agua desde la tina, la pasa a través del desobrecalentador, sigue hacia las espreas, lo distribuye homogéneamente sobre toda la tubería y al caer en forma de una delgada película de agua esta enfría al serpentín extrayendo calor desde el refrigerante y a su vez por la acción del aire la energía ganada por el agua es expulsada a la atmosfera en forma de vapor de agua y aire caliente. El efecto de la humedad en el ambiente tiene un impacto directo sobre la operación ya que esto afecta la temperatura a la que se da la evaporación y el principal intercambio de energía.

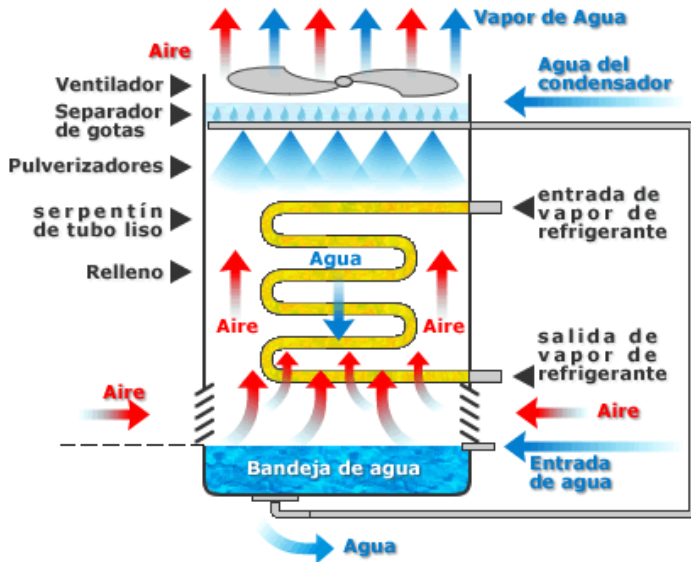


Figura 24 Condensador Tipo Evaporativo

ELEMENTO DE EXPANSIÓN

La función del elemento de expansión es controlar el paso de refrigerante y llevar a cabo la expansión del refrigerante, los diferentes tipos de elementos de expansión son:

- Tubo capilar
- Orificio (bala)
- Válvula de expansión termostática
- Válvula flotadora de baja presión
- Válvula de expansión manual
- Válvula de expansión electrónica

Tubo Capilar

Los tubos capilares se utilizan habitualmente como elementos de expansión en pequeñas instalaciones por las razones siguientes:

- Facilidad de instalación.
- Bajo costo.
- Fiabilidad, no hay piezas en movimiento.
- Permiten la utilización de compresores de bajo par de arranque por el buen equilibrio de presiones.

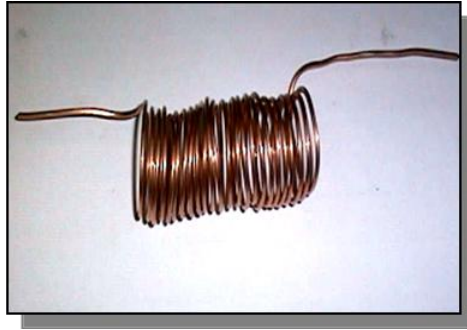


Figura 55 Tubo Capilar de Cobre

Cuando el refrigerante líquido entra dentro del tubo capilar se produce una estrangulación, (aumenta la velocidad y disminuye la presión) debido a esto parte del líquido se evapora al cambiar de presión.

Para evitar que se evapore todo el líquido antes de entrar al evaporador se suele soldar junto con la línea de aspiración para evitar que robe calor del exterior.

Cuando se pone en marcha el compresor el refrigerante empieza a fluir por el evaporador, se evapora y va avanzando el refrigerante, se suele colocar un termostato en la línea de aspiración antes del compresor para pararlo cuando llegue el refrigerante en estado líquido. Al parar el compresor todo el refrigerante pasa al evaporador al no haber nada que lo impida y gracias a la diferencia de presiones. Por esta razón no se puede utilizar recipiente en instalaciones con tubo capilar y hay que tener cuidado al dimensionar el filtro ya que este podría hacer de recipiente. Al estar las presiones igualadas el motor arranca sin muchos esfuerzos.

VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA

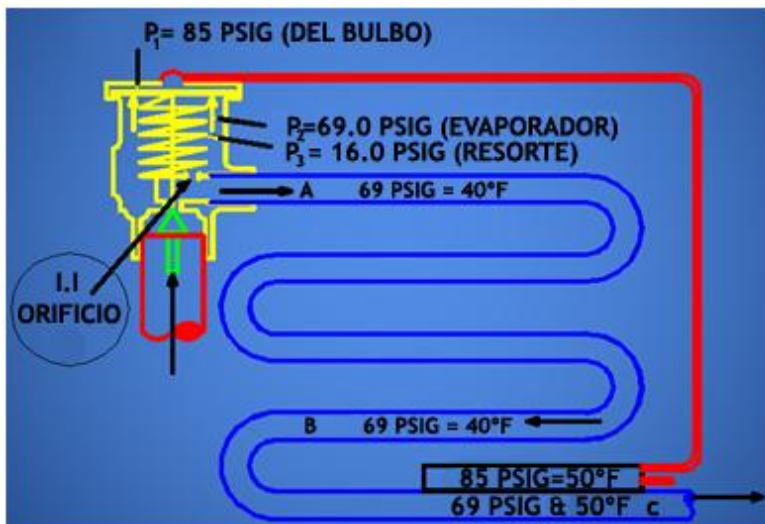


Figura 26 Válvula de Expansión Termostática con Igualador Interno en el Evaporador sin Caída de Presión para R-22.

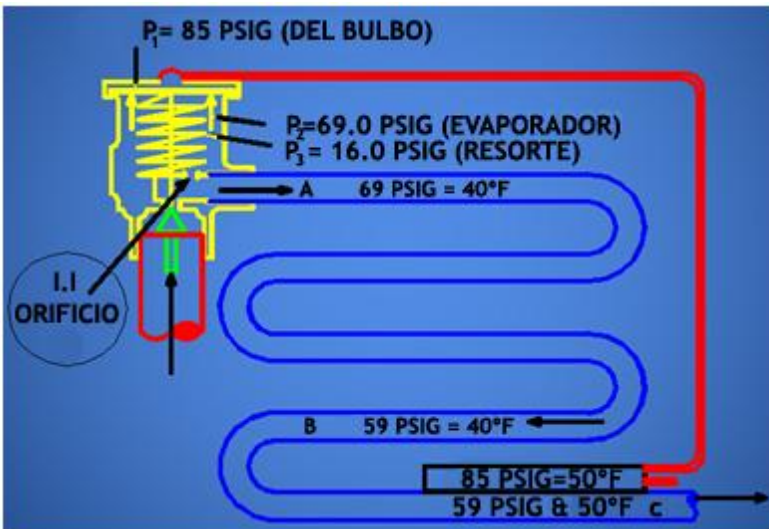


Figura 67 Válvula de Expansión Termostática con Igualador Interno en el Evaporador con Caída de Presión de 10 psig para R-22.

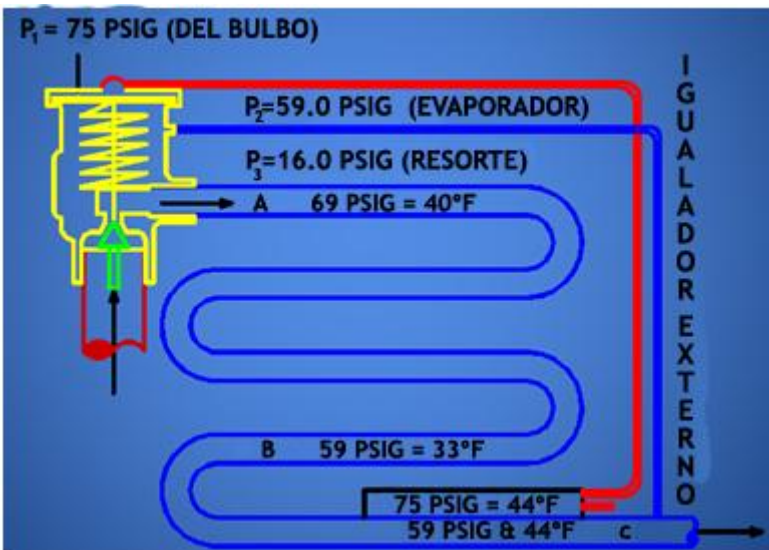


Figura 28 Válvula de Expansión Termostática con Igualador Externo en el Evaporador con Caída de Presión de 10 psig para R-22.

Operación de la Válvula de Expansión Termostática

Existen tres distintas fuerzas que efectúan la operación de una válvula de expansión termostática y éstas son:

1. La fuerza P_1 , creada sobre el diafragma por el bulbo remoto fijado en el tubo que sale del evaporador.
2. La fuerza P_2 , creada por la presión de evaporación dentro del evaporador, que actúa en la parte de abajo del diafragma.
3. La fuerza P_3 , creada por el resorte también en la parte de abajo del diafragma.

En esta explicación del funcionamiento de la válvula, vamos a considerar la válvula, primero: en un estado balanceado, es decir, con una carga constante, segundo: cómo se ajusta cuando aumenta el grado de sobrecalentamiento del gas indicando un aumento en la carga de refrigeración y tercero: cómo se ajusta cuando baja el grado de sobrecalentamiento del gas, indicando una reducción en la carga de refrigeración.

La presión dentro del bulbo remoto (P_1) que corresponde a la presión de saturación de la temperatura de refrigerante saliendo del evaporador, mueve el diafragma hacia abajo abriendo el orificio de la válvula. En dirección opuesta y tratando de cerrar el orificio existe la fuerza P_2 de la presión de evaporación y la fuerza P_3 del resorte.

La válvula llega a un estado de control de flujo estable cuando hay un balance de las fuerzas, ó sea, cuando ($P_1 = P_2 + P_3$).

Cuando aumenta la carga de refrigeración y la temperatura del gas saliendo del evaporador, sube arriba de la temperatura de saturación que corresponde a la presión de evaporación y llega a contener grados de sobrecalentamiento, la presión (P_1) generada en el bulbo remoto aumenta y excede la suma de las presiones P_2 y P_3 , causando que se mueva la aguja del orificio en dirección de mayor flujo.

El efecto de esto es reducir los grados de sobrecalentamiento del gas, reduciendo también la fuerza P_1 y nuevamente poniendo tres fuerzas en balance ($P_1 = P_2 + P_3$).

Cuando hay una reducción en la carga de refrigeración y la temperatura del gas saliendo del evaporador disminuye, la fuerza P_1 sobre el diafragma también disminuye.

Como en este instante la suma de las fuerzas P_2 y P_3 excede la fuerza P_1 , la aguja del orificio se mueve en dirección de menor flujo. El efecto de esto es aumentar la temperatura del gas y nuevamente poner tres fuerzas en balance.

Cuando el líquido dentro del bulbo remoto está a una temperatura de 50°F, la presión que ejerce el bulbo sobre la parte superior del diafragma es 85 psig, tratando de abrir el orificio de la válvula.

Abajo del diafragma y actuando en dirección para cerrar el orificio, existe la presión de evaporación de 69 psig y la fuerza del resorte para dar 10°F de sobrecalentamiento de psig. Dando un total de 85 psig. La válvula se encuentra balanceada con el flujo constante de refrigeración. Un cambio en carga que tiende a subir el sobrecalentamiento del gas de salida, causa que se mueva el diafragma en dirección para abrir el orificio. La válvula sigue modulando de esta manera manteniendo 10 °F “sobrecalentamiento” en el gas saliendo del evaporador.

La válvula tiene un ajuste para variar la fuerza del resorte P_3 y variando la fuerza P_3 se puede llegar a tener cualquier grado de “sobrecalentamiento” que uno desee en el gas saliendo del evaporador. La figura 26 ilustra el comportamiento de la válvula antes descrita.

Válvulas de Expansión Termostática con Igualación Externa.

La válvula de expansión termostática del ejemplo anterior contiene una “Igualación Interna”, es decir, la presión de evaporación (P_2) es la presión que existe a la entrada del evaporador y esta llega a la parte inferior del diafragma por el orificio interior. En evaporadores grandes donde existe una caída de presión considerable por los circuitos del serpentín, una válvula de expansión con igualación interna, mantendrá su orificio demasiado cerrado y pierde mucho de la eficiencia del difusor.

La figura 27 muestra las condiciones que existen en un evaporador con una caída de presión interna de 10 psig, alimentado por una válvula de expansión de igualación interna. La presión a la salida del difusor (punto “C”) está a 59 psig: ó 10 psig: más bajo que a la entrada del evaporador (punto “A”). La presión en punto A, ó sea 69 psig: es la presión P_2 que está ejerciendo una fuerza abajo del diafragma en dirección de cerrar el orificio de la válvula.

Con la fuerza P_3 del resorte ajustado para mantener un sobrecalentamiento de gas de salida de 10°F ó una presión de 16 psig: la presión requerida arriba del diafragma para balancear las fuerzas es 85 psig: que corresponde a una temperatura de saturación de 50°F.

Es evidente que la temperatura del refrigerante en punto “C” tiene que ser de 50°F para mantener las fuerzas balanceadas. Siendo que la presión actual en punto “C” es solamente 59 psig: dado a la caída de presión en el serpentín, que corresponde a una temperatura de saturación de 33°F, un sobrecalentamiento ($50^\circ\text{F} - 33^\circ\text{F} = 17^\circ\text{F}$) en el gas de salida es necesario para abrir la válvula.

Para poder lograr este aumento de sobrecalentamiento de 10°F a 17°F, es necesario usar más del evaporador para aumentar el sobrecalentamiento y menos de la superficie para evaporación del refrigerante, en otras palabras, se reduce drásticamente la capacidad del evaporador, porque tiene que mantener restringido el flujo de refrigerante para lograr el alto sobrecalentamiento necesario para abrir la válvula termostática.

Dado a lo anterior es indispensable usar una válvula de expansión termostática de igualación externa en difusores grandes que tienen una caída de presión en exceso de 1 ½ psig. Con temperatura de evaporación de 40°F a 15°F y de ½ psig con temperaturas de evaporación más bajo de 15°F.

La figura 28 enseña una válvula de expansión termostática en estado balanceado, con igualador externo. Se puede ver que la línea igualadora está conectada a la línea de succión directamente atrás del bulbo de la válvula y esta presión que es la presión verídica de la salida del evaporador, es la presión que ejerce la fuerza P_2 a la parte inferior del diafragma. Tomando en cuenta la misma pérdida de presión a través del serpentín, la presión (P_1) requerida sobre la parte superior del diafragma es 75 psig.

Esta presión de 75 psig corresponde a una temperatura de saturación de 44°F y el sobrecalentamiento del gas requerido para abrir la válvula es 44°F-33°F= 11°F



Figura 29 Válvula de Expansión Termostática con Igualador Interno seccionada



Figura 30 Válvula de Expansión Termostática con Igualador Externo.



Figura 31 Válvula de Expansión Termostática con Igualador Externo seccionada

Tabla 2 Ajustes Recomendados para el Sobrecalentamiento en la VET

Aire Acondicionado	Refrigeración
R-22 6°F a 12°F	Helado 4°F a 6 °F
R-22 Alta eficiencia 6°F a 12°F	Alimentos Congelados 6°F a 8°F
R-410A 6°F a 8°F	Carne Fresca 8°F a 10°F
	Frutas y Verduras, Lácteos, Embutidos 10°F a 12°F

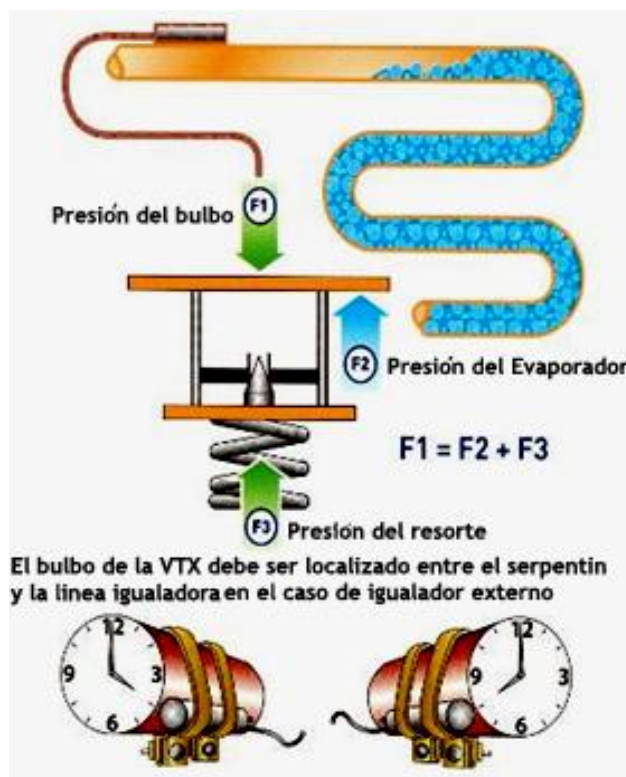


Figura 32 Ajuste de Sobrecalentamiento

Posiciones Recomendadas del Bulbo Sensor en la Línea de Succión

La ubicación ideal (horizontal) del bulbo en relación a la medida de la línea de succión. Nunca coloque el bulbo en la posición de las 6 horas porque puede censar la temperatura del aceite que fluye a través de la tubería, en lugar de la temperatura del refrigerante. Asegúrese que el bulbo esté colocado en una línea de succión con drenaje libre.

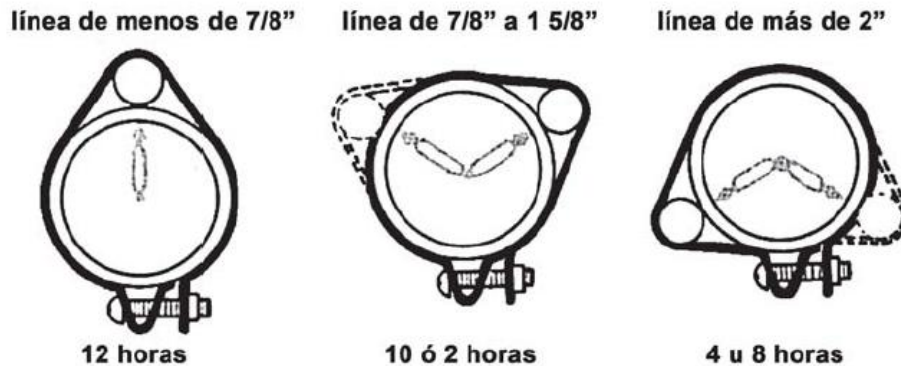


Figura 33 Posiciones del Bulbo Remoto

Válvula Flotadora de Baja Presión

El control de flotador de presión baja (flotador en el lado de baja presión) actúa para mantener un nivel constante de líquido en el evaporador inundado regulando el flujo de refrigerante líquido hacia la unidad, de acuerdo con la rapidez a la cual el suministro de líquido está siendo agotado por vaporización. Este responde sólo al nivel del líquido del evaporador y mantendrá lleno de refrigerante líquido al evaporador hasta el nivel deseado, para todas las condiciones de carga e independientemente de la temperatura y presión que se tenga en el evaporador.

Válvula de Expansión Manual

Es un dispositivo de expansión, en el cual la expansión es regulable generalmente en forma manual utilizando una válvula que se controla según el número de vueltas de acuerdo a la capacidad en toneladas de refrigeración utilizándose en sistemas de amoniaco.

Válvula de Expansión Electrónica

Las válvulas de expansión electrónicas son las únicas que permiten, el funcionamiento ideal del evaporador, manteniéndolo lleno de líquido, gas refrigerante y permitiendo que sólo salga del mismo gas sobrecalentado para no dañar el compresor.

Las válvulas de expansión electrónicas, además de la máxima utilización del evaporador, ofrecen una serie de ventajas con respecto a las válvulas de expansión termostáticas:

- Son ideales para trabajar en aquellos casos en que las cargas sufren grandes variaciones.
- Donde las presiones de condensación sufren grandes cambios.
- Ahorran energía.



Figura 34 Válvula de Expansión Electrónica (Danfoss)

Esta nueva válvula de expansión electrónica está accionada por un motor paso a paso y controlada por un microprocesador. El motor paso a paso le permite una notable precisión en la regulación con 480 pasos en una carrera de 15 mm.

Estas válvulas son ideales para la alimentación de evaporadores de equipos tales como: chillers, equipos acondicionadores con bomba de calor, equipos para cámaras frigoríficas, etc.

ACCESORIOS

Indicadores de Líquido–Humedad

El indicador de líquido y humedad es un accesorio ampliamente utilizado en los sistemas de refrigeración, principalmente en refrigeración comercial y aire acondicionado. Es un dispositivo de metal con una mirilla de vidrio, que permite observar la condición del refrigerante. Anteriormente, se utilizaba como indicador de líquido únicamente, una simple mirilla. Posteriormente, surgió la idea de aprovechar esa ventana al interior para indicar humedad, y en la actualidad, todos los fabricantes lo hacen con ese doble propósito.

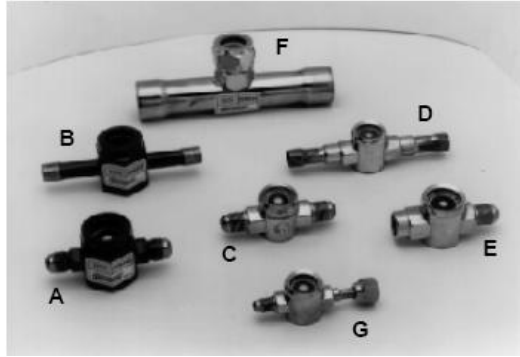


Figura 35 Indicadores de Líquido y Humedad Típicos

Un indicador de líquido y humedad, es en realidad, la herramienta de mantenimiento preventivo más barata, que se puede instalar en el sistema de manera permanente. El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre, de que el contenido de humedad del sistema pueda estar abajo de un nivel seguro, o lo suficientemente alto para causar problemas. También indica si falta refrigerante al sistema, o si hay alguna caída de presión en la línea de líquido.

La función más importante de un indicador de líquido y humedad, es revelar la presencia de exceso de humedad en el refrigerante, el cual puede ser nocivo para el dispositivo de expansión y al sistema completo.

Indicación de Humedad

Para realizar la primera función, o sea, indicación de humedad, cuentan con un elemento indicador. Este elemento sensor de humedad, consiste generalmente de un papel filtro poroso, impregnado con una sal anhidra de cobalto. Esta sal es única, en que tiene la capacidad de cambiar de color en presencia o ausencia de pequeñas cantidades de humedad. Este elemento está protegido contra aceite, lodo y suciedad, para que no pierda su propiedad; sin embargo, un exceso de humedad “libre” o una temperatura alta, pueden decolorarlo o dañarlo permanentemente. También, un exceso de aceite en el sistema, puede cambiar el color del elemento al color del aceite. El elemento indicador está calibrado para que cambie de color, de acuerdo con lo que se consideran niveles seguros o inseguros de humedad. Como ya sabemos, los niveles de seguridad de humedad varían con cada tipo de refrigerante, y por lo tanto, los puntos de cambio de color en el indicador de humedad, también varían con cada refrigerante.

Para la instalación de la mirilla el punto preferido por fabricantes de equipo, por técnicos de servicio, es inmediatamente después del filtro deshidratador de la línea de líquido, con el objeto de estar verificándolo con relación a su capacidad de retención de agua.

Al instalar un filtro deshidratador nuevo, al arranque del compresor algunas veces puede ocurrir un cambio rápido de color. Aquí se recomienda dejar operar el equipo entre 10 y 12 horas, permitiendo que el sistema alcance un equilibrio, antes de decidir si requiere cambiar el filtro deshidratador.

Indicación de Nivel de Líquido

La otra función importante de un indicador de líquido y humedad, es la de mostrar el flujo de refrigerante en la línea de líquido.

Como es sabido, el refrigerante debe llegar al dispositivo de expansión en forma pura y totalmente líquida, para que este componente trabaje a su máxima eficiencia. Si por alguna razón llega menor cantidad de líquido, o una mezcla de líquido y vapor, la eficiencia del dispositivo de expansión se ve disminuida, y generalmente afecta la eficiencia de todo el sistema.

Existen varias causas por las que puede suceder esto:

1. Falta de refrigerante.
2. Filtro deshidratador obstruido parcialmente por suciedad.
3. Restricciones en la línea de líquido.
4. Línea de líquido excesivamente larga.
5. Falta de sub-enfriamiento en el refrigerante.

Si en un sistema de refrigeración existe una o varias de estas condiciones, se manifestarán en el indicador de líquido por la presencia de burbujas o vapor, esto es, suponiendo que el indicador está instalado en un punto de la línea de líquido, entre el filtro deshidratador y el dispositivo de expansión. Estas burbujas, en realidad, indican que el refrigerante líquido se está evaporando parcialmente en alguna parte de la línea. Cuando esto sucede, es necesario determinar cuál es la verdadera causa antes de tomar alguna acción correctiva. Cabe aclarar, que en algunos sistemas pueden aparecer burbujas en el indicador, al arrancar o al detenerse el compresor. Estas son acciones de igualación normales, y no deben confundirse con ninguna de las mencionadas arriba.

A continuación, analizaremos cada una de las causas por las que pueden aparecer burbujas en el indicador de líquido, considerando que su ubicación es la que ya mencionamos, entre el filtro deshidratador y el dispositivo de expansión. También, mencionaremos las acciones correctivas que pueden tomarse.

1. **Falta de Refrigerante.** Generalmente, ésta es la causa más común de la presencia de burbujas en el indicador de líquido. La falta de refrigerante puede ser porque no se cargó suficiente durante el montaje o servicio, o se debe a alguna fuga. La solución es cargar

más refrigerante, hasta que poco a poco vayan desapareciendo las burbujas en el indicador, y se observe el paso de refrigerante completamente líquido.

Antes de proceder a cargar más refrigerante, es vital que se cerciore que realmente la causa de las burbujas es la falta del mismo; ya que si el técnico procede a agregar una carga extra, cuando realmente no la necesita, el refrigerante se acumulará en el condensador, aumentando drásticamente la presión.

2. **Filtro Deshidratador Parcialmente Obstruido.** De acuerdo a lo analizado en el punto anterior, es fácil deducir que si se retira el filtro o se instala uno nuevo, y las burbujas desaparecen, entonces es acertado el diagnóstico. Si después de cambiar el filtro deshidratador continúan las burbujas, debe buscarse otra causa.
3. **Restricciones en la Línea de Líquido.** Si existe alguna restricción en la línea debido a tubos golpeados o doblados, el refrigerante estará sufriendo una ligera expansión al pasar por ese punto, lo que le provocará una caída de presión, y por lo tanto, de temperatura. Parte del líquido se evaporará formando burbujas, las cuales son visibles en la mirilla de vidrio. Obviamente, la solución aquí no es tratar de enderezar o desdoblar los tubos, sino de cambiarlos por otros nuevos.
4. **Línea de Líquido Excesivamente Larga.** En un caso como éste, si el indicador de líquido está instalado inmediatamente después del filtro deshidratador, existe la posibilidad de que no se vean burbujas, pero, debido a la longitud de la línea, puede haber una caída de presión en algún punto cercano al dispositivo de expansión, la cual no sería detectada por el indicador. Cuando la línea de líquido sea demasiado larga, se recomienda instalar el indicador de líquido lo más cercano posible a la válvula de expansión; ya que éste es el componente que sería afectado por la caída de presión.
5. **Falta de Sub-enfriamiento.** Idealmente la presión y temperatura del refrigerante líquido que llega a la válvula de expansión deben ser las mismas que existen en el condensador o el recibidor; esto es, la presión y temperatura deben ser las de saturación. Normalmente existe una caída de presión a lo largo de la línea de líquido debido a los accesorios, conexiones y fricción en la tubería, la cual debe ser considerada al diseñar la tubería y no debe influir en el funcionamiento de la válvula de expansión. Si la presión del líquido al llegar a la válvula de expansión es considerablemente menor que la que se tiene en el recibidor o el condensador, el refrigerante se evaporará instantáneamente (Flash Gas). Si se subenfria el líquido que sale del recibidor unos cuantos grados abajo de su temperatura de saturación correspondiente a la presión, se asegura que no se evapore el líquido en la línea y se aprovecha la válvula de expansión al máximo.

Filtros Deshidratadores

Un filtro deshidratador por definición, es un dispositivo que contiene material desecante y material filtrante para remover la humedad y otros contaminantes de un sistema de refrigeración.



Figura 36 Filtro Deshidratador

La aplicación de los desecantes en los sistemas de refrigeración, se hace encapsulándolos en unos dispositivos mecánicos llamados filtros deshidratadores. Un filtro deshidratador está diseñado para mantener seca la mezcla de refrigerante y aceite, adsorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; también para retener por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla de refrigerante aceite. No debe haber ningún misterio asociado con la operación de un filtro deshidratador.

El uso de los filtros deshidratadores en los sistemas de refrigeración, es la mejor manera de proteger los componentes en el muy probable caso de que estos contaminantes estuvieran presentes en el sistema, ya que la válvula de expansión termostática o el tubo capilar y el compresor, son los componentes más afectados por los contaminantes.

Tipos de Filtros Deshidratadores

Toda la amplia variedad de filtros deshidratadores para refrigeración, se puede resumir en dos tipos: los que tienen el material desecante suelto y los que tienen el desecante en forma de un bloque moldeado es decir solido. En los filtros deshidratadores de desecantes sueltos, la carga de desecante se encuentra en su estado original en forma de gránulos, generalmente se encuentra compactada por algún medio de presión mecánica (como la de un resorte) entre dos discos de metal de malla fina, o entre capas de fibra de vidrio. En los filtros deshidratadores del tipo de bloque moldeado o solido, el bloque es fabricado generalmente por una combinación de dos

desechantes, uno con una gran capacidad de retención de agua y el otro con una gran capacidad de retención de ácidos.

Las combinaciones de desecantes más comúnmente utilizadas en los filtros deshidratadores del tipo de bloque son: alúmina activada más sílica gel y alúmina activada más tamiz molecular.

En los del tipo de desecante suelto, generalmente se utiliza un solo desecante que puede ser sílica gel o tamiz molecular; aunque algunas veces se utiliza una combinación de ambos.



Figura 37 Corte de un Filtro Deshidratador

Tanto los filtros deshidratadores del tipo de desecante suelto y los del tipo de bloque, pueden ser desechables o recargables. Los desechables son totalmente sellados, y una vez que cumplen con su función de filtración se saturan de humedad, se desechan y se instala uno nuevo en su lugar. Los filtros deshidratadores recargables están contruidos de tal forma, que se pueden destapar por uno de sus extremos para retirar el material desecante usado y limpiar los filtros, se coloca el desecante nuevo activado y se cierran.

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN FAMILIAR, COMERCIAL E INDUSTRIAL

Refrigeración Domestica

Podemos considerar a los refrigeradores de uso domestico destinados a la conservación de alimentos preparados y alimentos perecederos del tipo domestico, en estos el rango de temperaturas esta alrededor de 0°C con aplicaciones de congelación en menor número. En los refrigeradores viejos el refrigerante utilizado es R-12 y en los modelos más recientes se usa el R-134a.

Refrigeración Comercial

Consiste en la utilización de refrigeradores botelleros entre otros equipos destinados para la conservación de bebidas gaseosas en las tiendas de barrio y de conveniencia, restaurantes, vitrinas refrigeradas para la conservación de alimentos perecederos en estado fresco en supermercados, así mismo la utilización de cámaras refrigeradas tanto en tiendas de conveniencia y supermercados, en los centros de distribución de alimentos en las grandes ciudades. Teniendo temperaturas de servicio alrededor de 0°C en temperatura media y hasta -30°C en congelación. Los refrigerantes utilizados anteriormente eran el R-12 y el R-502 tanto en temperatura media o baja, actualmente hay una gran cantidad de sistemas que usan R 22, en estas aplicaciones sin embargo en algunos casos ya aparecen refrigerantes como el R-134a y el R-404A entre otros.

Refrigeración Industrial

Las aplicaciones de refrigeración industrial se encuentran principalmente en los almacenes frigoríficos, en los procesos industriales en la producción de alimentos, principalmente en el almacenaje de materia prima y en productos terminados.

Las temperaturas para productos frescos están alrededor de 0°C y en productos congelados de hasta -40°C, el refrigerante ampliamente utilizado es el R-717 mejor conocido como amoníaco anhidro grado de refrigeración, nunca se debe de usar el de tipo agrícola, también podemos encontrar aplicaciones utilizando R 404A.

SOBRECALENTAMIENTO Y PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

En algunos sistemas de refrigeración es muy común encontrar sobrecalentamiento y subenfriamiento en forma simultánea.

En un intercambiador de calor se tiene un sobrecalentamiento del refrigerante gaseoso saliendo del evaporador el cual pasa en forma exterior a través de un serpentín el cual en forma interna lleva al refrigerante líquido procedente del condensador para subenfriarse.

Sobrecalentamiento

Existen 2 zonas en donde se presenta sobrecalentamiento en un sistema de refrigeración:

- En el evaporador para la operación de la válvula de expansión.
- En la línea de succión del compresor para evitar un golpe de líquido.

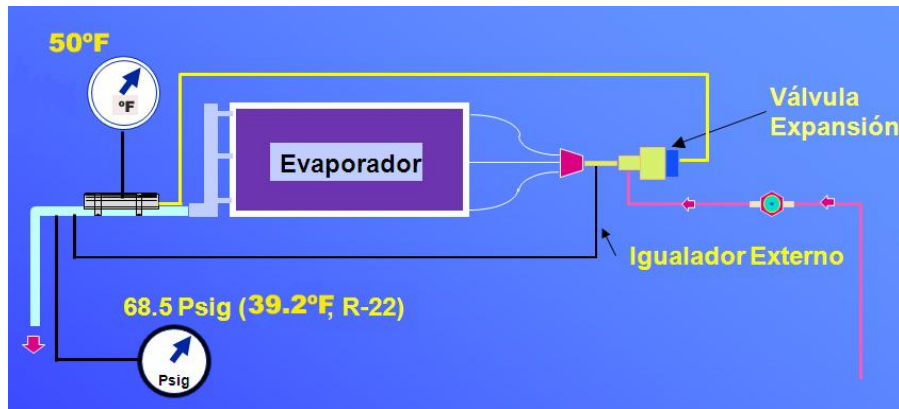


Figura 38 Medición del Sobrecalentamiento de la Válvula de Expansión

Medición del Sobrecalentamiento de la Válvula de Expansión

- Medir la temperatura de la línea de succión próxima al lugar donde se localiza el bulbo sensor de la válvula de expansión.
- Obtener la presión de succión que existe en la línea de succión cerca del bulbo sensor o en la línea del igualador externo.
- Convertir la presión obtenida a temperatura de saturación del evaporador de tablas de Presión vs Temperatura.
- Restar la temperatura de saturación de la temperatura de la línea de succión. “La diferencia es el sobrecalentamiento”.

Ejemplo de la figura anterior:

La temperatura cerca del bulbo es de 50°F; La temperatura de saturación correspondiente a la presión de saturación en la línea de succión es de 39.2°F para el R-22, entonces podemos calcularlo de la siguiente manera:

$$\text{Sobrecalentamiento} = 50 - 39.2 = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Algunos fabricantes de equipo recomiendan valores de sobrecalentamiento como se indican a continuación:

Para DT: 5.55⁰C (10°F), Sobrecalentamiento de 3.33 @ 5.55 ⁰C (6 °F @ 10 °F)

Para DT más altos, Sobrecalentamiento de 6.66 @ 8.33 ⁰C (12 °F @ 15 °F)

Medición del Sobrecalentamiento en la Línea de Succión del Compresor

- Medir la presión de succión en la válvula de servicio del compresor y convertir a temperatura de saturación usando las tablas de Presión vs Temperatura.

- Medir la temperatura en la línea de succión a una distancia de 30 cm aproximadamente antes del compresor con la ayuda de un termómetro.
- Restar la temperatura de saturación de la temperatura de la línea de succión. “La diferencia es el sobrecalentamiento”.

Ventajas para Medir el Sobrecalentamiento

Valores normales del sobrecalentamiento varían de 8 a 20 °F (4.4 a 11°C) dependiendo del tipo de aplicación.

- Un valor más bajo del esperado indica que le puede estar llegando líquido al compresor.
- Un valor más alto del esperado indica que le falta refrigerante al evaporador.
- Valores incorrectos del sobrecalentamiento pueden indicar varios problemas tales como: filtro bloqueado, sobrecarga, falta de refrigerante o flujo de aire inapropiado.



Figura 39 Equipos Utilizados para la Medición del Sobrecalentamiento

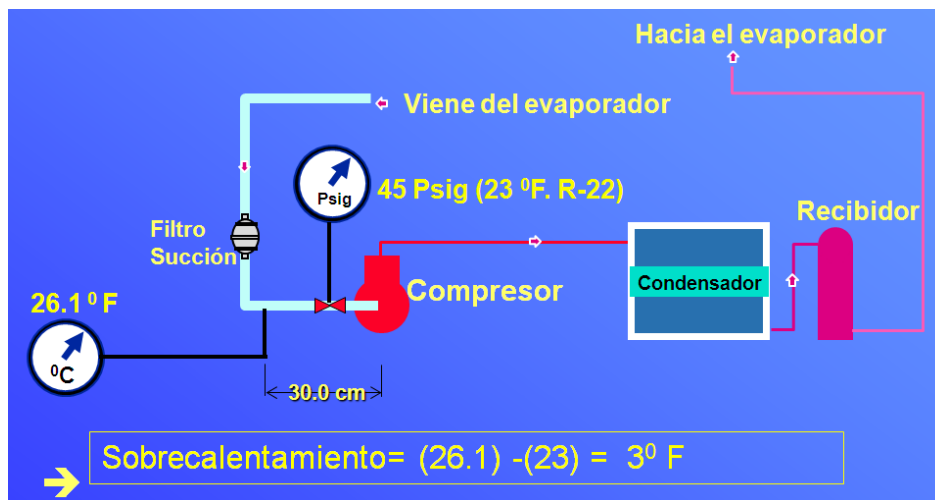


Figura 40 Sobrecalentamiento en la Succión del Compresor

Subenfriamiento

Este fenómeno se presenta después de la condensación y generalmente se manifiesta como un decremento en la temperatura de condensación a presión constante, es decir tenemos que quitar calor sensible a partir de la curva de líquido saturado. El valor recomendado dependerá del sistema de refrigeración pero un valor de 5°C puede ser un valor común en la práctica, el procedimiento más conocido puede ser como se indica a continuación:

- Utilizando un intercambiador de calor.
- Un condensador con mayor área a la requerida en la carga normal (por ejemplo cuando tenemos un sobrecalentador).

Ventajas

La ventaja más importante consiste en aumentar el efecto refrigerante, que trae una ventaja termodinámica en la producción de frío.

Desventajas

La desventaja más representativa es el costo del área de transferencia de calor requerida para lograr este efecto, aunque en algunos casos podemos tener un sobrecalentamiento cuando la línea de líquido se coloca en el interior de la tubería de succión como en el caso de los refrigeradores domésticos o cuando la línea de líquido cruza una área fría como el de una cámara de refrigeración.

C A P I T U L O 3

REFRIGERANTES

La sustancia de trabajo que nos permite producir frío, removiendo calor del medio a enfriar, se conoce como refrigerante y debe cumplir para su selección, con ciertas ventajas de tipo termodinámico, económico, disponibilidad, seguridad y sin daño para la ecológica, clasificándose de la siguiente manera:

Refrigerante Primario:

En forma directa absorbe calor latente, generalmente del estado líquido al gaseoso por ejemplo:

- Derivados halogenados de los hidrocarburos mejor conocidos como CFCs y HCFCs.
- Las mezclas (blends) de las familias de los R-400 y R-500, HFC's puros como el R-134a.
- Compuestos orgánicos, como hidrocarburos (Etano, metano, Isobutano, etc.).
- Compuestos inorgánicos, como amoníaco, anhídrido sulfuroso y carbónico, como el dióxido de carbono.
- Derivados oxigenados (Éter etílico, etc.).
- Derivados nitrogenados.

Usos:

CFC's: En aplicaciones de refrigeración domestica comercial, industrial y transporte refrigerado. En aplicaciones de aire acondicionado para confort en locales y en transporte.

HFC's: En aplicaciones de refrigeración comercial, industrial y transporte refrigerado. En aplicaciones de aire acondicionado para confort, en locales.

HC's: Utilizados principalmente en refrigeración domestica fabricados bajo normas de seguridad por fabricantes reconocidos.

Amoníaco: En aplicaciones industriales para media y baja temperatura, incluyendo los sistemas en cascada con bióxido de carbono.

Mezclas binarias: Utilizadas en sistemas de absorción para sistemas de refrigeración de media temperatura y en aplicaciones de aire acondicionado para confort principalmente o en procesos industriales.

Refrigerante Secundario:

En forma indirecta absorbe calor sensible, utilizando fluidos sin que cambie de estado físico, además este tipo de refrigerantes requieren para su enfriamiento, de la transferencia de calor a través de un sistema de refrigeración que utilice un refrigerante primario. Por ejemplo: Soluciones

como salmueras, glicoles, alcoholes, líquidos puros criogénicos e incluso algunas sustancias puras como el agua.

Existen refrigerantes naturales que son sustancias presentes naturalmente en la tierra, y no dañan al medio ambiente, tienen cero ODP (Potencial de Agotamiento del Ozono), un bajo GWP (Potencial de Calentamiento de la Tierra). Dentro de estos refrigerantes se encuentra el aire, el agua, el dióxido de carbono, el nitrógeno, los hidrocarburos y el amoníaco. Algunas de estas sustancias han sido utilizadas antes de los CFCs; hoy en día han sido redescubiertas. Los refrigerantes naturales presentes hoy en el mercado y compitiendo con los HCFCs y HFCs son el amoníaco y los hidrocarburos.

Mezclas Zeotrópicas

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con la cifra "4", seguido de una letra para diferenciar diversas proporciones de mezcla de las mismas sustancias químicas, como por ejemplo: R-401A, R-401B, etc. Están formadas por dos o más sustancias simples o puras, que al mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables. Para estas mezclas se definen el punto de burbuja como la temperatura a la cual se inicia la evaporación y el punto de rocío como la temperatura a la cual se inicia la condensación. También se requieren definir otras características como el fraccionamiento, que es el cambio en la composición de la mezcla cuando ésta cambia de líquido a vapor (evaporación) o de vapor a líquido (condensación), y el deslizamiento de la temperatura, que es el cambio de temperatura durante la evaporación debido al fraccionamiento de la mezcla. Estas mezclas aceptan lubricantes minerales, Alquil benceno o Polioléster, según los casos, facilitando enormemente el retrofit; ejemplos: R-401A, R-402A, R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R-408A, R-409A, R-410A y R-410B

Las mezclas zeotrópicas deben ser cargadas en su fase de líquido en razón de la tendencia de fraccionamiento en estado de reposo. Cuando se requiere cargar en estado de vapor, debe recurrirse a emplear un dispositivo intermedio de trasvase.

El diagrama de Mollier que representa la condición termodinámica para el análisis de este tipo de refrigerantes se indica a continuación.

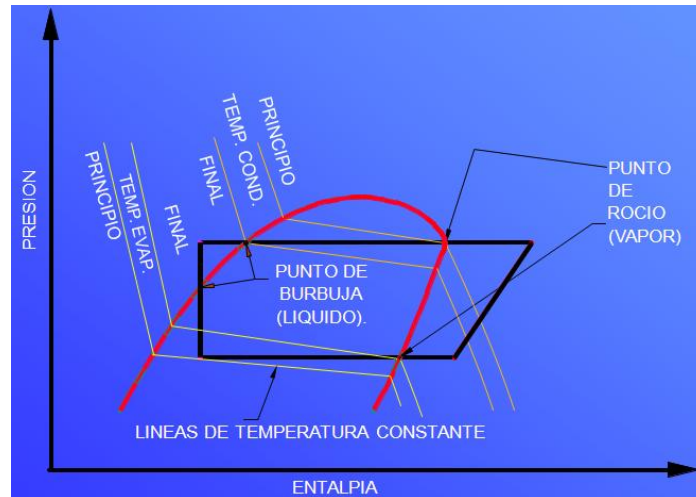


Figura 11 Diagrama P – h Mezclas Zeotrópicas

Mezclas Azeotrópicas

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con la cifra "5", como por ejemplo: R-502, R-500, R-503.

Están formadas por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura (ver cuadro de refrigerantes), logrando con ellas características distintas de las sustancias que las componen, pero mejores.

El R-502 es una mezcla azeotrópica de HCFC22 (48.8%) y CFC115 (51.1%). Ideal para bajas temperaturas (túneles de congelamiento, cámaras frigoríficas y transporte de sustancias congeladas). Posee cualidades superiores al HCFC22 para ese rango de trabajo. Posee un PAO de 0,32 pero tiene más elevado potencial de calentamiento global (PCG) igual a (5.1). La dificultad para conseguir CFC115 ha dificultado su producción y facilitado la introducción de mezclas sustitutas, de entre las cuales la más adoptada hasta ahora ha sido R-404A.

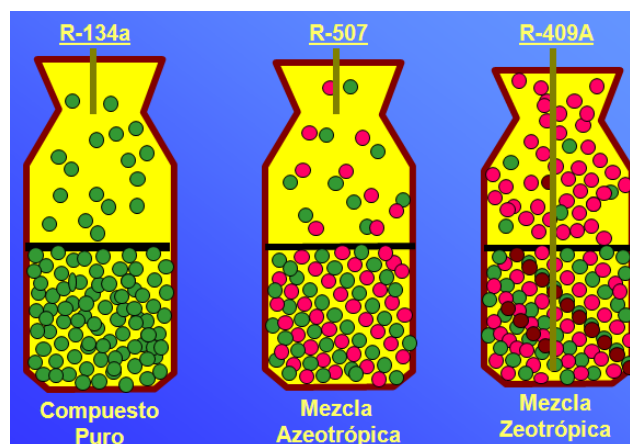


Figura 22 Composición del Refrigerante Dentro de un Cilindro

EVOLUCION DE LOS FLUIDOS REFRIGERANTES

Ante la actual situación de los fluidos refrigerantes, regulación de los CFCs y actualmente de los HCFCs, las familias de los fluidos que se están considerando como posibles alternativas de sustitución a largo plazo son los fluidos de la familia HFC (puros y mezclas) y los refrigerantes naturales, entre los cuales se incluye el amoníaco, los hidrocarburos lineales o cíclicos y sus mezclas, CO₂, agua, etc.

Tabla 3 Evolución de los Refrigerantes

Aplicaciones	Refrigerantes anteriormente utilizados		Refrigerantes de Transición		Refrigerantes a largo plazo	
	CFC	R12 R500	HCFC	R 401 A R 409 A		R 134a R 290/ R 600 a
Aparatos domésticos	CFC	R12 R500	HCFC	R 401 A R 409 A		R 134a R 290/ R 600 a
Generadores de agua helada (Chillers)	CFC	R11 R12 Amoníaco	HCFC	R 123		R 134a Amoníaco
Frio comercial (>0 °C)	CFC	R12	HCFC HCFC HCFC	R 22 R 401 A R 409 A	HFC	R 134a
Frio comercial (<0 °C)	CFC	R502	HCFC HCFC	R 402 A R 408 A	HFC HFC	Amoníaco R 404 A R 507 A
Frio Industrial	HCFC	R22 Amoníaco	HCFC	R 22	HFC HFC	R 404 A R 507 A Amoníaco
Frio baja temperatura	CFC	R13 R 503			HFC HFC	R 23 R 508 B
Aire Acondicionado	HCFC CFC	R22 R12	HCFC	R 22	HFC HFC HFC HFC	R 134 a R 407 C R 417 A R 410 A
Aire acondicionado del automóvil	CFC	R12			HFC	R 134 a

RANGO DE TEMPERATURA DE APLICACION DE LOS REFRIGERANTES

Tabla 4 Rango de Temperatura de Aplicación para Refrigeración

REFRIGERACIÓN (°C)						
Evaporación	20	0	-20	-60	-80	-100
R-134a / R-413A		12.5	-15	-30		
R-404A / R-507		7.5		-45	-60	
					2 etapas	
R-23				-50		-85
					CASCADA	
R-22		12.5		-25 -40		
R-409A		12.5		-30		
R-408A		7.5		-45 -60		
					2 etapas	
				-30		
R-403 B.				-45		
					2 etapas	
				-30 -60		

Tabla 5 Rango de Temperatura de Aplicación para Acondicionamiento de Aire

ACONDICIONAMIENTO DE AIRE (°C)						
Evaporación	20	0	-20	-60	-80	-100
R-407 C		12.5	-10	-25		
R-410 A		7.5		-45		
					2 etapas	
R-134 a		12.5		-30		
R-417A		12.5		-25		
R-22		12.5		-25 -40		

Tabla 1 Rango de Temperatura de Aplicación para A/C Automotriz

A/C AUTOMOTRIZ (°C)						
Evaporación	20	0	-20	-60	-80	-100
R-134 a		12.5	-15	-30		
R-413 A.		12.5	-15	-30		



Aplicación con limitaciones.



Gase s HFC. Uso definitivo.



Gase s HCFC. Uso limitado en el tiempo.

REFRIGERANTES ALTERNATIVOS Y DEFINITIVOS

Los Clorofluorocarbonos (CFCs) están desapareciendo progresivamente para proteger el ozono. Los Estados Unidos se comprometieron a una reducción total de la producción de los (CFCs) para fines de 1995. El Protocolo de Montreal estableció el primero de enero de 1996, como la fecha de la reducción total (CFCs). Este plan de reducción total requerirá que casi todas las industrias recuperen o reciclen los (CFCs), y que utilicen productos alternativos los cuales sean ambientalmente aceptables.

Los refrigerantes alternativos están compuestos de Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y Hidrofluorocarbonos (HFC). Los HFCs no contienen cloro y tienen cero potencial de agotamiento del ozono. Los HCFCs, que si contienen cloro, tienen un potencial de agotamiento del ozono del 97% menos que los CFCs. Esto se debe a que con la adición de uno o dos átomos de hidrógeno permiten que se separen más rápido en la atmósfera baja, así que menos moléculas dañinas de cloro llegan al ozono.

Estos productos tienen una característica de desempeño similar a los CFCs pero con un impacto ambiental reducido.

Tabla 7 Sustitución de los Refrigerantes CFCs

REFRIGERANTES ALTERNOS A LOS CFC					
REFRIGERANTE ANTERIOR	TIPO DE ACEITE ANTERIOR				TIPO DE ACEITE RECOMENDADO
		DROP-IN	RETROFIT	REEMPLAZO	
R-11	AM/AB		R-123		AM/AB
R-12	AM/AB		R-413A		AM / AB / POE
			R-406A		AM / AB
				R-404A	POE
			R-422D		AM / AB / POE
			R-423 A		POE
			R-401A		AM / AB / POE
			R-409A		AM / AB / POE
			R-401B		AM / AB
			R-402A		AM / AB
			R-416A		POE
			R-414B		AM / AB
			R-426A		POE
				R-134a	POE/ PAG (A/A Auto)
				R-600a (Isobutano)	AM / AB / POE/PAG
			R-290 (Propano)		AM / AB / POE/PAG
			Mezcla R-600a / R-290		AM / AB / POE/PAG
R-13	AM/AB			R-508 B	POE
R-23	POE			R-508 B	POE
R-500	AM/AB/POE		R-401B		AM / AB
R-503	AM/AB			R-508 B	POE
R-502	AM/AB/POE		R-422A		AM / AB / POE
			R 404 A		POE
			R 402 A		AM / AB
			R 408 A		AM / AB
				R 507	POE
			R 402 B		AM / AB
			R-508B		POE
			R-1270 (Propileno)		AM / AB / POE/PAG

Mineral (M)

Alquil benceno (AB)

Poliolèster (POE)

Polialquilenglicol (PAG)

Tabla 8 Sustitución de los Refrigerantes HCFCs

REFRIGERANTES ALTERNOS A LOS HCFC					
REFRIGERANTE ANTERIOR	TIPO DE ACETE ANTERIOR				TIPO DE ACETE RECOMENDADO
		DROP-IN	RETROFIT	REEMPLAZO	
R-22	AM/ AB/ POE		R-427A		POE
		R-422D			AM / AB / POE
			R-404A		POE
			R-507A		POE
			R-424A		POE
			R-407C		POE
		R-422A			AM / AB / POE
		R-417A			AM / AB / POE
			R-428A		POE
			R-434A		POE
			R-507		POE
			R-290 (Propano)		AM / AB / POE/PAG
			R-1270 (Propileno)		AM / AB / POE/PAG
			Mezcla R-290 / R-170 (Etano)		AM / AB / POE/PAG
		410A	Solo Equipo Nuevo		POE
R-409A	AM / AB / POE		R-426A		POE

Aceite Mineral (AM) Alquil benceno (AB) Poliolèster (POE) Polialquilenglicol (PAG)

Tabla 9 Sustitución de los Refrigerantes HFCs

REFRIGERANTES ALTERNOS A LOS HFC					
REFRIGERANTE ANTERIOR	TIPO DE ACETE ANTERIOR				TIPO DE ACETE RECOMENDADO
		DROP-IN	RETROFIT	REEMPLAZO	
R-134a	POE / PAG			R-600a (Isobutano)	AM / AB / POE/PAG
			Mezcla R-600a / R-290		AM / AB / POE/PAG
R-404A	POE		R-290 (Propano)		AM / AB / POE/PAG
			R-1270 (Propileno)		AM / AB / POE/PAG
			Mezcla R-290 / R-170 (Etano)		AM / AB / POE/PAG
R-407C	POE		R-290 (Propano)		AM / AB / POE/PAG
			R-1270 (Propileno)		AM / AB / POE/PAG
			Mezcla R-290 / R-170(Etano)		AM / AB / POE/PAG

Aceite Mineral (AM) Alquil benceno (AB) Polioléster (POE) Polialquilenglicol (PAG)

Nota: Para tabla 8 y 9

Denotaciones comerciales de HC's se indican a continuación.

Care 10(R-600a): Requiere un compresor específico para R-600a

Care 30(R-600a / R-290): Puede utilizar compresor para R-12 y R-134a o un compresor específico para Care 30

Care 40(R-290): Puede utilizar compresor para R-502, R-22 y R-404A o un compresor específico para Care 40

Care 45(R-1270): Puede utilizar compresor para R-22 y R-404A o un compresor específico para Care 45

Care 50(Mezcla R-290 /R-170): Puede utilizar compresor para R-22 y R-407C o un compresor específico para Care 50

VENTAJAS Y DESVENTAJAS AL UTILIZAR REFRIGERANTES PUROS Y MEZCLAS

Ventajas de utilizar refrigerantes puros y mezclas Azeotrópicas:

- Se pueden cargar en fase de gas y líquida.
- No hay deslizamiento o fraccionamiento.
- La temperatura y presión se mantienen constantes durante el cambio de fase.
- Las fugas no alteran su composición.

Desventajas de las mezclas No Azeotrópicas de refrigerante.

- Se deben cargar necesariamente en fase líquida.
- Existe un deslizamiento dependiendo del tipo de mezcla.
- La temperatura y presión no se mantienen constantes durante el cambio de fase.
- Las fugas alteran su composición.

EL AMONIACO COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN A LOS CFCs

Con el incremento de las regulaciones en el uso de los refrigerantes basados en clorofluorocarbonos (CFCs), Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) e Hidrofluorocarbonos (HFCs), y la eliminación de los CFCs y HCFCs se investigaron activamente otros refrigerantes alternativos para la sustitución en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado existentes. Los refrigerantes alternativos deben tener características termodinámicas similares a los halocarburos y ser seguros para su manejo y amigables con el medio ambiente.

El amoníaco es un refrigerante alternativo natural para sistemas de refrigeración industrial, utilizado principalmente en la industria alimenticia, fabricación de bebidas gaseosas, barcos pesqueros, etc. Tiene un punto de vaporización bajo (-33°C), un potencial de disminución de la capa de ozono cero cuando se libera a la atmósfera y un alto calor latente de vaporización (9 veces mayor que el R-12). Adicionalmente, el amoníaco en la atmósfera no contribuye directamente al calentamiento global.

Como ventajas importantes para el amoníaco encontramos que es un refrigerante ecológico de bajo costo y de gran capacidad termodinámica, fácil disponibilidad en el mercado y su facilidad de detección en el caso de fugas.

Como desventaja podemos considerar su toxicidad que puede generar daños al personal técnico involucrado en la operación de los sistemas, teniéndose quemaduras de 1er. hasta 3er. grado y en algunos casos hasta la muerte.

En los últimos años hay una tendencia creciente para el uso del amoníaco como refrigerante, estas tendencias vienen tanto de organismos internacionales como de las políticas de algunos países.

Por último es importante considerar que en los cambios de refrigerante CFCs y HCFCs por amoníaco se deben de cambiar prácticamente todos los componentes del sistema de refrigeración en virtud de que en los sistemas originales se utilizan tuberías de cobre y algunos componentes con este mismo material el cual es atacado por el amoníaco, por lo tanto los sistemas de amoníaco utilizan tuberías de acero al carbón al igual que sus componentes y accesorios, esto significa que estaríamos hablando de proyectos más costosos lo cual es viable en aplicaciones industriales generalmente.

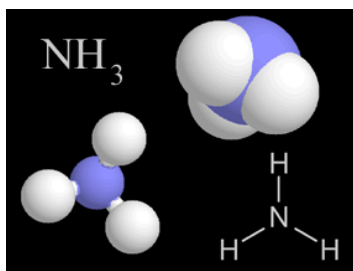


Figura 43 Composición Química del Amoniaco

DISPONIBILIDAD DE REFRIGERANTES SUSTITUTOS EN EL URUGUAY

Algunos refrigerantes provienen de China e India algunos como la marca Genetron de México como el R-12 / R-22 /R-507 /R-407 / R-410 /R-406a, muy poco de Dupont (R-413A, R-401A, R-401B, R-402A, R-404A, R-134a), incluso también hay chinos de éstos refrigerantes y el R-502 no se encuentra disponible.

El súper gas Ancap en 50 y 50 de propano y butano pero no se realiza una mezcla perfecta por lo que pueden variar los porcentajes en +/- de la mezcla hasta 30% o más.

Tabla 10 Marcas Comerciales de Refrigerantes en el Uruguay

REFRIGERANTE	FABRICANTE	PRESENTACION COMERCIAL EN Kg.
R-12	Du-pont	13.6, 22.7
R-502	National	13.6
R-22		
R-507		
R-401A	Du-pont	13.6
R-402A	Du-pont	13.6
R-406A		
R-413A	Du-pont	13.6
R-407C		
R-141b		13.6
R-134a	Du-pont	13.6
R-508B	Du-pont	4
R-600a	Vulkan Lokring	420 gr.
HC SUPERGAS	Ancap	

REFRACTÓMETRO MANEJO Y GRAFICA PARA ANÁLISIS DE ACEITES LUBRICANTES

Es un aparato óptico que mide el índice de refracción de los aceites utilizados para compresores de refrigeración.

Sirve para controlar la cantidad de aceite residual mineral que queda en el aceite cuando se hace una reconversión de un sistema CFC/HCFC (R-12, R-502 y R-22) a HFC (R-134a, R-404A y R-407C).

Es útil para los técnicos en refrigeración, en una reconversión directa a refrigerantes definitivos HFCs, es esencial limpiar el sistema hasta que quede menos de 3-5% de aceite mineral en el nuevo aceite polioléster.



Figura 44 Refractómetro

Para conseguirlo se hacen varios cambios de aceite, sustituyendo el aceite del cárter por aceite nuevo. Después de cada cambio se introduce una muestra de aceite extraído del cárter en el refractómetro de mano y se lee su índice de refracción, lo que permite saber el porcentaje de aceite mineral que queda en el sistema mediante el trazo en una grafica o mediante un cálculo.

Removido del Aceite Mineral

Cuando tenemos que realizar un cambio de refrigerante a partir de un CFC por un definitivo por ejemplo un R 134a o un R 404A, tenemos que realizar un proceso de limpieza del aceite mineral (Flushing) para no dejar más de un 5% de aceite mineral en el sistema.

- ❖ Remover la mayor parte del aceite mineral.
- ❖ Recargar el aceite POE.
- ❖ Correr el sistema por un mínimo de 24 hrs.
- ❖ Remover la mezcla de aceites AM y POE.
- ❖ Recargar con POE.
- ❖ Correr el sistema por un mínimo de 24 hrs.
- ❖ Checar el residuo de aceite mineral en el compresor si no es 5% o menos, repetir desde 4, hasta llegar a los valores recomendados.

Para la medición del residuo de aceite mineral

1. Se puede utilizar dos tipos de refractómetros
 - Refractómetro óptico.
 - Refractómetro digital (electrónico).

Los refractómetros mencionados deben tener una escala de medición entre los 58 a 92 % BRIX.

2. Existen kits químicos (no reusables).
3. Laboratorios independientes que ofrecen servicios de análisis del aceite.

Método de cálculo de aceite mineral residual

1. Tomar una muestra (min 5 cm³) del aceite original del sistema, del cárter del compresor.
2. Tomar una muestra de aceite polioléster nuevo que se va a introducir.
3. Tomar una muestra de aceite del cárter a analizar después de cada cambio de aceite y periodo de funcionamiento de la instalación.
4. Des gasificar las muestras de aceite previamente.
5. Las muestras de aceite deben estar todas a la misma temperatura.
6. Medir el índice de refracción de la muestra.
7. Para calcular la cantidad de aceite mineral realmente se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de aceite mineral} = \frac{X - E}{M - E} 100$$

X= Índice de refracción de la muestra analizada (AM + POE).

M= Índice de refracción de aceite original del sistema (AM).

E= Índice de refracción del aceite polioléster nuevo (POE).

Método grafico de cálculo de aceite mineral residual

Este método difiere del anterior en que es más rápido, considerando que el técnico en campo tiene la posibilidad de recabar información determinada por el refractómetro y realizar un trazo en la grafica como se indica:

Medición de Residuo Mineral vs. POE

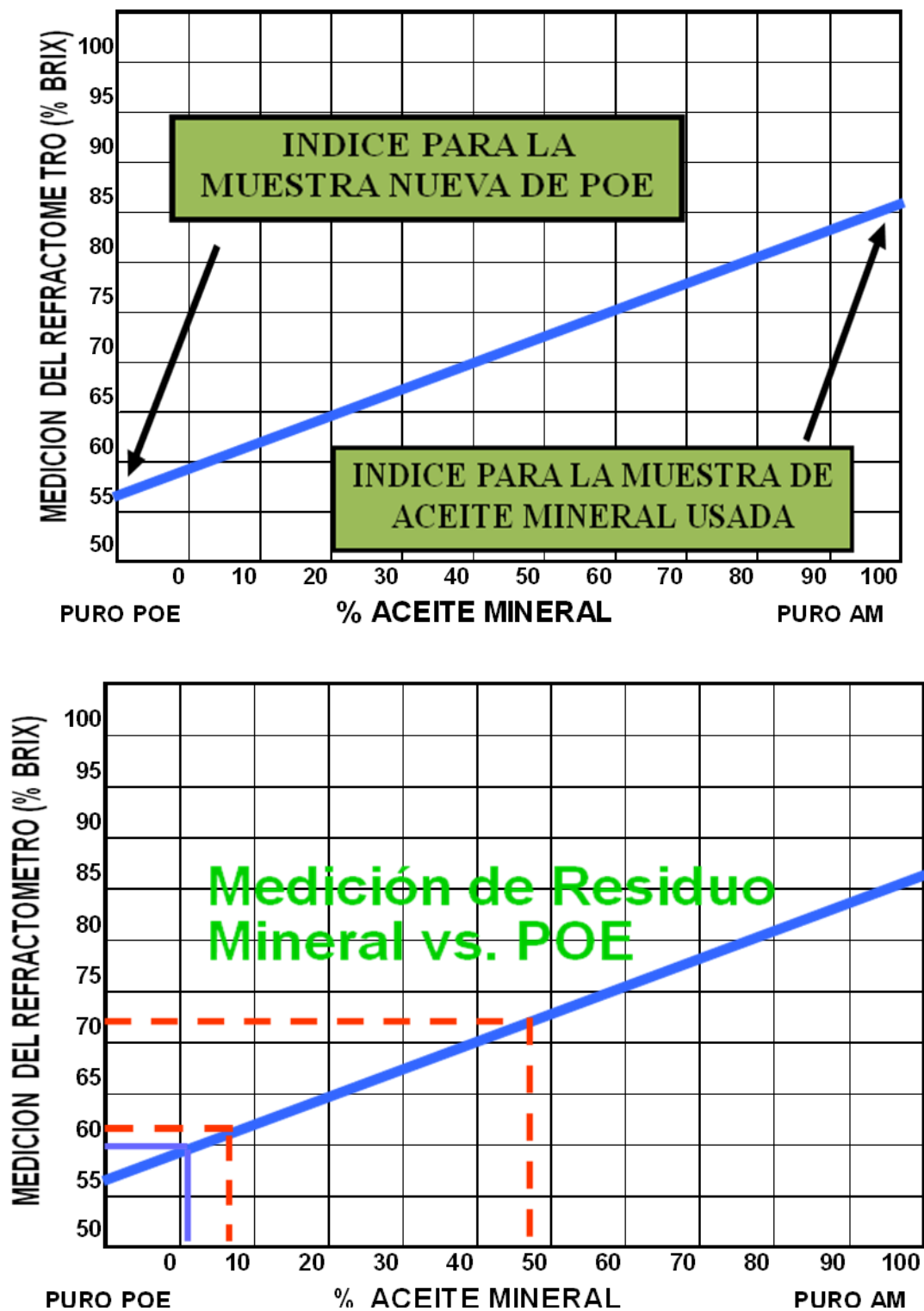


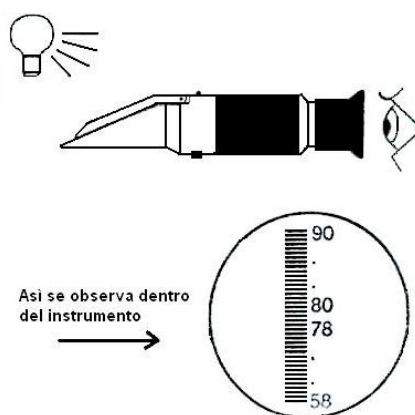
Figura 45 Medición de Residuo de Aceite Mineral vs. POE

Uso del Refractómetro:

- Muestra de aceite mineral original (usada en el sistema).
- Muestra de aceite POE nueva.
- Muestra a medir la composición.
- Papel cuadriculado (lineal) para gráficos.
- Refractómetro de 58 a 92 % brix.

Instrucciones de uso del refractómetro:

1. Orientar el extremo frontal del refractómetro hacia una fuente de luz, y ajustar el cilindro de ajuste hasta que la escala se pueda ver nítida

**Figura 46 Ajuste para Observar la Escala**

2. Para efectuar la calibración: abrir la tapa de la placa captadora de luz. Agregar 1 o 2 gotas de solución calibradora en el prisma. Cerrar la tapa y presionar ligeramente. De esta manera la muestra se expande por toda la superficie del prisma sin que existan burbujas de aire o zonas secas. Esperar que la muestra repose en el prisma por 30 segundos aproximadamente. A continuación ajustar el tornillo de calibración hasta hacer que la línea límite entre el blanco y el azul coincidan con el valor de la solución calibrada. La calibración del refractómetro debe ser realizada a 20°C (68°F) de temperatura ambiente. Todos los refractómetros son calibrados en planta.

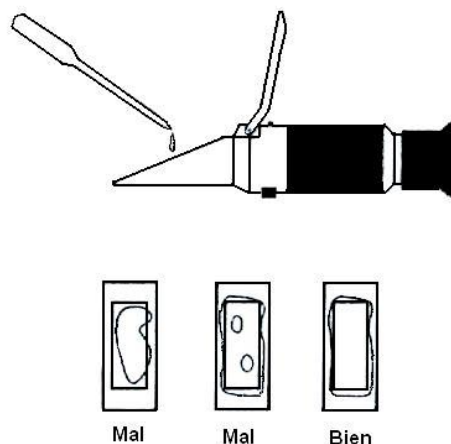


Figura 47 Prisma del Refractómetro

3. Para realizar una medición: Abrir la tapa del captador de luz. Limpiar la superficie del prisma con algodón suave. Agregar 1-2 gotas de la solución medida. Cerrar la tapa presionando ligeramente. De esta manera la muestra se expande por toda la superficie del prisma sin que existan burbujas de aire o zonas secas. Esperar que la muestra repose en el prisma por 30 segundos aproximadamente. A continuación se hace la lectura de la escala en donde coincida la línea límite entre el blanco y el azul.
4. Después de la medición, hacer una limpieza de la solución en la superficie del prisma y en la cara interior de la tapa con un paño húmedo. Una vez seco, se debe de guardar dentro de su caja, en un lugar seco y de temperatura moderada (entre 50°F y 86°F/ 10°C y 30°C). El prisma se puede enmohecer, por lo que mantenerlo seco es importante. El desecante suministrado en su caja es un buen protector.

Mantenimiento:

1. Para asegurar y mantener la precisión de la prueba, es necesario efectuar recalibraciones.
2. Para hacer una calibración: el líquido y el refractómetro deberán estar a la misma temperatura. Si la temperatura varía notablemente (mas de 5°F/ 2.8° C), el punto de referencia deberá de ser ajustado una vez cada 30 minutos.
3. Después de ser usado, no lavar el instrumento con agua, de este modo se evita que el agua pase al interior del instrumento. ¡nunca lo sumerja en agua o en una solución limpiadora! Limpiarlo siempre con cuidado usando unas pocas gotas de agua o alcohol isopropílico. Secar con un trapo de algodón limpio.
4. Dado que se trata de un instrumento óptico de precisión deberá ser manipulado y mantenido con cuidado. No tocar o arañar la superficie óptica. Mantener en un ambiente seco, con aire limpio y no corrosivo, de este modo se evitara que su superficie adquiera moho o humedad. Evite golpes fuertes durante su transporte.

SEGURIDAD EN EL MANEJO DE REFRIGERANTES (ASHRAE STANDARD 34)**Seguridad**

Toxicidad y flamabilidad de los refrigerantes.

El estándar 34 de ASHRAE clasifica a los refrigerantes de acuerdo al daño involucrado en su uso.

La clasificación de la toxicidad y flamabilidad de los refrigerantes considera 6 grupos (A1, A2, A3, B1, B2, y B3).

Los refrigerantes A1 son menos dañinos y los del grupo B3 son más dañinos.

La clasificación de seguridad de acuerdo al estándar de ASHRAE 34-2004 consiste en una letra mayúscula y un número. La mayúscula designa la clase de toxicidad basada en una exposición permisible:

- Clase A: La toxicidad no ha sido identificada en concentraciones menores o igual que 400 ppm por volumen, basada en datos usados para determinar el valor límite de peso promedio. (TLV-TWA) o índices consistentes.
- Clase B: Hay evidencia de toxicidad en concentraciones abajo de 400 ppm por volumen, basados en datos usados para determinar TLV-TWA o índice consistentes.

Los números denotan la inflamabilidad:

- Clase 1: No hay propagación de la flama en el aire a 158 °C (70°F) y 14.7 psia.
- Clase 2: límite de flamabilidad más bajo (LFL) mayor que 0.00625 lb/ft³ a 158 °C (70°F) y 14.7 psia y calor de combustión menos de 8174 Btu/lb.
- Clase 3: Altamente inflamable definido por LFL menor o igual que 0.00625 lb/ft³ en 158°C (70°F) y 14.7 psia o calor de combustión mayor o igual a 8174 Btu/lb.

Tabal 11 Seguridad de los CFCs

REFRIGERANTES CFC	
REFRIGERANTE	SEGURIDAD
R-11	A1
R-12	A1
R-13	A1
R-23	A1
R-500	A1
R-502	A1
R-503	A1
R-113	A1
R-114	A1

Tabal 12 Seguridad de los HCFCs

REFRIGERANTES HCFC	
REFRIGERANTE	SEGURIDAD
R-401A	A1
R-401B	A1
R-409A	A1
R-408A	A1
R-402A	A1
R-402B	A1
R-123	B1
R-22	A1
R-124	A1
R-403B	A1
R-414B	A1
R-416A	A1

Tabal 13 Seguridad de los HFCs

REFRIGERANTES HFC	
REFRIGERANTE	SEGURIDAD
R-422A	A1
R-404A	A1
R-507	A1
R-417A	A1
R-422D	A1
R-410A	A1
R-407C	A1
R-413A	A2
R-134a	A1
R-23	A1
R-422B	A1
R-508B	A1

Tabal 14 Seguridad de los HCs

REFRIGERANTES HC	
REFRIGERANTE	SEGURIDAD
R-600	A3
R-600a	A3
R-1270	A3
R-290	A3
R-170	A3

Tabal 15 Seguridad de los Inorgánicos

REFRIGERANTES INORGANICOS	
REFRIGERANTE	SEGURIDAD
R-717	B2
R-744	A1

Precauciones para el Manejo de los Refrigerantes HFCs

- Los HFCs tienen riesgos igual que los CFCs, son inflamables.
- Los aceites PAG y POE son más peligrosos en su manejo que el aceite mineral.

Seguridad en el Manejo de HFCs

- Los refrigerantes HFCs tienen riesgos similares a los CFCs y HCFCs.
- Los refrigerantes HFCs se descompondrán si son calentados, los productos de la descomposición son ácidos muy agresivos, se deberá evitar flamas abiertas y ventilar el área de trabajo.
- Para realizar pruebas de fugas utilice nitrógeno, añádale 0.5 bar de presión de refrigerante R-134a.
- La presión de un cilindro o un sistema no debe exceder los 300 psig., equivalente a 76°C de temperatura de saturación, para el caso de R-134a.

ASIGNACIÓN DE LA CODIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES BAJO EL STÁNDAR 34 DE ASHRAE

Sabemos que los nombres de los gases refrigerantes inician con la letra “R” y después aparece un numero como el 22 o el 404A, etc. Pero ¿Que significa y porque tal designación?

La respuesta está basada en una norma llamada Standard 34 en la cual intervinieron ANSI y ASHRAE.

La tabla de seguridad para los gases refrigerantes, se basa en la toxicidad y la inflamabilidad del gas.

La clasificación de la toxicidad de los gases está basada en los índices TLV/TWA.

“TLV” (Threshold Limit Value).- Concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 hrs. por día, cinco días a la semana, durante 40 años.

“TWA” (Time-Weighted Average).- Concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día. Los gases refrigerantes están clasificados en dos clases, dependiendo del tiempo máximo permisible en que una persona puede estar expuesta a éstos.

La intención de este Standard es la de referirse, por un método simple, a los refrigerantes con números y letras, en vez de utilizar el nombre químico del gas, fórmula o marca.

Tabla 16 Algunas características de clasificación del Standard 34

Serie	Nombre	Gas
000	Metanos	R-12
100	Etanos	R-134a
200	Propanos	R-290
400	Zeotropos	R-401A
500	Azeotropos	R-502
600	Orgánicos	R-600a
700	Inorgánicos	R-717

La letra minúscula denota un gas isómero (Los isómeros son compuestos que tienen la misma fórmula molecular pero diferente fórmula estructural y por tanto diferentes propiedades), ejemplo en el R-134a. Esta indica la simetría en pesos atómicos. El más simétrico (equilibrado) no tiene letra y al aumentar la asimetría se colocan las letras a, b, c, etc.

La letra mayúscula denota una mezcla zeotrópica y quedan dentro de la serie 400. Ejemplo en el R-401A. Las letras A, B, C, a la derecha del número se utilizan para diferenciar mezclas con los mismos componentes pero con diferente proporción. Ejemplos: R-401A, R-401B, R-407C

Si la mezcla es azeotrópica queda en la serie 500 y el número es arbitrario, responde al orden de aparición del refrigerante. Ejemplos: R-502, R-507

Para los refrigerantes inorgánicos se reserva la serie 700. Ejemplo: R-717 que es el amoníaco y el agua el R-718.

COMO SELECCIONAR EL REFRIGERANTE ADECUADO PARA LA RECONVERSIÓN.

En cumplimiento de los acuerdos suscritos en Protocolo de Montreal, los fabricantes de refrigerantes y sustancias SAO han lanzado al mercado alternativas equivalentes que sustituyen a todas esas sustancias y en ese sentido han desarrollado nuevos productos, que hasta el momento no es posible afirmar si permanecerán como definitivos o solo serán utilizados temporalmente mientras se desarrollan otras alternativas que satisfagan más ampliamente las condiciones ambientales, de seguridad y económicas.

R-134a.

Es un refrigerante HFC identificado químicamente como $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, no es inflamable y posee niveles de toxicidad aceptables. Entre todos los sustitutos desarrollados el R134a ha sido aceptado

en un amplio rango de aplicaciones puesto que su rendimiento termodinámico es equivalente al del R12 cuando la temperatura de evaporación es de -2°C . Sin embargo, cuando la temperatura desciende hasta -18°C , el rendimiento aminora proporcionalmente, llegando a ser 6% inferior y cuando la temperatura se ubica en 10°C el rendimiento aumenta igualmente hasta en un 6%, lo cual hace que su empleo como sustituto no sea ideal en todos los casos, habiéndose desarrollado mezclas que operan mejor en condiciones de trabajo de baja temperatura de evaporación, que es donde el R134a no se comporta aceptablemente. Este es un compuesto halogenado sin átomos de cloro [Cl] pero si de flúor [F]. Podemos apreciar en tabla número 1 que el R134a tiene un PAO igual a 0 pero su potencial de calentamiento global PCG es 1300. Esta es la razón por la cual no se le puede considerar un gas ideal para reemplazar definitivamente al R12. Su empleo requiere tener en cuenta ciertas características que le son propias y lo diferencian de alguna manera en su aplicación con relación al R12 que sustituye.

Tanto el HFC 134a como el HCFC 22, en condiciones de exposición a humedad, absorben mayor cantidad de agua en estado líquido (son más higroscópicos) que el CFC 12; por tal razón será menos probable que se llegue a bloquear un capilar en un sistema de baja temperatura, pero esto no reduce la necesidad de usar un filtro deshidratador apropiado, pues la humedad atrapada en el refrigerante, reacciona químicamente con este produciendo ácido fluorhídrico, cuyo efecto corrosivo sobre los metales es altamente dañino para el sistema. La selección de los tubos capilares debe ajustarse al nuevo gas, pues el HFC134a tiene un efecto refrigerante mayor que CFC12, reduciendo la masa necesaria para la misma aplicación, por lo tanto se debe, aumentar la longitud, o reducir el diámetro interno (lo que depende de la disponibilidad de diámetros de capilares en existencia; una vez tomada esta decisión se ajusta la longitud necesaria hasta encontrar el punto de equilibrio del sistema); siendo siempre necesario hacer evaluaciones posteriores con el sistema en funcionamiento para verificar presiones y temperaturas para la carga de refrigerante especificada.

DIAGRAMA DE MOLLIER Y LA UTILIZACIÓN EN LOS CÁLCULOS

En el diagrama la línea de saturación (borde de la campana de cambio de fase) es una línea de importancia. Separa la zona de líquido saturado de la zona de vapor sobrecalentado.

Dentro de la campana de cambio de fase las isóbaras se confunden con las isotermas. Es decir si la condensación es a presión constante, también será a temperatura constante. Una propiedad importante de estas líneas de condensación es que son rectas.

El punto de origen del diagrama de Mollier (coordenadas 0) depende del constructor del diagrama.

El diagrama de Mollier es utilizado como una herramienta de trabajo para identificar el comportamiento de los componentes de un sistema de refrigeración en forma teórica esto nos

permite identificar los parámetros principales de medición como son la presión, temperatura, entalpía, volumen específico y entropía, así como el estado termodinámico del refrigerante, durante los procesos termodinámicos que se desarrollan durante la producción de frío.

Las condiciones reales difieren de las condiciones teóricas en virtud del comportamiento del refrigerante a través del circuito, es decir principalmente por las caídas de presión, así como las temperaturas exteriores del medio ambiente sobre el circuito de refrigeración, entonces podemos concluir que el diagrama de Mollier es de utilidad para el análisis de los sistemas de refrigeración considerando que cada refrigerante tendrá su propio diagrama de Mollier, el análisis de los sistemas de refrigeración en estos sistemas nos pueden permitir identificar cuando los parámetros de operación están fuera de los rangos de diseño, es decir podemos llegar a diagnosticar problemas reales a través del análisis y manejo de estos diagramas.

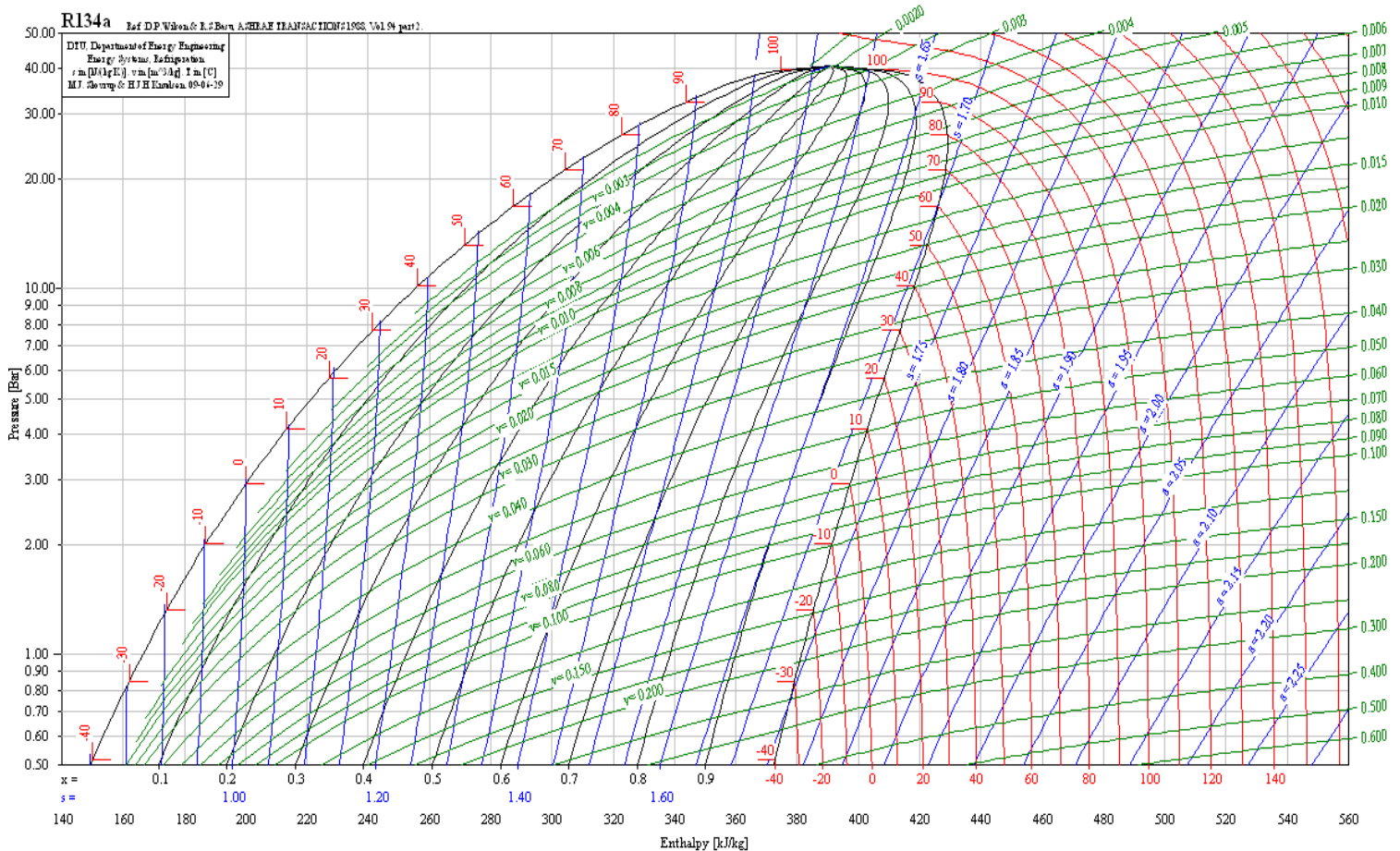


Figura 48 Diagrama de Mollier del Refrigerante R-134a.

CILINDROS DE REFRIGERANTES CODIFICACIÓN DE COLORES Y PRESENTACIONES COMERCIALES

Existe un código de colores en los recipientes de los refrigerantes (ARI GUIDELINE N), que asigna un determinado color para los recipientes de cada refrigerante. Estos códigos intentan ser una guía para productores, compañías de ingenierías, instaladores y usuarios de los refrigerantes en general.

R-11		R-409A	
R-12		R-410A	
R-134a		R-417A	
R-22		R-422A	
R-23		R-422D	
R-404A		R-427A	
R-407C		R-502	
R-408A		R-507A	

Figura 49 Código de Colores

Basándonos en el proveedor de refrigerantes National podemos hacer mención de la capacidad de los cilindros que se utiliza para cada refrigerante, las diferentes capacidades se mencionan a continuación:

5 lb	9 lb	15 lb	20 lb	30 lb	50 lb	70 lb	100 lb	125 lb	650 lb	1,000 lb	1,750 lb
------	------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	----------	----------



Figura 50 Cilindros de los Refrigerantes

La codificación de los refrigerantes se apoya sobre la norma internacional ISO 817:

El símbolo **R** surge de la palabra **Refrigerante**.

- La primer cifra comenzando del lado izquierdo designa el número de átomos de carbono – 1 (Cuando los átomos de carbono son cero se omite).
- La segunda cifra designa el número de átomos de Hidrógeno +1.
- La tercera cifra designa el número de átomos de Flúor.

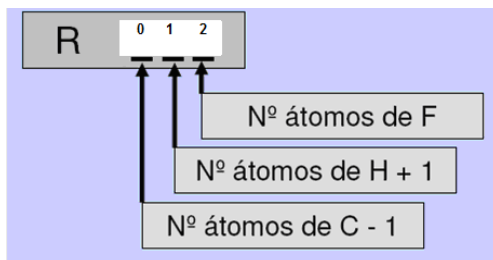


Figura 51 Codificación del Refrigerante R-12

Cuando hay bromo se adiciona una B posterior a los números y el número de átomos de Bromo por ejemplo: R12B1, R 114B2.

Las composiciones inorgánicas (serie 700)

A la cifra 7 se le adicionará la masa molecular a 2 dígitos.

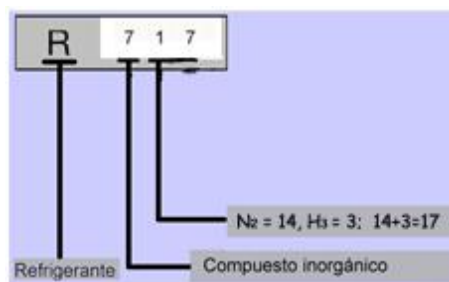


Figura 52 Codificación del Refrigerante R-717

NH₃: R 717 (Amoniac) H₂O: R 718 (Agua)

CO₂: R 744 (Dióxido de Carbono)

Las mezclas Zeotrópicas (Serie 400)

A la cifra 4 se le adicionará un número arbitrario de la mezcla, en general por orden de aparición, más la letra A, B, etc. dependiendo de las diversas proporciones de la mezcla.

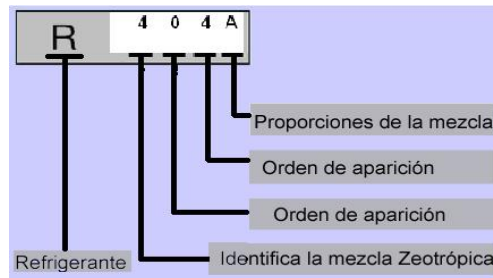


Figura 53 Codificación del Refrigerante R-404A

Las mezclas Azeótropas (500)

A la cifra 5 se le adiciona un número arbitrario de la mezcla, más la letra A, B, etc. dependiendo de las diversas proporciones de la mezcla.

Compuestos orgánicos cíclicos se coloca una C antes del número ejemplo C316 ($C_4Cl_2F_6$)

Serie 1000 compuestos orgánicos insaturados.

Al número anterior se le adiciona el número 1 antes de los 3 dígitos ejemplo (R 1150 etileno ó R 1270 Propileno).

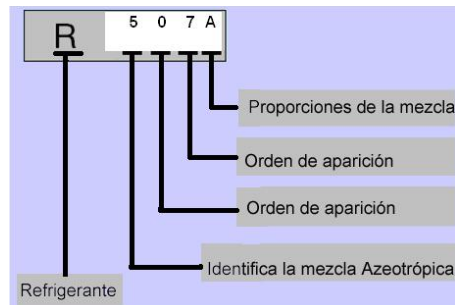


Figura 54 Codificación del Refrigerante R-507A

SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTES

Funcionamiento del Detector de Fugas

Un instrumento de detección de fugas mide la cantidad de fluido, aire o gas que se pierde bajo una serie de condiciones determinadas.

Por tal razón es importante establecer tanto las tasas de fuga como las condiciones operativas a fin de realizar una detección adecuada.

- Agua con Jabón
- Detección de Fugas por Infrarrojos

- Detector de Fugas Electrónico
- Detector de Fugas por Trazador Fluorescente

Agua con Jabón

Consiste en untar agua mezclada con jabón con la ayuda de un pincel los lugares susceptibles de tener fuga de gas. Es muy efectiva en exteriores, ya que no le afecta el viento.

Detección de Fugas por Infrarrojos

El detector de fugas utiliza una célula sensor de absorción infrarroja, extremadamente sensible a todos los refrigerantes, y solamente a estos, incluso con las más nuevas mezclas HFC. La célula tiene una vida útil de cerca de 800 horas.

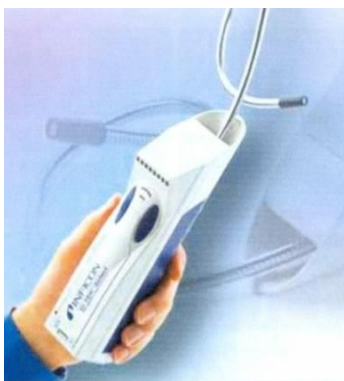


Figura 55 Detector de Fugas Infrarrojo

Características Generales

- 3 gm/ sensibilidad anual. Detecta HFC, HCFC y CFC.
- 800 horas de vida útil de la célula.
- Detecta sólo refrigerantes: no reacciona con humo, humedad, flujos de aire o cambios en la temperatura.
- Su bomba de aire de alta eficiencia proporciona una rápida respuesta y limpieza.
- Los diagnósticos rápidos nos indican el estado de la carga, así como el posible fallo de la célula.
- Maletín plástico, cargador y filtros para la célula infrarroja.

Detector de Fugas Electrónico

Es el sistema más confiable para la detección de pérdidas de gases refrigerantes, supera ampliamente al nitrógeno, ya que permite localizar pequeñas fugas, que escapan a simple vista, además se evita forzar con excesiva presión, lo que provoca fugas innecesarias.



Figura 56 Detector de Fugas Electrónico

Características

- 3 Niveles de sensibilidad (5 niveles de detección).
- Indicador visual de fugas.
- Detecta fugas tan mínimas que 3 gr (1/10 oz) por año.
- Detecta todos los refrigerantes, CFC'S, HCFC'S, HFC'S.

Detector de Fugas por Trazador Fluorescente

Permite encontrar cualquier fuga de refrigerante de manera rápida y fiable. Mediante el uso de un aditivo colorante, miscible con cualquier tipo de aceite presente en la instalación, se mancha el lugar de fuga por donde escapa junto con el gas refrigerante. Esta mancha es visible gracias a la utilización de una lámpara y en ocasiones es necesario el uso de lentes.



Figura 37 Detección de Fuga por Trazador Fluorescente

Principales Ventajas:

- El aditivo es miscible con cualquier gas refrigerante, de forma que se podrá utilizar tanto en instalaciones que funcionan con aceite mineral como las que funcionan con aceite polioléster.
- El reducido tamaño y el ligero peso de la lámpara permite acceder fácilmente a lugares donde no nos permite acceder la lámpara tradicional.
- El funcionamiento de la lámpara mediante baterías permite un uso de la misma menos limitado que la lámpara tradicional, donde el cable a la corriente limitaba los movimientos a realizar.



Figura 58 Equipo de Detección Fluorescente

IDENTIFICACIÓN DE REFRIGERANTES EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Es muy común que durante la implementación de un proyecto de cambios de refrigerante tengamos la necesidad de identificar el tipo de refrigerante ya sea en un cilindro de recuperación o en un sistema de refrigeración para ello es recomendable contar con un identificador de refrigerantes así como con un analizador de gases, mediante el método de medida no dispersivo por rayos infrarrojos identifica componentes y ámbito de medición detecta CFCs, HCFCs, HFCs y mezclas.

- El analizador permite durante la recuperación y reciclado de gases refrigerantes registrar los gases recuperados de acuerdo a su composición y evaluar la conveniencia de su regeneración o destrucción.
- El identificador de refrigerantes determina si la pureza del refrigerante están en un nivel industrialmente aceptable, mostrando la concentración, por ejemplo del R-134a, hidrocarburos, aire, refrigerantes convencionales como el R-22 así como los nuevos refrigerantes.

CARGA Y RECARGA DE REFRIGERANTE

Procedimiento de Carga de Refrigerantes para Mezclas Zeotrópicas (Serie 400) en Estado Líquido

Nota: También puede aplicarse este método con refrigerantes puros y mezclas Azeotrópicas (serie 500) y puros.

En primer lugar, es importante conocer el tipo de válvula de que disponen los cilindros de refrigerante que utilizamos.

Existen 2 Tipos de Válvulas:

1. Válvula de salida con sonda: En este caso, con el cilindro en posición "normal", esto es, con la válvula en la parte superior del cilindro, al abrir la llave de la válvula saldrá refrigerante en fase líquida. Si volteamos el cilindro de forma que la válvula quede en la parte inferior del cilindro, saldrá refrigerante en fase vapor. Los cilindros de acero de 25 y 60 kg corresponden a esta clasificación.
2. Válvula de salida sin sonda: En este caso, con el cilindro en posición "normal", esto es, con la válvula en la parte superior del cilindro, al abrir la llave de la válvula saldrá refrigerante en fase vapor. Si volteamos el cilindro de forma que la válvula quede en la parte inferior del cilindro, saldrá refrigerante en fase líquida. Los cilindros de acero de 12 kg corresponden a esta clasificación.

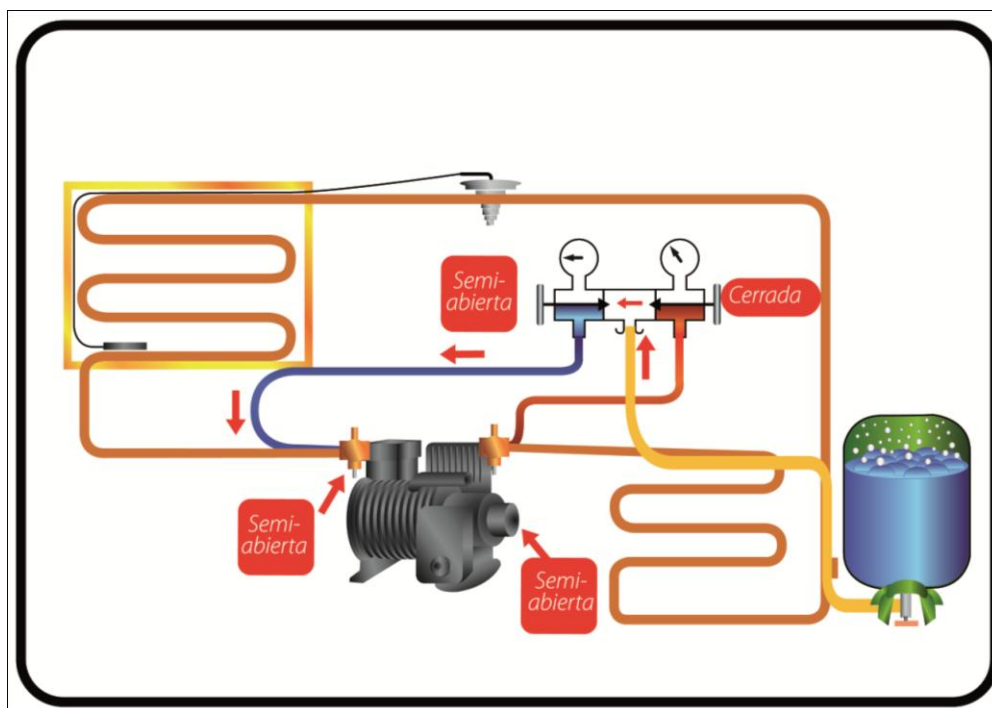


Figura 59 Carga de Mezcla Zeotrópica

Para Cargar Correctamente un Sistema de Refrigeración se Requiere:

- Un juego de manómetros.
- Un juego de mangueras flexibles
- Un cilindro refrigerante.
- Un termómetro de contacto.
- Realizar un vacío correcto a la instalación utilizando una bomba de vacío.

Nota: Los parámetros o capacidades de los equipos mencionados dependen para el sistema que se desea cargar.

Sistemas con Válvulas de Expansión.

- Conectar el cilindro de refrigerante a la toma central del juego de manómetros con una manguera flexible.
- Conectar con otra manguera flexible, la toma de alta del juego de manómetros a la parte de alta presión de la instalación: llave de carga, llave instalada en la tapa de la carcasa del filtro (si es del tipo de cartuchos reemplazables), o bien en la toma de carga de la válvula de entrada o salida del recipiente de líquido.
- Hacer vacío a las mangueras.
- Purgar las mangueras de carga con refrigerante del cilindro antes hacerles vacío.
- Poner el cilindro de refrigerante para que salga en fase líquida, cuando se utilice una mezcla Zeotrópica.
- Abrir la válvula del cilindro, la válvula del manómetro de alta del juego de manómetros y finalmente la válvula de carga de la instalación.
- Dejar entrar refrigerante en fase líquida hasta que se observe que no entra más (se igualan las presiones de el cilindro y de la instalación).
- Cerrar la válvula de carga de la instalación y la válvula del manómetro de alta del juego de manómetros.
- Conectar con otra manguera la toma de baja del juego de manómetros a una válvula de carga de la parte de baja presión de la instalación: Válvula de aspiración del compresor, válvula a la salida o entrada del evaporador. Purgar la manguera con refrigerante.
- Abrir la válvula de carga del lado de baja de la instalación. Mantener cerrada la válvula del manómetro de baja del juego de manómetros.
- Abrir la válvula del cilindro (dispuesto el cilindro para salir refrigerante en fase líquida).

- Abrir la válvula solenoide de líquido. Dejar que la presión suba al menos 1 bar por encima de la presión del presostato de baja, pero nunca por encima de la máxima presión de evaporación permitida como campo de trabajo del compresor.
- Poner en marcha el compresor.
- Abrir un poco la válvula del manómetro de baja del juego. De esta forma saldrá líquido del cilindro, y se expandiera en la válvula del juego de manómetros.
- Dejar que la presión del manómetro de baja se sitúe 1-1,5 bar por encima de la presión de baja del circuito.
- Si se observa que la manguera se escarcha, que el aceite del compresor hace espuma o que el ruido del compresor cambia, cerrar inmediatamente la válvula del juego de manómetros, esperar unos segundos a que dichos síntomas desaparezcan y repetir el punto anterior.
- Seguir de esta forma hasta que con el termómetro de contacto se verifique que el sobrecalentamiento de aspiración se sitúa en valores correctos.
- Comprobar, como observación complementaria, que en el visor de líquido no pasan burbujas continuamente. Aún con la instalación bien cargada se pueden observar algunas burbujas eventualmente.
- Cerrar la válvula del cilindro de refrigerante, así se vaciarán las mangueras de refrigerante y luego cerrar la válvula de carga del lado de baja de la instalación y retirar las mangueras flexibles.
- El proceso de carga ha finalizado.

Sistemas con Capilar.

- Conectar el cilindro de refrigerante a la toma central del juego de manómetros con una manguera flexible.
- Conectar otra manguera flexible a la toma de baja del juego de manómetros, abrir la válvula del cilindro de refrigerante para que salga fase líquida, abrir ligeramente la válvula del manómetro de baja del juego de manómetros para purgar la manguera y conectar con la carga del compresor.
- Cerrar la válvula del manómetro de baja presión del juego de manómetros.
- Poner en marcha el compresor.

- Abrir un poco la válvula del manómetro de baja del juego. De esta forma saldrá líquido del cilindro, y se expandirá en la válvula del juego de manómetros.
- Dejar que la presión del manómetro de baja se sitúe 1-1,5 bar por encima de la presión de baja del circuito.
- Si se observa que la manguera se escarcha, que el aceite del compresor hace espuma o que el ruido del compresor cambia, cerrar inmediatamente la válvula del juego de manómetros, esperar unos segundos a que dichos síntomas desaparezcan y repetir el punto anterior.
- Seguir de esta forma hasta que con el termómetro de contacto se verifique que el recalentamiento de aspiración se sitúa en valores requeridos.
- Comprobar, como observación complementaria, que en el visor de líquido no pasan burbujas continuamente. Aún con la instalación bien cargada se pueden observar algunas burbujas eventualmente.
- Cerrar la válvula del cilindro de refrigerante, así se vaciarán las mangueras de refrigerante y luego cerrar la válvula de carga del lado de baja de la instalación y retirar las mangueras flexibles.
- El proceso de carga ha finalizado.

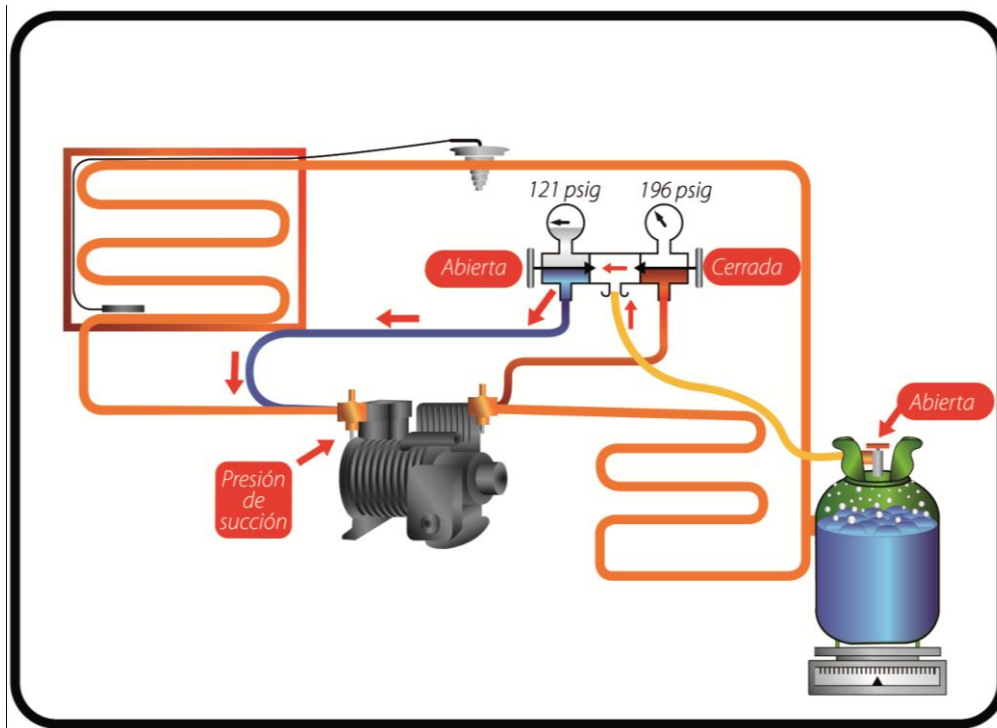


Figura 60 Carga de Mezcla Azeotrópica

RECUPERACIÓN, RECICLAJE Y REGENERACIÓN DE LOS CFCs REMOVIDOS

Debido a las leyes que gobiernan la liberación de refrigerantes Clorofluorocarbonados (CFCs) hacia la atmósfera, ha tenido como consecuencia el desarrollo de procedimientos para recuperar, reciclar y volver a utilizar los refrigerantes. La industria ha adoptado definiciones específicas para estos términos:

Recuperar

- Remover el gas refrigerante en cualquier condición de un sistema y almacenarlo en un contenedor externo.
- Sin analizarlo ni procesarlo.

Reciclar

- Limpiar el gas refrigerante para volverlo a utilizar.
- Este se puede hacer en sitio ó en el taller de servicio.

Regenerar (Reclaim)

- Reproceso del gas.
- Se deja hasta alcanzar las especificaciones de un gas nuevo.
- Se le práctica un análisis químico para cumplir con el ARI-700.

Equipo para la Recuperación

Hay máquinas de recuperación disponibles en diferentes diseños. Las unidades pequeñas básicas, están diseñadas para usarse con R-12, R-22, R-500 y R-502, y para actuar como estaciones de recuperación, sin ventilación hacia la atmósfera.



Figura 61 Recuperadora de Refrigerantes

El refrigerante es removido en su condición presente y almacenado en un cilindro desechable o transferible. Esta unidad remueve el aceite del refrigerante, y puede manejar vapor o líquido en un tiempo muy rápido. Después, el refrigerante puede reciclarse en el centro de servicio, o enviado a una estación de reproceso para reutilizarlo posteriormente.

Utilizando un dispositivo de recuperación de refrigerante, el técnico es capaz de remover refrigerante de sistemas pequeños de aire acondicionado, comercial, automotriz y residencial.

Proceso para la Recuperación de Refrigerantes

Durante el proceso de recuperación, el refrigerante es removido del sistema en forma de vapor, utilizando la fuerza succión de la máquina recuperadora.

La recuperación es similar a la evacuación de un sistema con una bomba de vacío. Los procedimientos varían con cada fabricante. Básicamente, la manguera se conecta a un puerto de acceso en el lado de baja, hacia la válvula de succión de la unidad recuperadora. Una vez que la manguera de salida está conectada, el dispositivo de recuperación se arranca y comienza la recuperación. Algunas unidades tienen una señal para indicar cuando el proceso de recuperación ha terminado. Esto significa que el equipo de recuperación no está procesando más vapor. En algunas ocasiones, el dispositivo de recuperación cierra automáticamente el sistema de vacío.

Cuando se ha completado la recuperación, se cierra la válvula del lado de baja. El sistema deberá asentarse por lo menos 5 minutos. Si la presión se eleva a 10 psig o más, puede significar que quedaron bolsas de refrigerante líquido frío a través del sistema, y puede ser necesario reiniciar el proceso de recuperación.

Puesto que es mucho más rápido recuperar el refrigerante en fase líquida, que en fase vapor, el técnico puede preferir una máquina que remueva el refrigerante líquido. Muchas máquinas son diseñadas para llevar a cabo este proceso usando cilindros para refrigerantes normales. Algunas unidades de transferencia pequeñas, utilizan cilindros de recuperación especiales, que permiten al técnico remover refrigerante líquido y vapor.

Para remover refrigerante mediante el concepto de transferencia de líquido. Este tipo de unidad de recuperación, requiere un cilindro con válvula de dos puertos.

La unidad de transferencia succiona el vapor de refrigerante de la parte superior del cilindro, y presuriza la unidad de refrigeración. La diferencia de presión entre el cilindro y la unidad, transfiere el refrigerante líquido hacia el cilindro.

Una vez que se ha removido el líquido, el vapor restante es removido al cambiar las conexiones.

Se recomienda cambiar el aceite del compresor de la unidad de recuperación, después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante diferente. También se recomienda que el filtro deshidratador se reemplace, y que las mangueras se purguen, antes de transferir un refrigerante diferente.

El técnico deberá asegurarse que no se sobrellene el cilindro. Lo normal es llenarlo al 80% de su capacidad. Conforme se va llenando el cilindro, deberá observarse la presión. Si la unidad de recuperación cuenta con indicador de líquido y humedad, deberá notarse cualquier cambio que ocurra.

Si el técnico utiliza un sistema que sólo recupera el refrigerante, la recarga puede llevarse a cabo de muchas maneras.

Equipo para Reciclar Refrigerante

En el pasado, para hacerle servicio a un sistema, lo típico era descargar el refrigerante a la atmósfera. Ahora, el refrigerante puede ser recuperado y reciclado mediante el uso de tecnología moderna. Sin embargo, los clorofluorocarbonos viejos o dañados, no pueden ser reutilizados simplemente por el hecho de removerlos de un sistema y comprimirlos. El vapor, para ser reutilizado, debe estar limpio. Las máquinas de recuperación y reciclado, están diseñadas para recuperar y limpiar el refrigerante en el sitio de trabajo o en el taller de servicio. El reciclado como se realiza por la mayoría de las máquinas en el mercado actualmente, reduce los contaminantes a través de la separación del aceite y la filtración. Esto limpia el refrigerante, pero no necesariamente a las especificaciones de pureza originales del fabricante.



Figura 62 Estación Automática de Carga y Reciclaje para R134a

Muchas de estas unidades, conocidas como unidades de transferencias de refrigerante, están diseñadas para evacuar el sistema. Esto proporciona una máquina recicladora, capaz de regresar los refrigerantes reciclados a un mismo sistema. Algunas unidades tienen equipo para separar el aceite y el ácido, y para medir la cantidad de aceite en el vapor. El refrigerante usado puede

reciclarse mediante la máquina recicladora, utilizando filtros deshidratadores recargables de piedras, y otros dispositivos que reduzcan la humedad, partículas, acidez, etc. La separación de aceite del refrigerante usado, se lleva a cabo circulándolo una o varias veces a través de la unidad.

La máquina recicladora de un solo paso, procesa el refrigerante a través de un filtro deshidratador o mediante el proceso de destilación. Lo pasa sólo una vez por el proceso de reciclado a través de la máquina, para luego transferirlo al cilindro de almacenamiento. La máquina de pasos múltiples, puede recircular varias veces el refrigerante a través del filtro deshidratador. Después de un período de tiempo determinado, o un cierto número de ciclos, el refrigerante es transferido hacia el cilindro de almacenamiento.

Procedimiento para la Regeneración del Refrigerante

Como se definió anteriormente, la regeneración de refrigerante, es llevarlo a las especificaciones originales de producción, verificándolo mediante análisis químicos. Para poder llevar esto a cabo, ésta máquina debe cumplir con las normas SAE y remover 100% la humedad y partículas de aceite. Muchas máquinas de recuperación, no pueden garantizar que el refrigerante será restaurado a sus especificaciones originales.

Una estación de reciclado para el sitio de trabajo, deberá ser capaz de remover el aceite, ácido, humedad, contaminantes sólidos y aire, para poder limpiar el refrigerante utilizado.

Este tipo de unidades las hay disponibles para usarse con refrigerantes R-12, R-22, R-500 y R-502, y están diseñadas para el uso continuo que requiere un procedimiento prolongado de recuperación y reciclado.

Este tipo de sistema puede describirse mejor como sigue:

- El refrigerante es aceptado en el sistema, ya sea como vapor o líquido.
- El refrigerante hierve violentamente a una temperatura alta, y bajo una presión extremadamente alta.
- El refrigerante entra entonces a una cámara separadora grande única, donde la velocidad es reducida radicalmente. Esto permite que el vapor a alta temperatura suba. Durante esta fase, los contaminantes tales como las partículas de cobre, carbón, aceite, ácido y todos los demás, caen al fondo del separador para ser removidos durante la operación de "salida del aceite".
- El vapor destilado pasa al condensador enfriado por aire, donde es convertido a líquido.
- El líquido pasa hacia la cámara de almacenamiento. Dentro de la cámara, un ensamble de evaporador disminuye la temperatura del líquido, de aproximadamente 38°C, a una temperatura subenfriada de entre 3° y 4°C.

- En este circuito, un filtro deshidratador recargable remueve la humedad, al mismo tiempo que continúa el proceso de limpieza para remover los contaminantes microscópicos.
- Enfriar el refrigerante también facilita transferirlo a cualquier cilindro externo, aunque esté a la temperatura ambiente.

Muchos fabricantes de refrigerante han dispuesto servicios de recuperación y regeneración de refrigerante, que ofrece a los técnicos de recuperación y aire acondicionado, una forma de deshacerse del refrigerante usado y obtener reemplazos puros como los necesitan. En el servicio debe usarse unos cilindros retornables aprobados, con etiquetas adecuadas. Los cilindros normales son de una capacidad aproximada de 45 kg. De refrigerante usado y aceite, aunque otros contenedores tendrán el rango de 18 kg hasta 1 tonelada.

La máquina de aire comprimido de desplazamiento positivo, remueve tanto líquido como vapor. El refrigerante es reprocesado a las especificaciones de pureza designadas.

En instalaciones comerciales de gran tamaño, para el servicio se le proporciona cilindros muestra que son regresados a un centro de reproceso. Esto es a fin de obtener análisis de contaminantes de refrigerante, antes de su evacuación.

Una vez aprobado para la regeneración, el refrigerante es removido. El refrigerante es llevado al centro de servicio, donde es embarcado a la compañía y procesado de conformidad, para regresarlo para venta futura como refrigerante usado. La regeneración puede utilizarse para refrigerantes de baja (R-11 y R-113) y de alta presión (R-12, R-22, R-114, R-500 Y R-502).

Las normas de cada compañía varían con respecto al tipo de recipiente usado, para transportar el refrigerante del área de servicio al fabricante. Algunos aceptan cantidades mínimas de 200 lts., 38 lts., etc. Cada fabricante tiene su propio procedimiento, mismo que debe seguirse, y cada compañía requiere de cierto número de documentos.

DISPOSICIÓN FINAL DEL REFRIGERANTE CFC REMOVIDO

Alternativas de destrucción de CFC-11 y CFC-12

Las opciones tecnológicas estudiadas desde hace años por países como Japón y Canadá entre otros, que satisfagan la necesidad de destruir estos CFC sin causar daño al medio ambiente o a la salud humana y que a su vez sean adaptables a los requerimientos técnicos y económicos disponibles, se han agrupado según la forma de destrucción.

Tecnologías de Incineración

Se encuentran dentro de este grupo las tecnologías con equipos diseñados específicamente para destruir los CFC, así como las tecnologías con equipos de coprocesamiento. Se caracterizan por alcanzar temperaturas superiores a 1000°C, manejar tiempos de residencia entre 2 y 10 segundos, tener eficiencias de destrucción por encima del 99,999% (con excepción de horno cementero que tiene una eficiencia del 99,99%) y emisiones de dióxido de carbono.



Figura 63 Incineración en un Horno Rotativo

Tecnologías de plasma

Manejan una eficiencia de destrucción del 99,99% (con excepción de plasma con argón que tiene una eficiencia del 99,9998%) y tiempos de residencia menores a los de incineración, es importante saber que las tecnologías de plasma involucran atmósferas inertes como argón y que son procesos de destrucción térmica en los que no hay producción potencial de dióxidos, sin embargo tienen un alto consumo energético debido a las temperaturas que alcanzan superiores a los 2000°C.

Tecnologías alternativas

Esta categoría agrupa a todas aquellas opciones tecnológicas en estudio y que buscan recuperar los compuestos halogenados para otras aplicaciones; sin embargo, tienen una alta producción de gases ácidos que requieren neutralización generando sales para tratamiento.

Sin embargo, existen otras tecnologías no descritas en el reporte de la UNEP, estas son:

Tecnologías de incineración

- High Performance
- Circuito fluidizado (ICFB)
- Tecnologías de plasma
- Corriente alterna (el CA)
- Tecnologías de no incineración

- Fotólisis con radiación UV
- Vitrificación

Todas las tecnologías mencionadas son aceptables en la medida que provean nuevos caminos para la destrucción de CFC, minimizando la utilización de recursos tanto económicos como energéticos, en beneficio del medio ambiente y en particular de la capa de ozono.

Lo importante de estas tecnologías para destrucción de los refrigerantes es que se puedan implementar en forma comercial, a tal grado que aun pequeñas cantidades puedan ser aceptadas para su destrucción con un costo mínimo.

C A P I T U L O 4

INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos como refrigerantes fueron usados entre 1920 y 1930, fueron reemplazados en los años 40s. Durante los años 50s llevó a algunos fabricantes de refrigeradores a utilizar hidrocarburos como refrigerantes, hoy en día estos refrigerantes se usan en la refrigeración domestica y en pequeña escala en la refrigeración comercial y algunas unidades de aire acondicionado.

Los hidrocarburos también son usados como agente espumante, por ejemplo el R-141b es substituido por Ciclopentano y el R-134a es substituido por Isobutano, en fabricación de refrigeración domestica.

Los técnicos de servicio requieren capacitación adicional en el manejo de hidrocarburos principalmente en la parte de seguridad.

El principal inconveniente de los hidrocarburos es la inflamabilidad.

Los hidrocarburos más utilizados son:

- Propano.
- Ciclopentano.
- Butano.
- Isobutano.

Los países que utilizan los hidrocarburos son varios entre ellos podemos citar los siguientes:

Alemania, Reino Unido, Suiza, Italia, Suecia, China, India, Turquía y Cuba.

Los refrigeradores utilizando hidrocarburos son equivalentes en eficiencia comparados con los CFCs.

PROPIEDADES FÍSICAS

Es importante analizar las propiedades de los refrigerantes hidrocarburos cuando son comparados con los halocarburos (CFCs, HCFCs y HFCs).

El calor latente de los hidrocarburos es considerablemente mejor que el de los halocarburos, la cantidad de calor absorbido durante la evaporación es más alta por Kg. de refrigerante circulando en el sistema.

La densidad de los hidrocarburos es más baja que la de los halocarburos. En un sistema diseñado para R-12, el mismo volumen de refrigerante de hidrocarburo se utilizaría, pero pesaría únicamente alrededor del 40% de la carga de R-12.

La diferencia de densidad es importante cuando el sistema está cargado. La carga de refrigerante hidrocarburo puede calcularse a partir de la cantidad de R-12 actualmente usado. Tenga en cuenta

que la cantidad de carga de hidrocarburos sólo será exacta si la cantidad de carga de R-12 fue la correcta, para el sistema. La siguiente tabla nos muestra el comportamiento de estos parámetros:

Tabla 17 volumen y peso específico de refrigerante en condiciones de 5°F/86°F To/Tc tomado de ASHRAE

Refrigerante	v pie^3/lbm	ρ lbm/pie^3	Efecto refrigerante Btu/lbm
R-12	1.4649	0.682	50.25
R-22	1.2394	0.8068	69.90
R-502	0.8015	1.247	44.91
R-290	2.4589	0.406	120.30
R-600a	6.4189	0.155	113.00
R-600	10.2058	0.097	125.55

La capacidad volumétrica del R-600a es mucho menor que la del R-12 y la mezcla de hidrocarburo. Un desplazamiento de compresor de alrededor de dos veces que el usado con R-12 y la mezcla de HC es necesario para el R-600a para lograr la misma capacidad.

HIDROCARBUROS UTILIZADOS COMO REFRIGERANTES EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Para aparatos de refrigeración domestica y pequeña comercial hay tres diferentes tipos de refrigerantes hidrocarburos de interés:

- Isobutano Puro (R-600a).
- Mezcla de hidrocarburo Propano-Isobutano (R-290/R-600a).
- Propano Puro (R-290).

Para los refrigeradores domésticos es preferible seleccionar el R-600a. Tiene una capacidad más baja que la del R-12, pero los compresores para la operación con R 600a se encuentran disponibles para esta aplicación en algunos países. Es un refrigerante puro, por lo que se puede utilizar fácilmente en dos rangos de temperatura. Opera con un nivel bajo de ruido, una buena eficiencia y bajas presiones de trabajo.

Para la mayoría de las aplicaciones comerciales durante una reconversión, es apropiado utilizar la mezcla de propano/Isobutano (R290/R600a), que será la mejor opción de refrigerante, ya que sólo cambios mínimos en los compresores y sistema de refrigeración son necesarios.

El realizar una conversión considerando el cambio del compresor del R-600a y su disponibilidad en el mercado puede ser una solución no ventajosa económicamente hablando.

En la actualidad, no hay número de identificación ASHRAE para la mezcla de hidrocarburo (propano-Isobutano). Mientras que las propiedades termodinámicas del Propano e Isobutano difieren ampliamente, el rendimiento de una mezcla de hidrocarburos depende de su composición exacta. Por medio del trabajo teórico y de las pruebas prácticas se ha demostrado que el mejor rendimiento de drop-in para R-12 puede ser utilizando un hidrocarburo que consiste aproximadamente de 50% propano y 50% Isobutano (en peso).

El propano (R-290) ha sido utilizado a gran escala en sistemas industriales en todo el mundo por décadas, pero ahora los diferentes hidrocarburos son usados en sistemas más pequeños. Algunos ejemplos se mencionan en la siguiente lista:

- El 90% de los refrigeradores y congeladores domésticos (incluyendo modelos no-frost) fabricados en Alemania y Suiza contienen Isobutano (R-600a). Otros países Europeos están siguiendo esto. El actual volumen global de producción es de varios millones de unidades por año.
- Unidades split de aire acondicionado usan mezclas de hidrocarburos las cuales están disponible en el Reino Unido.
- Unidades portátiles de aire acondicionado que usan Propano, están disponibles en Italia y Alemania.
- Aparatos que utilizan la mezcla de hidrocarburos y enfriadores de bebidas que utilizan hidrocarburos están disponibles en el Reino Unido.
- 95% de los chillers enfriados por agua (hasta 300 kW) producidos en Suecia usan propano o una mezcla propano/etano.

Algunos refrigeradores domésticos fabricados en algunos países hoy en día utilizan refrigerante Isobutano (R-600a). La mayoría de los sistemas de refrigeración comercial pequeños usan una mezcla de hidrocarburos (R290/R600a), una mezcla de propano-isobutano similar en el rendimiento y operación al R-12.

PRESENTACIONES DE LOS CILINDROS DE HIDROCARBUROS UTILIZADOS COMO REFRIGERANTES

Existen diferentes presentaciones comerciales para el almacenamiento de refrigerantes y los más comerciales como se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 18 Presentaciones comerciales de refrigerantes hidrocarburos

Refrigerante	Presentaciones Comerciales			
R 600a	420 gr.	3 kg.	12 kg.	65 kg.
R 290	3 kg.	12 kg.	46 kg.	
R 1270 (Propano/Propileno)	3 kg.	12 kg.	46 kg.	
HC 12a	6 oz. (equivalente a 19 oz. de CFC-12 y 17 oz. de R-134a)	30 lb. (equivalente a 30 lbs. de R-134a y 34.4 lbs. de CFC-12)	50 lb. (equivalente a 50 lbs. de R-134a y 57 lbs. de CFC-12)	

Los fabricantes de HCs más conocidos son:

- Duracool (Canadá).
- Care (Reino Unido).
- Lb (Cuba).
- Vulkan (Francia).
- Vulkan Lokring (Alemania).

HIDROCARBUROS COMO ALTERNATIVA PARA ELIMINAR CFCS Y HCFCs

Mezclas de hidrocarburos como refrigerantes alternativos.

- Tienen una capacidad muy similar al R-12 o R-134a.
- En algunos casos el costo puede ser significativo cuando el hidrocarburo no se produce en el país con la pureza recomendada.
- La presión del sistema que maneja no cambia, pero la presión del condensador puede incrementarse.
- Los componentes del sistema no necesitan ser cambiados (compresor, condensador, evaporador, elemento de expansión y filtro deshidratador).
- El aceite del compresor (generalmente aceite mineral) no necesita cambiarse.

La mezcla de hidrocarburo puede ser usada como reemplazo del R-134a, puede operar con el aceite polioléster que utiliza este refrigerante.

Se recomienda no utilizar Isobutano puro (R-600a) o Propano puro (R-290) como reemplazo de R-12 o R-134a.

SEGURIDAD

En muchos aspectos los riesgos de los refrigerantes HCs son similares a los del R-12, pero además de estos los HCs son inflamables.

- Contacto con refrigerante líquido causara quemaduras por congelación. Se recomienda utilizar guantes, goggles y ropa que cubra todo el cuerpo cuando se maneja refrigerante (por ejemplo cuando se carga o recupera). Para tratar las quemaduras por congelamiento aplicar en la zona afectada agua tibia. La atención médica puede ser necesaria.
- Los refrigerantes son más pesados que el aire y se concentran cerca del suelo.
- Los refrigerantes desplazan al aire y producen asfixia, pueden causar sofocación si se respira en altas concentraciones. Una persona afectada debe colocarse en áreas no contaminadas y mantenerla caliente e inmóvil. Respiración artificial u oxígeno pueden ser necesarios. Atención médica es recomendable.

Los refrigerantes hidrocarburos difieren del R-12 debido a su inflamabilidad.

- El hidrocarburo como refrigerante es inflamable, en concentraciones en el aire entre 1.85% (R-600a) o 1.95% (mezcla de hidrocarburo) y 8.5% (R-600a) o 9.1% (mezcla de hidrocarburo).
- Si resulta un incendio por una fuga de refrigerante hidrocarburo, deberá ser atacado con un extinguidor contra incendios del tipo de polvo seco.
- Si una gran cantidad de refrigerante hidrocarburo es venteada a la atmosfera deberá ser dispersada mediante ventilación o agua espreada. El área deberá ser evacuada y aislar las fuentes de ignición.

○ **Inflamabilidad**

Los hidrocarburos son inflamables cuando se mezclan con aire, dependiendo de su composición dentro de límites de inflamabilidad hace una explosión y se enciende súbitamente.

La concentración de hidrocarburos en el aire puede ser como se muestra en la figura 1, para que la mezcla de hidrocarburos con aire sea inflamable, también se muestra el nivel bajo y alto de inflamabilidad para R-600a y mezclas de hidrocarburos.



Figura 64 Concentración de Hidrocarburos

El nivel bajo de inflamabilidad (NBI) en el aire es equivalente a aproximadamente 35 gr. de hidrocarburo por m^3 de aire.

El nivel alto de inflamabilidad (NAI) es equivalente a aproximadamente 165 gr. de hidrocarburo por m^3 de aire.

Por ejemplo

Si tenemos menos de 1.95% de una mezcla de hidrocarburo en el aire no hay combustible suficiente (del refrigerante) para que exista combustión, también si hay más del 9.1% no hay suficiente oxígeno (del aire) para la combustión.

Es imposible que haya combustión en el interior de un sistema de refrigeración, ya que requiere del oxígeno del aire atmosférico, solamente se podría presentar este caso cuando el sistema no fuera suficientemente hermético en el lado de baja y se tuviera una concentración de hidrocarburo con aire dentro del rango de inflamabilidad y coincidentemente existiera una chispa que generara la combustión.

Cuando se realiza servicio a un sistema de refrigeración que utiliza un hidrocarburo se debe tener cuidado en evacuar el sistema en forma adecuada para evitar la posibilidad de combustión.

Como una recomendación por razones de seguridad la cantidad de refrigerante hidrocarburo que es usado en el interior de un refrigerador nunca deberá exceder un límite práctico de 8 gr/m^3 de volumen interior si el refrigerador se mantiene en un espacio cerrado o habitación.

Esto es debido a que cuando el refrigerante se fuga se mantiene en la parte baja y no se dispersa.

Para que la combustión ocurra se necesita una fuente de ignición de por lo menos 430°C , para encender la mezcla aire/hidrocarburo.

Las siguientes son fuentes potenciales de ignición:

- Una flama, por ejemplo de un soplete, un cerillo o un encendedor.
- Una chispa de un componente eléctrico.
- Electricidad estática.

Las 5 situaciones potencialmente de riesgo se presentan cuando:

1. El refrigerante se fuga en el aire alrededor del sistema y es encendido por componentes eléctricos que producen chispa del sistema.
2. El refrigerante se fuga en el compartimiento interior de los alimentos o en un espacio cerrado y algunos de los componentes eléctricos producen una chispa y se genera la combustión.
3. El Ciclopentano se fuga durante el proceso de espumado.
4. El refrigerante se fuga durante el proceso de carga al sistema en la fabricación o en el servicio.
5. Refrigerante que fue abandonado en un sistema abierto se fuga durante la reparación del refrigerador.

○ **Recomendaciones para el manejo de cilindros de hidrocarburos.**

Los cilindros que contenga refrigerantes HCs deben de estar plenamente etiquetados, para mostrar:

- Tipo de refrigerante.
- Que el contenido es inflamable.

Las recomendaciones de buenas prácticas deben ser seguidas al manejar cilindros de gas inflamable, como se indica a continuación. Estas recomendaciones son similares a las del manejo del R-12.

- Coloque la tapa de la válvula cuando el cilindro no está en uso.
- No exponga el cilindro a temperaturas superiores de 45°C (o la temperatura máxima especificada en el cilindro). Si el cilindro necesita ser calentado para remover refrigerante, colóquelo en un recipiente con agua caliente no mayor a 45°C (o lo máximo especificado).
- No modifique o repare el cilindro ni las válvulas.
- No rellene cilindros a menos que sean específicamente para recuperación de refrigerante.
- Pese el cilindro para verificar que el cilindro este vacío, su presión no es una indicación exacta.

- **Transportación de cilindros de refrigerantes hidrocarburos.**

Los refrigerantes hidrocarburos deben ser transportados como cualquier otro gas inflamable. Hasta donde sea posible el refrigerante hidrocarburo deberá ser transportados en vehículos abiertos.

- **Almacenamiento de refrigerantes hidrocarburos.**

Los refrigerantes hidrocarburos deben ser almacenados de la misma manera como otros gases inflamables. Es recomendable almacenar estos gases en el exterior como se indica.

- En un lugar seguro, encadenados, protegidos de la intemperie y de los rayos del sol.
- No deberán de existir fuentes de ignición y no se debe fumar a menos de 2m de los cilindros y colocar advertencias en las áreas designadas.
- Los cilindros no deben ser almacenados junto de una ventana en caso de alguna fuga de refrigerante entraría al edificio.
- Las válvulas del cilindro deben ser cerradas y colocadas con la cubierta de protección.
- Los cilindros deben ser almacenados en forma vertical y cilindros altos deben ser asegurados.

Si los cilindros de refrigerantes hidrocarburos deben ser almacenados en el interior, se tienen que seguir las siguientes recomendaciones:

- Los cilindros tienen que almacenarse en la planta baja, nunca abajo del piso y deberán tener fácil acceso en caso de una emergencia.
- No deberá de haber fuentes de ignición y no se debe fumar a menos de 2m de los cilindros y colocar advertencias en las áreas designadas.
- Las válvulas del cilindro deben ser cerradas y colocadas con la cubierta de protección.
- Una alarma de gas inflamable deberá ser colocada cerca de los cilindros a nivel de los mismos, para que alerte en caso de que exista alguna fuga.



Figura 65 Almacenaje de Cilindros de HCs

○ **Recomendaciones de protección del sistema eléctrico en los circuitos de refrigeración**

Todos los aparatos pueden tener las siguientes fuentes potenciales de ignición:

- Conexiones sueltas.
- Relevador del compresor sin sellar.
- Protector de sobrecarga del compresor sin sellar.
- Capacitores de arranque y de trabajo.
- Caja de termostato.
- Interruptor de encendido/apagado.
- Calefactor de deshielo (únicamente para no-frost).
- Control del deshielo (únicamente para no-frost).

En aparatos en donde el refrigerante se puede fugar en el interior del gabinete donde se guardan los alimentos, las fuentes potenciales de ignición adicionales dentro del gabinete pueden incluir:

- Caja de termostato.
- Interruptor de encendido de alumbrado.
- Motor del ventilador.
- Balastos de la luz fluorescente y arrancador.
- Control de temperatura y de deshielo probados.

En la siguiente sección se explica cómo cada una de estas fuentes potenciales de ignición puede ser segura.

Las opciones para eliminar las fuentes de ignición se pueden resumir en:

- Reemplazar los componentes eléctricos por unos de tipo sellado.
- Reemplazar los componentes eléctricos por unos de tipo de estado sólido.
- Guardar los componentes eléctricos dentro de una caja sellada.
- Alejar los componentes eléctricos del circuito de refrigeración.
- Asegurarse que todo el cableado eléctrico no trabaje suelto.

❖ **Conexiones eléctricas**

Cualquier conexión eléctrica, que contenga un cable dentro de una terminal, puede provocar una chispa si la conexión esta suelta. Para prevenir estas situaciones de conexión se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Atornillar las terminales y fijarlas con sus tuercas.
- La terminal debe ser cubierta con una protección plástica.

El número de conexiones debe ser reducido. Deben cumplir con normas locales.

❖ **Relevador del compresor**

Los relevadores más usados en los compresores son del tipo no sellado y pueden ser fuente de ignición. Pueden ser reemplazados por uno de tipo sellado o colocarlos dentro de una caja sellada.

- ✗ Como recomendación evitar los tipos de componentes que puedan producir una chispa cuando operan (a menos que estén sellados en una caja).
- ✓ Se recomienda utilizar tipos de relevadores que no produzcan una chispa cuando operen (si no están encerrados).

❖ **Protectores de sobrecarga del compresor.**

Si se reemplaza el protector de sobrecarga, debe de usarse el tipo correcto. Si no el compresor podría estar desprotegido contra una condición de sobrecarga.

- ✗ Trate de evitar protectores de sobrecarga externos que puedan producir una chispa en su operación. Estos están colocados afuera del cuerpo del compresor, usualmente en forma adyacente a la caja de terminales. Normalmente no están sellados o tienen contactos abiertos.
- ✓ Se recomienda utilizar protectores de estado sólido o sellado.

❖ Capacitores del condensador.

Los capacitores no pueden producir una chispa, pero la mayoría de los capacitores de arranque y de trabajo usados con los compresores tienen terminales que se pueden aflojar y ser fuente de ignición. Pueden ser reemplazados o pueden ser colocados en una caja sellada.

- ✗ Se recomienda evitar (si no están encerrados en una caja sellada): capacitores que tienen las terminales conectadas en forma insegura que puedan producir una chispa si se aflojan.
- ✓ Se recomienda usar (si no están encerrados) capacitores que tengan conexiones seguras.

❖ Interruptor de encendido/apagado.

Los interruptores de encendido/apagado a menudo se localizan cerca del sistema de refrigeración, y por lo tanto pueden provocar la ignición si hay una fuga. La mejor solución es eliminar el interruptor si no es absolutamente necesario. Otra solución es reubicar el interruptor lo más alejado posible del sistema de refrigeración, preferiblemente arriba del sistema de refrigeración, esto reduce el riesgo de formarse una atmosfera inflamable en caso de una fuga de refrigerante, considerando que es más pesado que el aire.

- ✗ Se recomienda evitar (cuando se localiza cerca del sistema de refrigeración): cualquier interruptor no sellado con contactos abiertos.
- ✓ Se recomienda usar (cuando se localiza cerca del sistema de refrigeración): interruptores sellados, para uso exterior y por lo tanto son a prueba de humedad.

❖ Termostato.

El cuerpo del termostato usualmente tiene contactos abiertos los cuales producen chispas en su operación. Una solución es colocar el termostato fuera del gabinete lo más lejos posible del circuito de refrigeración y preferentemente arriba de él. No es práctico a menudo colocar el termostato alejado del sistema de refrigeración. En este caso el termostato puede ser encerrado en una caja sellada.

- ✓ Se recomienda utilizar del tipo sellado o estado sólido.

DETECCIÓN DE FUGAS

El procedimiento de detección de fugas es muy simple, solo se requiere de agua con jabón, donde se aplique y se detecten burbujas se localiza la pérdida de hidrocarburo.

DISPONIBILIDAD DE REFRIGERANTES HIDROCARBUROS

Para saber la disponibilidad de los hidrocarburos, se debe de hacer un análisis dependiendo del lugar donde se encuentre debido que en algunos países es difícil su disponibilidad.

COSTO DE LOS HIDROCARBUROS UTILIZADOS COMO REFRIGERANTES

Los precios dependen de el lugar donde se encuentre, puede variar de un lugar a otro. Consulte a su distribuidor autorizado.

PROCEDIMIENTO DE RECONVERSIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN UTILIZANDO HIDROCARBUROS

Se recomienda que las reconversiones de refrigerantes se deban realizar solamente por técnicos especializados, principalmente cuidando la parte de seguridad.

Algunos aparatos domésticos y comerciales pueden ser convertidos de R-12 o R-134a a las mezclas de hidrocarburos usando un procedimiento simple tipo drop-in. La ventaja de usar un refrigerante alternativo mediante el tipo drop-in es que el aceite del sistema no se necesita cambiar. La conversión puede llevarse a cabo como se requiera, cuando el proceso se interrumpa, por ejemplo debido a una falla del compresor o por una fuga de refrigerante.

No se recomienda que cada aparato de R-12 sea convertido por un refrigerante alternativo, si el aparato es nuevo, trabajando correctamente y sin fugas de refrigerante no es necesario convertir a un refrigerante hidrocarburo. El uso del reemplazo tipo drop-in permite a la reconversión de un sistema siguiendo un procedimiento sencillo como se indica:

1. Recuperación de refrigerante

No ventear los remanentes de R-12 del sistema a la atmosfera debido a los daños al medio ambiente. Se debe recuperar del sistema y almacenarlo en un cilindro. Puede ser reciclado y nuevamente utilizado.

Una recuperadora y un cilindro de recuperación se recomiendan para remover el R-12. El cilindro de recuperación solo es utilizado para el refrigerante recuperado (y por lo tanto contaminado). Durante la recuperación de refrigerante se recomienda no sobrepasar más del 80% del volumen del cilindro de recuperación. El peso del contenido del refrigerante debe de ser marcado en el cilindro.

2. Realizar las reparaciones necesarias al sistema.

Esta es la oportunidad de llevar a cabo cualquier reparación, reemplazando componentes, como el filtro deshidratador, la eliminación de alguna fuga, etc. Si el sistema ha sido abierto a la atmósfera o si el compresor se ha quemado, o si el sistema ha sido contaminado con humedad debe cambiar el filtro deshidratador y realizar una limpieza exhaustiva de los contaminantes.

3. Si es necesario proteger o encerrar componentes eléctricos, se debe reparar el material aislante o encerrar los componentes eléctricos que puedan provocar una chispa que este cerca del circuito de refrigeración.

4. Evacuar el sistema

Debe de realizarse un vacío en el sistema.

5. Carga con mezcla de HCs.

Si cargará por peso debe calcular la cantidad de mezcla de hidrocarburo necesario de la siguiente forma:

Peso de la mezcla de hidrocarburo= $0.4 \times$ peso de R-12

Si carga el refrigerante hasta que la presión correcta sea alcanzada recuerde que la presión de succión con la mezcla de hidrocarburo será igual que para R-12, pero la presión de descarga estará entre 1 bar y 2 bares más abajo.

6. Debe marcarse claramente el sistema después de que haya sido cargado con la mezcla de hidrocarburo para mostrar que el refrigerante es inflamable.



Figura 66 Etiqueta de Material Inflamable

PROCEDIMIENTO DE CARGA DE HIDROCARBUROS A UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La seguridad es de importancia primordial cuando se carga un refrigerante inflamable. El procedimiento se describe a continuación:

Paso 1. Asegúrese de que la ventilación está en funcionamiento o realizarlo en un ambiente exterior.

Paso 2. Conecte la manguera de carga.

Si se va a cargar por peso, conéctela entre el cilindro y el sistema.

La manguera debe ser lo más corto posible. La conexión al cilindro depende de la disposición de la válvula del cilindro y el refrigerante a cargar.

Para la mezcla de hidrocarburos se recomienda que sea en la fase líquida.

- Si la mezcla está en un cilindro de gas con una sola válvula de derivación el cilindro debe ser invertido para cargar en estado líquido.
- Si la mezcla está en un cilindro de doble puerto, conectarse a la válvula de extracción de líquido.

El R-600a, puede ser cargado en la fase gaseosa o líquida al sistema.

Paso 3. Eliminar el aire de la manguera. Purgar el aire de las mangueras (tenga cuidado, porque el hidrocarburo es inflamable).

Paso 4. Carga de refrigerante hidrocarburo. Si el líquido se está extrayendo del cilindro y se carga en la zona de succión del sistema o en la línea de descarga del compresor, entonces debe ser evaporada antes de que llegue al sistema para evitar daños al compresor. Esto puede lograrse poniendo un dispositivo de expansión, como un trozo de tubo capilar entre la manguera y el sistema, como se muestra en la figura 72. Esto no es necesario si el refrigerante se carga en la línea de líquido o receptor de líquido.

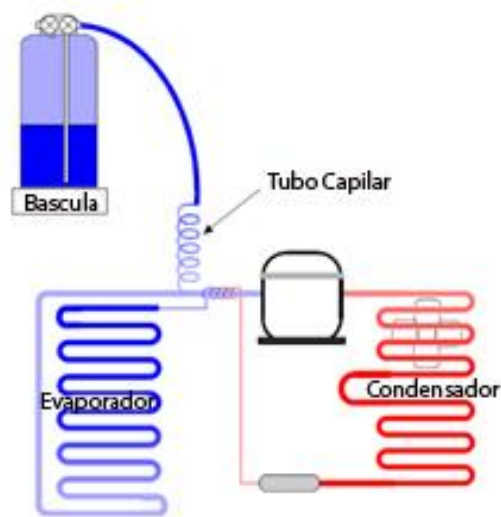


Figura 67 Carga en la Línea de Succión, con un Tubo Capilar para Evaporar el Líquido antes de que entre al Compresor.

El refrigerante se debe cargar al sistema una vez que se ha realizado el vacío recomendado libre de fugas.

El área de carga debe estar bien ventilada.

Por razones de seguridad el área de carga debe ser:

- Área de no fumar.
- Por lo menos 2 metros alejados de llamas y chispas de componentes eléctricos.
- A nivel del suelo, nunca por debajo del nivel del suelo.

Equipos de carga

- El equipo de carga debe ser seguro para su uso con refrigerantes hidrocarburos.

El refrigerante se mide en un sistema, ya sea mediante la medición de su peso o su volumen, o hasta que la presión correcta se ha alcanzado.

El equipo de carga no debe contener ninguna fuente de ignición, en particular, provocando contactos eléctricos. La mayoría de los equipos de carga cumplen con este criterio, por lo general, el mismo equipo puede ser usado para refrigerantes de hidrocarburos y de R-12. Algunos equipos incluyen un calentador para acelerar el proceso de carga.

La cantidad de refrigerante cargado en un sistema afecta a su rendimiento con todos los refrigerantes, incluidos los hidrocarburos. Si el refrigerante cargado es demasiado o muy poco, la capacidad del sistema será menor de lo esperado y el consumo de energía puede ser mayor.

Carga en Peso

La cantidad de refrigerante hidrocarburo debe ser marcado en el sistema.

El peso del refrigerante tipo hidrocarburo es igual a un 40% del peso del R-12 utilizado. Por ejemplo, si un congelador que solía ser cargado con 600 gramos de R-12, tendrá sólo 240 gramos de mezcla de hidrocarburos. O si un modelo similar de un refrigerador doméstico usado para cargar con 100 gramos de R-12, el modelo de Isobutano (R-600a) sólo necesita 40 gramos de isobutano. El menor peso de carga significa que se necesita un mayor cuidado con la exactitud del procedimiento de pesaje.

Carga en Volumen

Este procedimiento de carga aun mide el volumen de refrigerante para ser cargado en un refrigerador. La escala está normalmente en onzas (oz) o gramos (g), y se da por condiciones

diferentes. La escala ha sido calculada a partir de la densidad de refrigerante, normalmente R-12, a diferentes temperaturas o presiones.

El mismo volumen de hidrocarburos como refrigerante R-12 debe ser utilizado, pero pesa menos.

Paso 5. Retirar la manguera de carga.

Cierre la válvula del cilindro. Retire con cuidado la manguera de carga. Algunas cantidades de refrigerante se pueden fugar hacia la atmósfera durante este paso. La cantidad de refrigerante en la manguera de carga se puede reducir poniendo en marcha el sistema.

Sellado de la Conexión de Carga

La conexión de carga puede ser sellada mediante:

- Soldadura.
- Utilizar una válvula de tipo Schreader.
- Uso de un conector Lokring.

La soldadura es la opción más común, la conexión de carga pueden ser soldada como se hace normalmente, pero se debe tener mucho cuidado. La conexión debe ser apretada dos veces antes de la soldadura. No retire la pinza hasta que el tubo haya sido soldado.

COMPATIBILIDAD DE LOS HIDROCARBUROS CON LOS ACEITES LUBRICANTES

El aceite lubricante recomendado debe ser de tipo mineral, lo cual nos lleva a que cuando se realiza un drop-in a un sistema de R-12 generalmente no se cambia el aceite, sucedería lo mismo en el caso que se realizara a un sistema que contenga refrigerante R-134a con aceite polioléster, es decir existiría compatibilidad en su uso.

Se recomienda adicionar 2 oz. de aceite al sistema para compensar las pérdidas a través de las mangueras y manómetros

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS RECOMENDADOS PARA EL USO DE HIDROCARBUROS UTILIZADOS COMO REFRIGERANTES

- Manómetros

Es muy importante que utilice los manómetros adecuados ya que estos son especiales para los hidrocarburos, considerando el rango de presiones de trabajo.



Figura 68 Manómetros para HCs

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR HIDROCARBUROS

Ventajas:

- Termodinámicamente superior que los refrigerantes halogenados.
- Bajo nivel de GWP.
- Su ODP es nulo.
- Los hidrocarburos son económicos en su producción y no requieren ser patentados.
- El R-600a tiene una menor capacidad volumétrica comparado con el R-12, entonces requiere un compresor diseñado específicamente para este propósito, esta situación genera un bajo nivel de ruido y una alta eficiencia energética en unidades pequeñas, este refrigerante puede ser utilizado en 2 temperaturas diferentes.

Desventajas:

- Inflamabilidad.
- El sistema de refrigeración requiere de un mayor consumo de energía.
- No están disponibles en la forma comercial como los refrigerantes comunes en todos los países.

ODP Y GWP DE LOS HIDROCARBUROS**Tabla 19 ODP Y GWP DE LOS HIDROCARBUROS**

Refrigerante	ODP	GWP
Isobutano (HC-600a)	0	20
Butano (HC-600)	0	20
Propano (HC-290)	0	20
Mezcla (HC-1270)	0	

Datos tomados del IIR de París, Francia

VACIO RECOMENDADO EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN QUE UTILIZAN HIDROCARBUROS

Considerando que se maneja aceite mineral en los HC utilizados como refrigerantes, se recomienda hacer un vacío de 500 micrones y para aceite tipo polioléster 250 micrones.

EQUIPOS RECOMENDADOS A RECONVERTIR

La mayoría de los componentes eléctricos que puedan producir una chispa deberán ser reemplazados, reubicados o sellados en una caja, cuando un refrigerador es convertido. En muchos casos el costo de esto hace que la reconversión a un refrigerante hidrocarburo sea elevado. La reconversión puede ser decidida por costo de reconversión contra valor del refrigerador, pero los costos de conversión no deben ser reducidos sacrificando la seguridad del equipo.

Por esta razón los aparatos más sencillos de reconvertir son:

- Los que no tienen componentes eléctricos dentro del compartimiento de alimentos.
- Donde el refrigerante no se puede fugarse en el interior del gabinete.
- Donde el costo de reconversión es más bajo que el valor del equipo.

Muy pocos equipos con R-12 o R-134a son diseñados y fabricados para que no exista ninguna posibilidad de desgaste del evaporador en el compartimiento de alimentos, así que el evaporador no debe tener dobleces dentro de la espuma, y el forro interior debe ser sellado.

Los aparatos más convenientes para la reconversión a refrigerantes hidrocarburos son por lo tanto congeladores horizontales, refrigeradores refresqueros que generalmente no tienen componentes eléctricos dentro del compartimiento de los alimentos.

C A P I T U L O 5

DIAGNÓSTICO DE LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS ANTES DE LA RECONVERSIÓN

Es altamente recomendable realizar una inspección visual y un análisis de las condiciones de operación del sistema a reconvertir, en virtud de que en algunas ocasiones el equipo se encuentra obsoleto y no es rentable reconvertirlo ni técnica ni económicamente.

RECOMENDACIONES DE SERVICIO ANTES DE LA RECONVERSIÓN DE REFRIGERANTES DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Una vez que se ha realizado un diagnostico del sistema a reconvertir se recomienda identificar los trabajos de servicio adicional al cambio de refrigerante, el cual es muchas veces necesario realizar antes de la conversión del refrigerante, separando los costos correspondientes para no impactar el costo total en el cambio de refrigerante.

TECNICAS PARA REALIZAR UN CAMBIO DE REFRIGERANTE

Drop-in

Consiste en la eliminación de un refrigerante CFC cambiando exclusivamente el filtro deshidratador y el refrigerante

Retrofitting

Consiste en la eliminación de un CFC mediante cambio de refrigerante, filtro deshidratador y el aceite del compresor.

Reemplazo

Consiste en la eliminación de CFC cambiando el compresor, la válvula de expansión termostática y el filtró deshidratador

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN CAMBIO DE REFRIGERANTE A UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Procedimiento de Cambio de un Refrigerante CFC por un Alternativo (Retrofit).

1. Levantamiento de información de funcionamiento, incluyendo la identificación del refrigerante.
2. Recuperación del refrigerante CFC.
3. Remoción del aceite mineral del compresor.
4. Agregar aceite Alquil benceno.
5. Reemplazo del filtro deshidratador.
6. Vacío y carga del nuevo refrigerante.
7. Arranque y pruebas del sistema y ajuste de carga de refrigerante.

8. Identificación de equipos (etiquetas y marcas).

Procedimiento de Cambio de un Refrigerante por un Definitivo (Reemplazo).

1. Levantamiento de información de funcionamiento, incluyendo la identificación del refrigerante.
2. Remoción del aceite mineral del compresor.
3. Recuperación del refrigerante CFC.
4. Cambio de compresor y válvula de expansión termostática.
5. Sustitución del filtro deshidratador.
6. Vacío y carga del nuevo refrigerante y aceite POE después del Flushing (lavado interior del sistema).
7. Arranque y pruebas del sistema y ajuste de carga de refrigerante.
8. Identificación de equipos (etiquetas y marcas).

IMPLEMENTACIÓN DE REPORTE TECNICO (HOJA DE RUTA)

Es recomendable durante la reconversión de un refrigerante en un sistema recabar los datos técnicos del sistema e identificar los elementos a sustituir, así como realizar una corrida de funcionamiento que muestre las condiciones antes y después del cambio de refrigerante.

ACEITES LUBRICANTES Y COMPATIBILIDAD CON LOS REFRIGERANTES

En un sistema de refrigeración, el calor que es absorbido en el evaporador se libera en el condensador, proceso que se efectúa en forma continua teniendo: una combinación de gas refrigerante-aceite lubricante. El aceite lubricante, tiene la función primaria de lubricar partes móviles del compresor; sin embargo, a través del proceso de compresión, el aceite se combina con el gas refrigerante en una proporción aproximada de 1 parte de aceite lubricante por 9 partes de gas refrigerante. Por lo tanto, la mezcla aceite lubricante-gas refrigerante está sujeta a bajas y altas temperaturas, con cambios bruscos. Hay que recordar que los gases refrigerantes son compuestos químicos sintetizados por la mano del hombre, elaborados a base de halógenos (flúor, cloro), hidrógeno y carbono, por lo que al estar en contacto con un aceite lubricante mal refinado puede traer consecuencias desastrosas para el equipo; esto exige que:

- El aceite lubricante no debe reaccionar con el gas refrigerante a bajas ni altas temperaturas. Un aceite lubricante inadecuado reaccionará fácilmente con el gas refrigerante formando compuestos ácidos que atacaran las partes internas del compresor, conduciendo a una falla eléctrica (quemando el compresor) o falla mecánica.
- El aceite lubricante no debe tener parafinas o ceras, ni debe formarlas. Las parafinas son hidrocarburos de alto peso molecular que se presentan como sustancias sólidas, pero de origen natural, como la cera de abeja, y en este contexto se refiere a contextos sólidos no necesariamente de un hidrocarburo.

Las parafinas y ceras son enemigos naturales de la refrigeración, ya que tapan los capilares. Obstruyen los condensadores y disminuyen considerablemente la eficiencia del equipo.

- El aceite lubricante no debe atacar las partes de la maquinaria y equipo como son: sellos, materiales aislantes, metales.

Aceite Mineral

Se recomienda su uso con los gases CFC's.

El vacío se deberá mantener en 500 micrones.

Aceite Alquil benceno (AB)

Se recomienda su uso con las mezclas que contienen HCFCs.

Se recomienda al menos reemplazar el 50% del aceite mineral.

El vacío se deberá mantener en 500 micrones.



Figura 69 Aceites Lubricantes Tipo Alquil Benceno.

Aceite Poliéster (POE)

Recomendado para los gases HFCs.

Efecto detergente.

Altamente higroscópicos.

Se deben utilizar deshidratadores aprobados.

El vacío se deberá mantener en 250 micrones.

Aceite Polialquilenglicol (PAG)

Recomendado para uso automotriz con el R-134a.

Efecto Detergente.

Altamente Higroscópicos.

Se deben utilizar deshidratadores aprobados.

El vacío se deberá mantener en 250 micrones.

Seguridad en el Manejo de Aceites PAG/POE

La piel puede tener problemas si está en contacto con aceite PAG/POE. Para prevenir se debe de utilizar guantes y goggles (lentes) para el manejo de aceite PAG/POE.

PRECAUCIONES PARA MINIMIZAR LA HUMEDAD Y OTROS CONTAMINANTES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

La humedad es un contaminante en el sistema de refrigeración y es más probable que se encuentre en los sistemas que contienen un HFC debido a que los aceites PAG y POE son más higroscópicos. Demasiada humedad puede formar ácido.

Los recipientes de aceite y el sistema considerando principalmente el compresor cargado con aceite hasta donde sea posible no deben permanecer abiertos más de 12 minutos, por que el aceite absorbería humedad.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS REQUERIDOS PARA LLEVAR A CABO LAS RECONVERSIONES DE REFRIGERANTES, USO Y MANEJO

Cualquiera que sea el tipo de equipo de refrigeración que requiera servicio, las herramientas e instrumentos son los mismos. Los procedimientos son los que variarán, en función de la simplicidad o complejidad del equipo. Los procedimientos de recuperación y reciclaje, que han sido parte integral del mantenimiento de grandes equipos por razones económicas, ahora se incorporan como una obligación para cualquier equipo que emplea SAO, por razones ecológicas y legales, e implican la imperiosa necesidad de incorporar al equipamiento de los técnicos equipo de recuperación y cilindros para gases recuperados. La seguridad en estas actividades debe ser considerada como una actividad prioritaria, tanto en el orden personal como en lo concerniente al equipo y al entorno, por lo cual siempre deben adoptarse medidas preventivas en todos estos órdenes, siguiendo las recomendaciones de las Hojas de especificaciones de seguridad de materiales "Material Safety Data Sheets".

Elementos de Protección Personal

Según sea el caso, deberá hacerse uso de lentes o antiparras de seguridad, guantes de material apropiado, ropa o protecciones contra salpicaduras de sustancias peligrosas, casco (en caso de trabajos en equipos industriales), máscaras de respiración asistida (en caso de trabajos efectuados en ambientes cerrados con sustancias cuyo MSDS así lo indique) y cualquier otra protección que se considere recomendable para minimizar los riesgos para el operario, sus ayudantes y otras personas en el entorno.

Elementos de Prevención de Eventos que Pongan en Peligro al Técnico

Tal como bloqueo mecánico de interruptores principales (si existe la posibilidad) y señalizaciones visuales que instruyan a terceros sobre acciones que no deben llevarse a cabo

mientras se está efectuando servicio a un equipo. Empleo de instrumentos de medición y herramientas que garanticen la seguridad tanto para el técnico como para el equipo.

Instrumentos de Medición

El servicio técnico de un equipo de refrigeración debe iniciarse por un diagnóstico correcto, el cual depende del uso de instrumentos que permitan medir las condiciones de trabajo encontradas, y a partir de las lecturas obtenidas, aplicando los conocimientos teóricos sobre las propiedades del refrigerante, especificaciones de los componentes y las condiciones de trabajo óptimas para ese equipo, tomar las medidas correctivas, empleando las herramientas apropiadas. Los principales instrumentos de medición son:

Juego de Manómetros

Este instrumento consiste en un par de manómetros, normalmente del tipo "Bourdon" aunque ya existen versiones digitales programadas que además de proveernos lecturas de presión, nos indican las temperaturas correspondientes para distintos gases y guardan en memoria lecturas para posteriores comparaciones. Adicionalmente se pueden seleccionar las unidades de medida en que se desea hacer la lectura.

El juego de manómetros tradicional cuenta con dos instrumentos, dos válvulas y tres conexiones; las dos válvulas abren o cierran permitiendo que las tres conexiones se intercomuniquen entre sí. Los dos instrumentos, uno, combinado o "compound" donde se puede leer desde vacío absoluto (con baja precisión) hasta valores relativamente bajos de presión, suficientes para las presiones que se encuentran en el lado de baja del sistema y el otro instrumento cuya escala cubre el rango de presiones que se encuentran en el lado de alta del sistema. Las escalas de presiones son complementadas con escalas correspondientes de temperatura para una determinada familia de refrigerantes. Se debe tener la precaución de emplear el juego de manómetros de acuerdo al gas del sistema, previniendo el riesgo de que la presión del sistema para algunos gases sea más alta de lo que indica el tope de escala del instrumento y que pueda dañar el mecanismo, o perforar el tubo de "Bourdon" con la consiguiente fuga de gas.

El refrigerante R410, particularmente, produce presiones altas en los sistemas y requiere el uso de manómetros especiales y los convencionales no sirven.

Existen otros juegos de manómetros: de cuatro válvulas; de cuatro conexiones, etc., pero su uso no está muy difundido en nuestro mercado. Estos instrumentos simplifican las maniobras de recuperación, evacuación y carga de un sistema.



Figura 70 Juego de Manómetros

Voltiamperimetro de Gancho y Multimetro

Ambos instrumentos de medición de parámetros eléctricos, son necesarios para medir tensiones entre diversos puntos de un circuito, valores de resistencia óhmica y la corriente que circula en un conductor. Existen versiones analógicas y digitales y es importante familiarizarse con sus características de precisión, repetitividad, tolerancia, etc., particularmente si van a ser empleados en mediciones de circuitos de control con componentes de estado sólido, puesto que un instrumento que puede ser considerado aceptable para mediciones en controles electromecánicos donde las tensiones de control son más altas, puede no ser preciso en circuitos digitales.



Figura 71 Voltiamperimetro de Gancho (Izquierda) y Multimetro (Derecha)

Termómetros

La refrigeración es una técnica cuyos valores fundamentales son temperaturas. No debemos evaluar resultados en refrigeración basándonos en sensaciones táctiles o visuales. El instrumento necesario es el termómetro y debe ser considerado imprescindible para cualquier servicio. Existen termómetros analógicos y digitales y de diversos rangos de temperatura. En refrigeración se emplean termómetros con rangos desde temperaturas de congelación hasta temperaturas de condensación y más, necesarios para medir temperaturas de descarga.

Balanza de Precisión

Al efectuar procesos de recuperación y carga de refrigerantes, se hace imprescindible el empleo de balanzas que permitan apreciar la mínima tolerancia admisible en una carga a un equipo determinado; por supuesto esto variará enormemente entre una nevera doméstica y un chiller industrial y la balanza debe ser la adecuada para cada caso. Además, la balanza debe ser capaz de soportar el peso bruto del cilindro contenedor de refrigerante, antes de comenzar a utilizarlo. Existen balanzas de accionamiento mecánico o electrónico, siendo estas últimas las preferidas por su confiabilidad, repetitividad y precisión. Versiones especialmente diseñadas permiten programar anticipadamente la carga deseada y otras disponen de un interruptor de seguridad que detiene el equipo de recuperación ante una señal proveniente de un cilindro de recuperación indicando que este está lleno hasta su límite de seguridad (80% del total). Esta característica es altamente recomendable desde el punto de vista de seguridad del técnico, de la ecología y del equipo.



Figura 72 Balanza de Precisión

Detector Electrónico de Fugas

Este instrumento permite localizar en el aire ambiental la presencia de moléculas de cloro, fluro, hidrocarburos y otros gases; no son universales y es necesario utilizar uno específico para cada tipo de refrigerante. Son instrumentos muy sensibles, capaces de detectar concentraciones en el orden de decenas de ppm con tolerancias del orden de ± 5 ppm. Por lo mismo, es necesario emplearlos en ambientes donde no existan otras fuentes de contaminación, aparte de la fuente de fuga, para evitar falsas advertencias.



Figura 73 Detector de fugas

Analizador de Gases Refrigerantes y Medidor de Sobrecalentamiento en la Succión

El analizador de gases refrigerantes es una unidad portátil, en principio un cromatógrafo gaseoso simplificado, diseñado para reaccionar solo a la presencia de determinadas sustancias. Permite discriminar entre diversos tipos de gases y establece el resto cuya formulación no está incluida en el programa, como % de contaminantes.



Figura 74 Medidor de Sobrecalentamiento

Analizador de Gases

- Mide la proporción de componentes de los refrigerantes (CFC, HCFC, HFC) de los equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Registra la entrada de los de acuerdo con su composición y permite evaluar la conveniencia de su regeneración o destrucción.



Figura 75 Analizador de Gases

Identificador de Gases

- Determina si la pureza del refrigerante está en un nivel industrialmente aceptable, mostrando la concentración del refrigerante por ejemplo: R-134a, R-22, Hidrocarburos y aire.
- Mide el % de aire en el sistema, para identificar la presencia de gases incondensables.



Figura 76 Identificador de Gases

Herramientas Manuales

Luego que se ha efectuado el diagnóstico de un sistema, se han registrado los valores de las condiciones de trabajo encontradas, si se ha detectado alguna situación que amerite corrección, surge la necesidad de prestar el servicio pertinente, lo cual requiere el uso de herramientas de buena calidad y en buenas condiciones. Entre ellas podemos mencionar:

- Pinzas:
 - De electricista.
 - De corte.
 - De presión.
- Llaves de servicio “ratchet”

- Dados cuadrados medidas varias.
- Dados hexagonales, medidas varias.
- Llave de boca ajustable (Perico).
- Juego de llaves combinadas [boca – hexagonal o dodecagonal]:
 - En milímetros.
 - En pulgadas.
- Juego de llaves "Allen":
 - En milímetros.
 - En pulgadas.
- Juego de desarmadores:
 - Punta plana.
 - Punta "Phillips".
 - Punta de cruz.
- Espejo de inspección.

EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA REALIZAR LAS RECONVERSIONES DE REFRIGERANTES

Recuperadora

La recuperadora de refrigerante se ha convertido en una herramienta imprescindible de todo taller que preste servicio a equipos de refrigeración y aire acondicionado considerando que es obligatorio recuperar todo refrigerante que afecte la capa de ozono. Consisten básicamente en una unidad condensadora, equipada con un compresor, hermético o libre de aceite, ventiladores de gran caudal y filtros para atrapar impurezas a la entrada de la unidad. Por razones de seguridad es conveniente que disponga de un circuito que interrumpa el funcionamiento del equipo cuando el sensor de llenado del cilindro de recuperación indica que ha alcanzado el límite máximo de llenado seguro.

- Motor de alto par de arranque [HST – High Starting Torque] para arranque en cualquier condición de carga.
- Mecanismo anti reversa; para impedir que se devuelva el rotor si se detiene el motor.
- Construcción robusta para soportar trabajo pesado.
- Ligera.

Recuperadora Recicladora.

Muchas compañías han desarrollado equipos capaces de recuperar o reciclar gases refrigerantes, los diseños van desde equipos sencillos de muy poco peso (portátiles) y de bajo consumo de energía, capaces solamente de recuperar, hasta equipos de alta capacidad capaces de recuperar, reciclar y cargar nuevamente los sistemas de refrigeración. Las máquinas de recuperación o reciclado vienen en varias formas y tamaños pero los tipos más comunes emplean un pequeño compresor reciprocante. Adicionalmente existen equipos que operan con compresores libres de aceite y bomba de desplazamiento positivo de accionamiento neumático. Es importante conocer las características específicas de la máquina que se está empleando pues, dada la amplia variedad de modelos que van desde las más simples a unidades muy sofisticadas, las prestaciones varían y estas determinan cómo se puede utilizar esa máquina en particular. El desconocimiento de esta información puede llevar a su uso incorrecto y daño o destrucción.

MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE, MANEJO DE LA RECUPERADORA

El método para recuperar refrigerante depende de varios factores, pero principalmente se considera como importante el estado físico en el que se encuentra el refrigerante que se quiere recuperar, en tal sentido se puede hablar de métodos básicos para la recuperación:

- Recuperación en fase de vapor.
- Recuperación en fase líquida.

Recuperación con Compresor Fuera de Servicio sin Recuperadora

Empezaremos con el caso de cuando tenemos que recuperar refrigerante de un sistema en donde el compresor esta fuera de servicio, generalmente debemos considerar que entre más frío este el cilindro mas rápidamente podremos recuperar el refrigerante entonces se recomienda colocar hielo alrededor del cilindro esto reducirá la presión del cilindro haciendo más seguro el proceso de recuperación, para remover el refrigerante contenido en el aceite del compresor se recomienda aplicar calor de una manera segura alrededor del cárter esto ayudará a una remoción más rápida. Para la conexión de los manómetros y mangueras a la línea de succión y descarga es necesario primero instalar unas válvulas de servicio con este método podemos recuperar la mayor cantidad de refrigerante del sistema, esto aplica para sistemas conteniendo cantidades pequeñas de refrigerante, esto se ilustra en la figura 77.

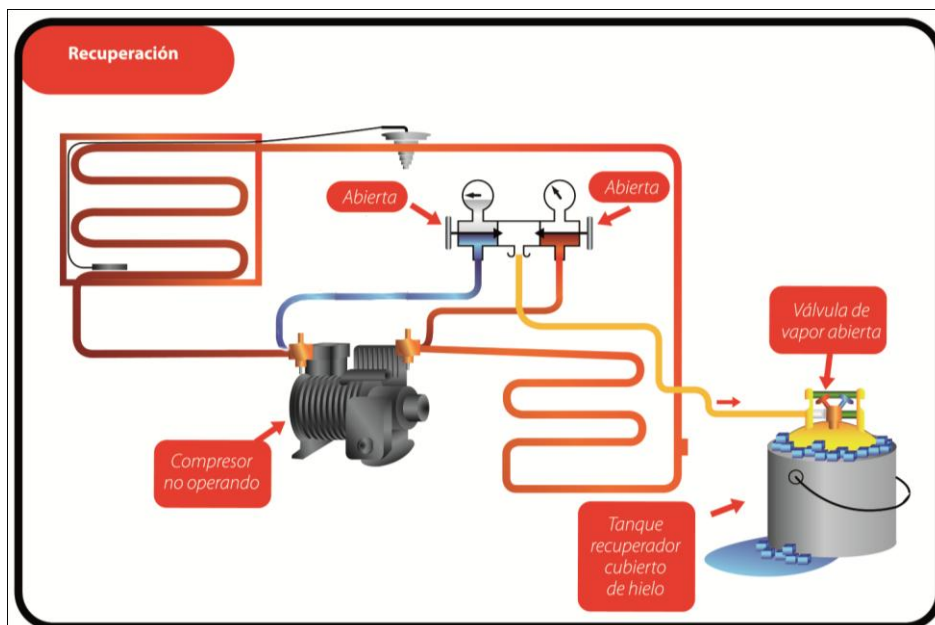


Figura 77 Recuperación de Gas Refrigerante con Compresor no Operando

Recuperación con Compresor que si Funciona sin Recuperadora

A diferencia del caso anterior aquí vamos a trabajar solamente con el lado de alta es decir el lado de baja estaría cerrado, entonces nos ayudaríamos en el proceso de recuperación del refrigerante igualmente con el cilindro recuperador cubierto de hielo y solamente sacaríamos el refrigerante en estado gaseoso por el lado de alta, es decir en cantidades pequeñas hasta su terminación del proceso de recuperación lo cual se ilustra en la figura 78.

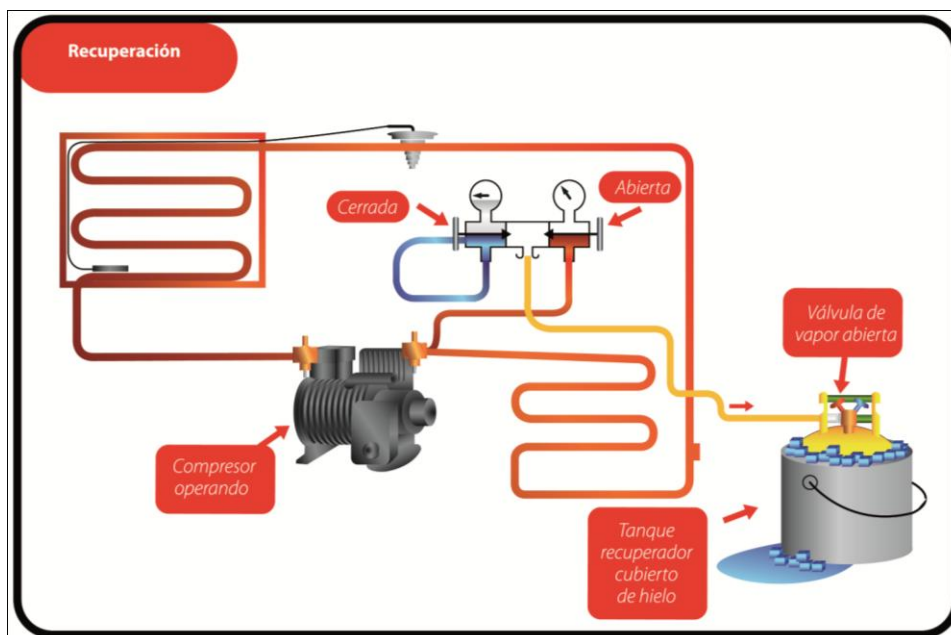


Figura 78 Recuperación de Gas Refrigerante con Compresor Operando

Si el compresor funciona se puede poner en marcha y recuperar el refrigerante en el lado de alta, la capacidad del cilindro de recuperación siempre debe ser mayor a la cantidad de refrigerante que vamos a recuperar, esto se ilustra en la figura 78, entonces se deberá instalar una válvula de servicio en el lado de alta abriéndola durante el proceso de recuperación, así como la válvula de vapor del cilindro.

Recuperación en Fase de Vapor

Este procedimiento por lo general se tarda más tiempo, ya que el flujo es menor en fase gaseosa. En los grandes sistemas de refrigeración esto tarda más tiempo que cuando se transfiere liquido. Se debe tener presente que las mangueras de conexión entre la unidad de recuperación, los sistemas y los cilindro de recuperación deben ser de longitud mínima posible, esto con la finalidad de contribuir a aumentar el rendimiento del proceso. El refrigerante en fase vapor es normalmente aspirado por la succión de la máquina de recuperación y una vez condensado en la máquina es enviado al cilindro de recuperación.

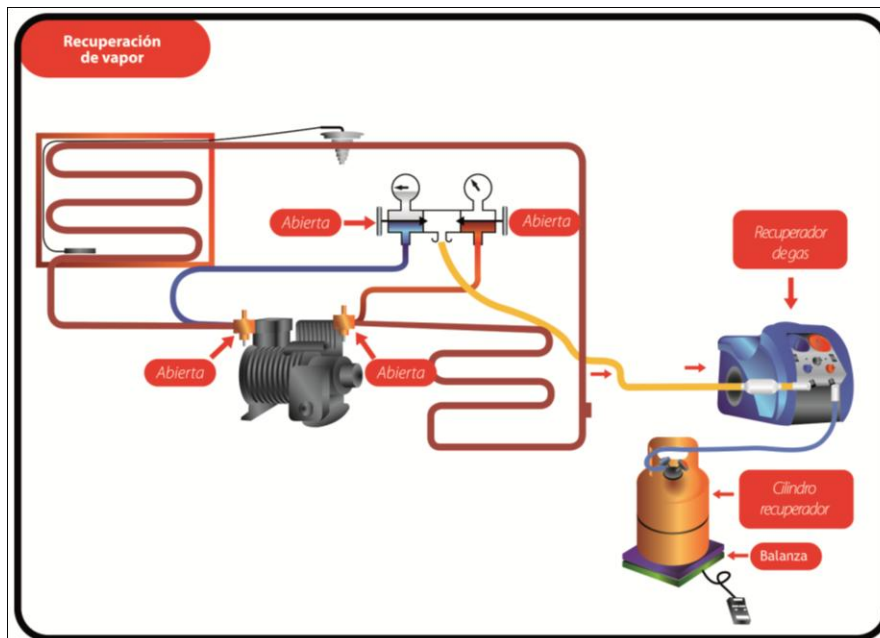


Figura 79 Recuperación de Gas en Fase de Vapor.

Hay dos formas de conectar la máquina de recuperación para recuperar vapor, en la cual se conectan, según sea el caso:

- 1.- Ambos lados del sistema del cual se pretende extraer el refrigerante, empleando un juego de manómetros, a la succión de la máquina recuperadora, en aquellos casos en que tenemos acceso por ambos lados (válvulas de servicio instaladas); por ejemplo los sistemas comerciales medianos.
- 2.- Sólo el lado de baja, donde hay que instalar una válvula para extraer el refrigerante y la cantidad a recuperar es pequeña (neveras, congeladores y aires acondicionados de baja capacidad)

Recuperación en Fase Líquida

Puesto que los compresores reciprocantes solo pueden trabajar con fluidos en fase vapor, es necesario vaporizar todo el refrigerante que se extrae del sistema antes de que llegue al compresor de la recuperadora. Para evaporar el refrigerante que se encuentre en estado líquido en el sistema, es necesario agregar calor a este; lo cual debe efectuarse mediante prácticas seguras, por ejemplo: manteniendo los ventiladores de evaporación funcionando o, en el caso de chillers, manteniendo agua circulando (lo cual adicionalmente previene que esta se congele); colocando recipientes con agua tibia en los compartimientos de los gabinetes, etc. En caso de que la máquina de recuperación no contenga un sistema de vaporización, se le debe proteger contra el ingreso de líquido utilizando el juego de manómetros para dosificar mediante sus válvulas de operación el ingreso del fluido desde el sistema a la máquina (empleándolo efectivamente como un dispositivo de expansión) durante las etapas iniciales de recuperación. El refrigerante líquido puede ser recuperado por técnicas de decantación, separación o "push-pull", con el consiguiente arrastre de aceite.

Método "PUSH/PULL"

Las operaciones de "push/pull" se llevan a cabo usando vapor del cilindro para empujar el refrigerante líquido fuera del sistema.

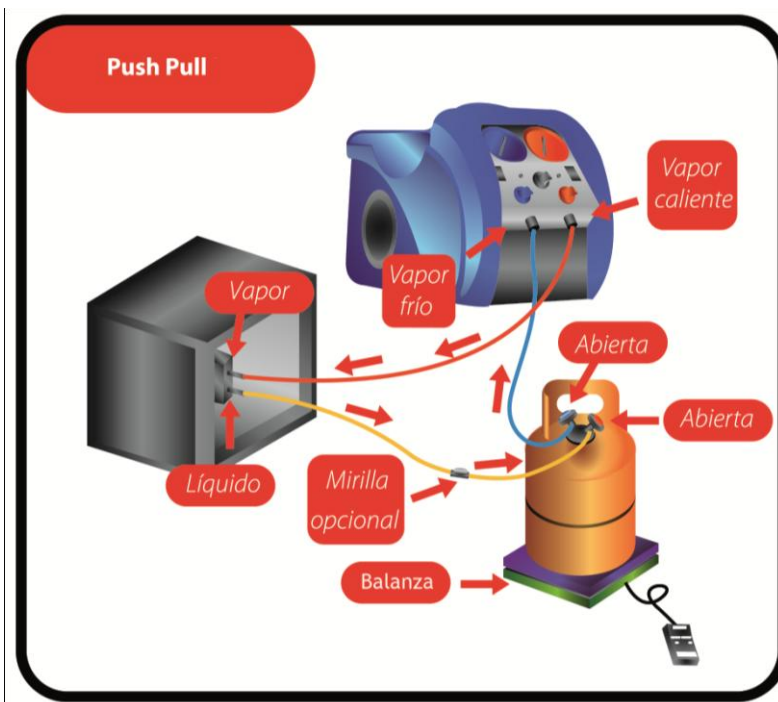


Figura 80 Método Push/Pull.

Se conecta una manguera desde el puerto de líquido de la unidad cuyo refrigerante se quiere extraer, debe estar abierta a la válvula de líquido en un cilindro de recuperación, se conecta otra manguera desde la válvula de vapor del cilindro de recuperación a la entrada de succión

de la máquina de recuperación y finalmente, se conecta una tercer manguera desde la salida o descarga de la máquina de recuperación al puerto de vapor del equipo. El cilindro recuperador aspirará el refrigerante líquido (movimiento "pull") de la unidad desactivada cuando la máquina de recuperación haga disminuir la presión en el cilindro. El vapor aspirado del cilindro por la máquina recuperadora será entonces empujado (movimiento "push") de vuelta, es decir, comprimido hacia el lado correspondiente al vapor en la unidad desactivada. Una vez que la mayoría del refrigerante haya sido extraído del sistema al cilindro de recuperación, la máquina de recuperación comenzará a trabajar controlada por su presostato de baja presión de succión, removiendo el resto del refrigerante en forma de vapor. Cuando la máquina de recuperación ya no continúe trabajando y se detenga por completo, estará indicando que se ha recuperado todo el refrigerante posible de ese sistema.

CILINDROS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTE

Los cilindros de recuperación de refrigerante deberán ser del tipo reutilizable, y preferiblemente deberán contar con sensor de límite de llenado para evitar que se sobrepase el límite de seguridad inadvertidamente.

El contar con cilindros adecuados para la recuperación es indispensable, ya que con ello se asegura un mejor control de la recuperación y un manejo seguro del refrigerante. Los cilindros de recuperación en general son cilindros de media presión calibrados para soportar una presión de aproximadamente 300 PSI. Los cilindros de recuperación se identifican por la banda amarilla pintada en la sección superior de estos. Estos son entregados al usuario por primera vez totalmente deshidratados y al vacío; por lo tanto, cuando se los emplea por primera vez es de suma importancia que se les designe con una etiqueta permanente que indique claramente el refrigerante recuperado, a fin de evitar que se produzcan inadvertidamente mezclas.

Mantenga una ficha que indique la cantidad y condición del refrigerante recuperado en ese cilindro que le permita llenar posteriormente los formularios de reporte que sean necesarios para el control posterior de refrigerante recuperado.

Se recomienda antes de utilizar el cilindro de recuperación, realizarle un vacío a 1000 micrones.



Figura 81 Cilindro de Recuperación de Refrigerante

BOMBA DE VACÍO

Una bomba de vacío es un tipo de bomba que extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vacío parcial. La bomba de vacío fue inventada en 1650 por Otto Von Guericke, estimulado por el trabajo de Galileo y Torricelli, usando los Hemisferios de Magdeburgo.

Los componentes de una bomba son los siguientes:

- 1.- Tapón de salida de vapor de aceite.
- 2.- Tapón de llenado de aceite.
- 3.- Empuñadura.
- 4.- Interruptor.
- 5.- Cubierta de Ventilador.
- 6.- Motor.
- 7.- Base.
- 8.- Silent Blocks.
- 9.- Drenaje de aceite.
- 10.- Carcasa de aluminio.
- 11.- Visor de aceite.
- 12.- Conexión de salida de vapor de aceite.
- 13.- Conexión de entrada.



Figura 82 Bomba de Vacío

Los motores son diseñados para operar a voltajes +/- 10% del nominal.

Antes de usar la bomba:

- 1.- Asegúrese de que el voltaje y frecuencia de la red coinciden con las indicadas en la etiqueta del motor de la bomba. Compruebe que el interruptor este apagado antes de conectar la bomba. Quite el tapón de la salida de vapor de aceite.
- 2.- La bomba es enviada sin aceite en el depósito. Antes de encender la bomba, llénela de aceite. Quite el tapón de aceite y añada aceite hasta que se vea en el visor de aceite del frontal de la bomba. La capacidad aproximada de aceite es 220-250 ml.
- 3.- Vuelva a poner el tapón de aceite y quite el tapón de la conexión de entrada. Encienda la bomba. Cuando la bomba empiece a funcionar, vuelva a poner el tapón de la conexión de entrada y déjela funcionar durante un minuto. Compruebe el nivel de aceite, debe estar alineado con el nivel que se indica.

Para apagar la bomba después de utilizarla:

- 1.- Cierre la llave del manifold entre la bomba y el sistema.
- 2.- Quite la manguera de la entrada de la bomba.

Estos pasos se realizan para una mayor durabilidad de la bomba y para tener un fácil funcionamiento.

Procedimiento para cambio de aceite:

- 1.- Asegúrese de que la bomba este caliente.
- 2.- Remueva el tapón del depósito del aceite. Drene el aceite contaminado en un envase. El aceite puede ser forzado a salir del depósito de la bomba abriendo la entrada y bloqueando parcialmente la salida con un paño mientras que la bomba este funcionando. No opere la bomba por más de 20 segundos usando este método.

3.- Cuando el flujo del aceite ha parado, incline la bomba hacia delante para drenar el aceite residual.

4.- Vuelva a colocar el tapón del depósito del aceite. Quite el tapón de llenado de la parte superior y llene el depósito con aceite nuevo para bombas de vacío hasta que el aceite apenas se vea a través del visor de la bomba.

5.- Asegúrese de que el racor de entrada este cerrado, luego encienda la bomba. Déjela funcionar por un minuto, después cheque el nivel de aceite. Si el nivel de aceite es más bajo que el indicado en la línea del visor, añada aceite despacio (con la bomba funcionando) hasta que el aceite alcance la línea señalada del visor. Ponga de nuevo el tapón de llenado.

6.- Si el aceite está contaminado y tiene grumos que se forman con la humedad, deberá quitar la carcasa del depósito de aceite y limpiarla por dentro.

7.- Otro método para tratar este tipo de contaminaciones del aceite es forzar el aceite de la bomba. Para hacer esto, permita que la bomba funcione hasta que se caliente. Cuando la bomba aún este funcionando, quite el tapón de drenaje de aceite. Tapone levemente la válvula de salida de vapor. La presión del depósito del aceite hará expulsar el aceite de ahí, sacando los contaminantes. Cuando el aceite deje de fluir apague la bomba.

Repita este proceso si es necesario hasta que la contaminación sea eliminada. Vuelva a poner el tapón de drenaje de aceite, y rellene el depósito al nivel apropiado con aceite limpio.

USO DEL VACUOMETRO

Operación de un Vacuómetro Digital

- Encender el vacuómetro: pulse el botón de encendido “ON” y manténgalo apretado durante aproximadamente 3 segundos, hasta que se ilumine la pantalla.
- Apagado del vacuómetro: pulse el botón de apagado “OFF”. A fin de prolongar la vida útil de la batería, los vacuómetros digitales generalmente se apagan automáticamente cuando la lectura de vacío supere los 12000 micrones durante un periodo de aproximadamente 10 minutos.
- Cambio de escala: pulse el botón de escala para que la pantalla muestre las siguientes escalas: Micrones, PSI, pulgadas de Hg, Milibares, Pascales, Torr, Militorr. El vacuómetro mantendrá las configuraciones de las escalas aun desconectado de la alimentación eléctrica.

Como Leer en la Pantalla

- Cuando la lectura de vacío supere los 12000 micrones (1600 pascales), en la primera línea de la pantalla aparece “Atm.”. En la segunda línea se muestra un grafico de barras que indica la dirección en la cual se está desplazando el vacío. Cuando el

grafico de barras se mueve de izquierda a derecha, la presión está aumentando. Si el grafico de barras se mueve de derecha a izquierda, significa que la presión está disminuyendo. La velocidad de grafico de barras indica la rapidez con que la presión aumenta o disminuye. El indicador constituido por el grafico de barras podría ser inexacto durante un lapso de algunos segundos luego de comenzada la evacuación del sistema.

- El grafico de barras desaparece si el vacío no se modifica en un lapso de aproximadamente 10 segundos.
- Cuando la lectura de vacío no alcanza los 12000 micrones (1600 Pascales), se indica en la pantalla el vacío presente en la unidad seleccionada.

Conexión del vacuómetro al sistema de vacío

El vacuómetro debe conectarse al sistema de vacío en la toma de vacío. La “toma Auxiliar” está destinada principalmente a funciones de limpieza y debería normalmente estar cerrada con la tapa provista para tal efecto. Es posible conectar el vacuómetro en línea; aun así, puede limitar el caudal e incrementar el tiempo de evacuación.

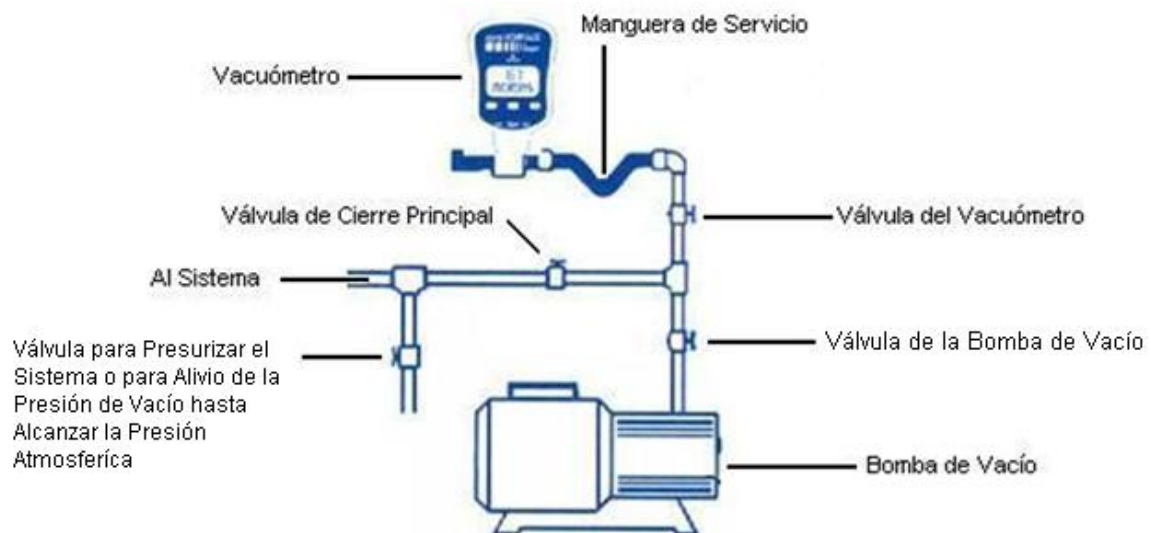


Figura 83 Conexión del Vacuómetro

Limpieza del sensor de vacío

Se recomienda limpiar periódicamente el sensor a fin de mantener la precisión de la unidad. Debe seguirse las instrucciones que se presentan a continuación:

- Cierre la toma de vacío con la tapa provista.
- Utilice un cuentagotas para verter en la toma auxiliar alcohol.
- Cierre la toma auxiliar con la tapa provista, ahora tanto la toma de vacío como la toma auxiliar deben estar cerradas.

- Sacuda el vacuómetro por 10 segundos. Es normal que se produzca un ligero movimiento del sensor de vacío dentro del estuche, lo cual no afecta de ninguna manera la conexión interna.
- Abra la toma de vacío y la auxiliar. Evacúe el alcohol y seque el sensor con aire.
- Cuando el vacuómetro no esté en uso, cierre la toma de vacío y la toma auxiliar con las tapas respectivamente provistas. De esta manera evita la contaminación del sensor.

VACÍO A LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

¿Por qué Eliminar los gases Incondensables?

- Aumento de la presión de condensación
- La oxidación de los materiales aumentaría la viscosidad del aceite y por lo tanto se dañarían las válvulas de descarga del compresor por estar expuestas a altas temperaturas.

Al hacer un buen vacío del sistema, se elimina aire (y con el N₂ y O₂), así como humedad. La relación entre el agua y el vacío es muy simple, así como la relación entre la humedad y el vacío: cuanto más baja sea la presión obtenida, menor humedad de agua y cantidad de aire en el sistema. Es más difícil eliminar agua en forma líquida de un sistema que en forma gaseosa.

Para mantener la evaporación tenemos que obtener una presión más baja que la tensión de vapor del agua a la temperatura de trabajo.

Tiempo de Vacío Dependerá de:

- Volumen en m³/h de la bomba de vacío.
- Volumen total de la tubería.
- Volumen del sistema y tipo del mismo.
- Contenido de agua en el sistema.
- Si el vacío se hace por un solo lado del sistema o por los dos.

Se tardaría 16 veces más en lograr el vacío en un nivel fijado si se usa un tubo de ¼ Ø en lugar de uno de ½ Ø, así como el doble de tiempo si el tubo mide 2 metros en lugar de 1 metro. A menudo, el medidor está instalado muy cerca de la bomba de vacío, donde evidentemente se miden presiones más bajas.

El contenido de humedad es el parámetro más variable, y al mismo tiempo es el que más influye en el tiempo de vacío. El tiempo para lograr el vacío depende del sistema y del contenido de agua del mismo.

Niveles diferentes de vacío, su elección dependerá de:

- Tipo y construcción del sistema.
- Grado de impurezas.

- Tiempo necesario para conseguir el vacío.

Selección de la Bomba Vacío

Una bomba de vacío ha de ser de un tamaño que pueda hacer el nivel de vacío en el sistema en un cierto tiempo. Su tamaño ha de ser adecuado para el circuito, una bomba de masiado grande puede hacer un vacío en poco tiempo, pero produce formación de hielo, tenemos la impresión de haber conseguido el vacío deseado. Después de un cierto tiempo, el hielo se comenzará a deshielar y evaporará, lo que aumenta la presión y, en consecuencia, encontraríamos otra vez humedad en el circuito. Por el contrario, con una bomba demasiado pequeña tendríamos un tiempo de evacuación demasiado largo.

Tamaño de una Bomba de Vacío para Trabajo en Planta:

No hay ninguna ventaja en utilizar una bomba de gran tamaño en el trabajo de planta, para hacer el servicio requerido una bomba de 5 a 19 m³/h es suficiente. Para unidades más grandes, una bomba de 15 m³/h hará el mismo servicio y tan rápido como una de 85 m³/h.

Valor del Vacío Final

El mal funcionamiento de un sistema de refrigeración es debido a la presencia excesiva de humedad y de partículas que no se pueden condensar. La presión residual ha de ser inferior a 0,5 mbar, a la cual corresponde generalmente una cantidad aceptable de humedad. Se puede obtener una presión residual equilibrada tan solo con un sistema de vacío capaz de llegar a valores tales como 0.1 hasta 0.3 mbar. Medidos en la boca de aspiración de la bomba. A pesar de esto, las bombas de vacío con caudales entre 3 y 15 m³/h, hacen que el tiempo de vacío tenga que ser de 10 a 20 minutos, más largo incluso para obtener el secado total del circuito.

Prueba de Caída de Vacío: Confirmación de que el Secado se ha Realizado.

Se necesita un vacuómetro, cuando se ha alcanzado la presión de 0,1 mbar hasta 0,3 mbar se ha de continuar durante 10 o 20 minutos el proceso. Cerramos la válvula cerca de la bomba y se observa el Vacuómetro, si el sistema continua húmedo o existe una pequeña fuga, el indicador en el medidor se moverá y de este modo indicara una subida de presión en el sistema. Este tipo de prueba se llama, en general, prueba de caída de vacío.

Se abre la válvula del sistema y se sigue repitiendo el ciclo de evacuación hasta que se pueda ver en el medidor otra vez la presión de 0,1 mbar hasta 0,3 mbar. Repetimos esta prueba, es decir, cerramos la válvula de la bomba y observe si se mueve el indicador. Si no existe ninguna fuga en el sistema, la caída de la presión tendría que ser considerablemente más baja que durante la primera prueba. Esto demuestra un progreso en el proceso de secado.

Conclusiones:

- La última presión óptima a la entrada de la bomba ha de ser de 0,1 hasta 0,3 mbar.

- La presión final equilibrada y estable en el circuito entero ha de ser de 2 o 3 mbar como máximo.
- El tiempo necesario de vacío, una vez obtenido el vacío previamente indicado, puede ser de 10 a 20 minutos.

AGENTES DE LIMPIEZA PARA QUEMADURAS EN COMPRESORES

La limpieza de sistemas, es uno de los factores más importantes para el buen funcionamiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Sabemos que la importancia de hacer una buena limpieza es simple y sencillamente eliminar toda la posible suciedad que se presentara, en el caso de una quemadura de compresor, al hacer un cambio de aceite, o si se requiere efectuar una limpieza por cualquier otra razón.

LIMPIEZA A SISTEMAS MEDIANTE BARRIDO CON NITROGENO

El proceso de barrido con nitrógeno se recomienda para remover humedad en un sistema de refrigeración durante el proceso de servicio así como para verificar la hermeticidad del sistema, también se recomienda dar un barrido con nitrógeno e instalación filtros sólidos para compresor quemado en los procesos de eliminación de acidez.

NITROGENO, MANEJO Y REGULADORES DE PRESIÓN

Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento químico, de número atómico 7, símbolo **N** y que en condiciones normales forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye del orden del 78% del aire atmosférico.

Manejo del Nitrógeno

Uno debe estar completamente familiarizado con las consideraciones que hay que tomar tanto por sus propiedades como el equipo de seguridad antes de manejar nitrógeno. Los ojos son la parte del cuerpo más sensible al frío extremo cuando manejamos líquido y vapor criogénico como el nitrógeno. El equipo protector, personal y recomendado para manejar materiales criogénicos incluye unos lentes de seguridad y aparte protector de cara que la cubra por completo para evitar quemaduras sobre ella, guantes con aislante térmico o guantes de piel, camisas de manga larga y pantalones largos. Además, zapatos de seguridad son recomendados para personas implicadas en el manejo de grandes tanques.

Nota en guantes con aislante térmico: Los guantes deben ser sueltos que puedan ser quitados rápidamente si líquido criogénico es rociado en ellos. Los guantes con aislante no son hechos

para permitir que tengan contacto directo o sean sumergidos en líquido criogénico. Ellos sólo proporcionarán la protección a corto plazo del contacto accidental con el líquido.

Tipos de Reguladores de Presión

Regulador de diafragma para servicio general

Es un regulador compacto de presión, para manejo de nitrógeno sensible y estable para regular la presión.

Características:

- Diafragma corrugado, no perforado.
- Cierre del diafragma metal – metal.
- Bajo volumen interno.
- Diseño de tapón de dos piezas que asegura una carga axial sobre el cierre del diafragma.
- Filtro de alto caudal y doble malla alojado y retenido en la conexión de entrada.

Información técnica:

Máxima presión de entrada:

- 248 bares (3600 psig).
- 413 bares (6000 psig).

Rangos de control de presión:

- Desde 0 a 0,68 bar (10 psig) y de 0 a 34,4 bar (500 psig).

RECOMENDACIONES PARA PRUEBAS DE ACIDEZ DE LOS SISTEMAS

Aplicación

Un probador de acidez universal para sistemas de refrigeración permite saber si hay presencia de acidez en el sistema mediante prueba a una muestra de aceite obtenida del cárter del compresor. Asimismo, permite conocer si el aceite está o no en condiciones de uso; en algunas ocasiones el aceite puede parecer limpio pero está ácido: hay que cambiarlo.

La presencia de ácidos en el sistema de refrigeración es indicio de una próxima quemadura del compresor. Hay que eliminar de inmediato la acidez en el sistema mediante el reemplazo de los filtros deshidratadores correspondientes en las líneas de líquido, succión, y si el sistema lo permite, en la línea de retorno de aceite.

Los sistemas con refrigerantes HFC y con aceite POE son mucho más propensos a captar humedad rápidamente y generar acidez que los sistemas que usan refrigerantes y aceites tradicionales, por lo que requieren más cuidados.

Recuerde: Los ácidos dentro del sistema son una de las principales causas de la quemadura de los compresores.

Instrucciones de Operación y Seguridad

El probador de acidez universal es ideal para ser usado con todos los tipos de aceite de refrigeración, incluyendo el aceite Polioléster (POE). Sin embargo se recomienda investigar la disponibilidad de probadores de acidez y escoger el adecuado según el tipo de aceite utilizado por el sistema.

Instrucciones de Seguridad

Precaución: Antes de obtener la muestra de aceite asegúrese de que la presión del cárter del compresor o del receptor de aceite sea positiva.

Use los métodos apropiados de recuperación cuando sea necesario. Pasar por alto estas recomendaciones puede ocasionar daños al sistema y/o heridas al usuario.

Advertencia: Las sustancias químicas del probador de acidez son tóxicas e inflamables, pero representan mínimos riesgos si se usa apropiadamente. Consérvese en un lugar seguro, en donde no se permita fumar o esté al alcance de los niños.

Prueba de acidez en aceite mineral o Alquil benceno

Si va a hacer la prueba de acidez en un sistema con aceite mineral o Alquil benceno, llene el frasco pequeño completamente.

Agite el frasco, deje reposar unos segundos, si obtiene coloración color púrpura el sistema está bien, si el color naranja existe acidez ligera, pero si es de color amarillo se tiene acidez declarada y se deberá realizar una limpieza completa al sistema.

COSTO DE LA RECONVERSIÓN DE REFRIGERANTE**Tabla 20 Conceptos para la Reconversión**

Concepto	Cantidad	P. U.	Costo
Compresor Semihermetico			
Separador de Aceite			
Filtro Deshidratador Lado Liquido			
Indicador de Liquido y Humedad			
Válvula de Paso			
Eliminadores de Vibración			
Presostato de Alta y Baja			
Presostato Diferencial de Aceite			
Válvula Solenoide			
Válvula Termostática de Expansión			
Acumulador de Succión			
Filtro Deshidratador Línea de Liquido			
Filtro Deshidratador Línea de Succión			
Refrigerante (Kg)			
Mano de Obra			
COSTO TOTAL			

SEGUIMIENTO DE LA OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DESPUÉS DE LA CONVERSIÓN DEL REFRIGERANTE

Es altamente recomendable que después de haber realizado una reconversión del refrigerante, los equipos estén plenamente identificados con una etiqueta que indique el tipo de aceite contenido en el sistema, así como el refrigerante cargado y su cantidad, así mismo tener de reserva aceite lubricante y refrigerante para ser utilizado cuando sea requerido.

PROBLEMAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN COMPRESORES**Problemas**

Contrariamente a lo que se piensa, las fallas en los compresores, cuando realmente se produce una, son de origen mecánico y no eléctrico.

Gran número de compresores reportados con fallas, en realidad, no presentan falla alguna al ser inspeccionados. Los niveles de calidad de todos los fabricantes reconocidos de compresores son muy altos. Las fallas, en la gran mayoría de los casos, son causadas por fallas en el sistema y la respuesta está dentro mismo del compresor. El análisis a compresor abierto, posterior a una falla es imprescindible para determinar su origen y para poder efectuar los ajustes que sean necesarios en el sistema y así evitar que se repita.

Cuando un compresor falla, el riesgo de que esa misma falla se repita es muy grande, hasta tanto se descubra su origen y se efectúen las correcciones necesarias.

Estadísticamente queda demostrado que la probabilidad de falla en compresores de reemplazo es cuatro veces mayor que en compresores originalmente instalados en el equipo considerado.

Esto demuestra claramente que la falla aún se encuentra presente en el sistema cuando se efectuó el reemplazo y los procedimientos seguidos para hacerlo fueron incorrectos.

Fallas Mecánicas:

- Recalentamiento
- Falla en la lubricación
- Retorno de refrigerante líquido
- Migración de gas refrigerante
- Golpe de líquido

Recalentamiento

La generación de calor es natural en el funcionamiento del motor del compresor. Siempre que este calor generado se mantenga dentro de parámetros normales, no es un problema pero cuando se alcanza una mayor temperatura ya hay un problema.

- Temperaturas de descarga tales que superan la temperatura límite de calentamiento de aceite

Tenemos que:

Aceite + calor = Carbón y Ácidos

- El aumento de la temperatura del aceite genera una disminución de la viscosidad con el consiguiente deterioro de la película lubricante.



Figura 84 Signo de Recalentamiento

Una temperatura elevada en la descarga generará un calentamiento excesivo en la cabeza del pistón y en las paredes del cilindro. La disminución de la viscosidad del aceite o su completa incineración permitirá el roce metal con metal entre los anillos y el cilindro, provocando el desgaste mostrado en la ilustración anterior.

El efecto más común de un recalentamiento es el aceite quemado o carbonizado en el lado de alta, junto con láminas de descarga quemadas y rotas. Aquí pueden verse depósitos de carbón (aceite quemado) sobre el plato de válvulas. Note los depósitos cobreados brillantes sobre las

superficies de asiento del plato de válvulas ya que son el resultado de la acción del calor y la presencia de humedad en el compresor.



Figura 85 Efecto de Sobrecalentamiento

Consecuencias:

- Recalentamiento en las paredes del cilindro
- Mala lubricación, incremento del rozamiento
- Desprendimiento de partículas
 - Corto en el bobinado
 - Filtro de aceite tapado
- Pistones dañados
- Desgaste en los anillos

Posibles Causas Del Recalentamiento:

- Elevadas relaciones de compresión
 - Presiones de succión demasiado bajas
 - * Elevadas caídas de presión entre el evaporador y el compresor
 - * Ajuste inadecuado del presostato de baja
- Elevadas presiones de descarga
 - Condensador bloqueado y/o sucio
 - Ventiladores quemados
- Presencia de gases no condensables
- Elevadas temperaturas del gas de retorno
- Falta de enfriamiento del compresor

Medidas De Prevención:

- Correcta selección del compresor en función de la aplicación específica
- Temperatura Máxima del gas de Retorno
 - Ajuste del Sobrecalentamiento
- Aislar adecuadamente la tubería de succión
- Ventilación correcta de cuarto de máquinas

Fallas de Lubricación

La lubricación adecuada del compresor es la clave para extender su vida útil.

Las Fallas de Lubricación pueden ser de dos tipos:

- Pérdida de Lubricación, cuando el aceite no regresa al compresor o no está presente en el cárter.
- Falta de Lubricación, cuando el aceite está presente, pero no lubrica.

La pérdida de la lubricación puede ser causada por un mal diseño de las tuberías (escasa velocidad del gas de retorno, falta de pendientes en la líneas de succión, ausencia o mala aplicación de trampas) o pérdida de lubricante debido a fugas.

La falta de lubricación puede ser provocada por la presencia de líquido refrigerante en el cárter del compresor que diluye el lubricante o el retorno de refrigerante líquido que lava las paredes de los cilindros en compresores refrigerados por aire. Elevadas temperaturas de operación del compresor (recalentamiento), pueden producir una elevada disminución de la viscosidad del aceite, con la consecuente pérdida de la resistencia de la película lubricante y de su capacidad para impedir el roce de metal con metal entre partes móviles.



Figura 86 Desgaste por Falta de Lubricante

Signos del Daño

La pérdida de lubricación se manifiesta fácilmente al abrir el compresor ya que habrá poco aceite en el cárter (si es que hay algo de él). Todas las superficies de los bujes estarán desgastadas y escoriadas en forma más o menos pareja con bielas rotas y pistones dañados.



Figura 87 Daños en Bujes

Nivel de Aceite

La siguiente ilustración resume el siguiente concepto:

- El nivel de aceite debe estar siempre presente en la mirilla.
- En condiciones de baja carga de aceite, el nivel debe ser visible y no estar por debajo de la mirilla.
- En condiciones de elevada carga de aceite, el nivel nunca debe sobrepasar la mirilla.



Figura 88 Nivel de Aceite

Retorno de refrigerante líquido

Esto es cuando el refrigerante en estado líquido retorna al compresor mientras éste está en operación.

El daño producido depende del tipo de compresor y la forma en la que es refrigerado el motor (por refrigerante o por aire).

Posibles causas

- Cargas térmicas imprevistamente bajas
- Mala selección del evaporador
- Falla en el evaporador
 - * Bloqueado, ventilador quemado
- Tamaño inapropiado de la válvula de expansión
 - * Subenfriamiento del líquido
- Falla en la válvula de expansión
 - * Bulbo flojo, tubo capilar bloqueado
- Sobrecalentamiento inapropiado en la válvula de expansión

En compresores refrigerados por aire, el golpe de líquido podrá ser directo, mientras el compresor está operando, a diferencia de lo que ocurre en compresores refrigerados por refrigerante, ya que el líquido que acompaña al gas en el retorno ingresa directamente a los puertos de succión del compresor. Cuando el líquido retorna en pequeñas cantidades, éste puede evaporarse al tomar contacto con la cabeza de cilindros caliente sin provocar mayores

daños. En ciertos casos, el compresor puede tornarse ruidoso, indicando la presencia de líquido en la succión.

Recuerde que presencia de hielo en la succión no es razón suficiente para afirmar que existe retorno de líquido. Debe medirse el Sobrecalentamiento total, el cual debe permanecer por encima de los 11 grados centígrados para afirmar que no hay líquido retornando por la succión.

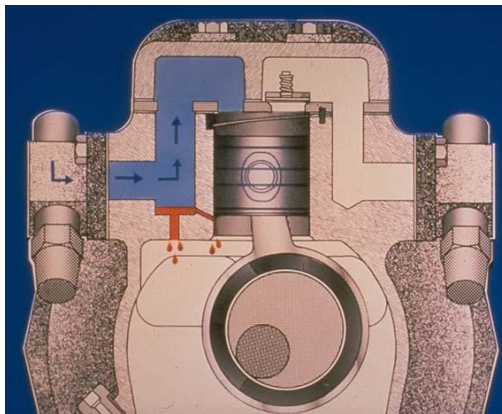


Figura 89 Retorno de Líquido al Compresor

Los gases de la succión ingresan a una cámara vertical a través de la válvula de servicio de succión y un filtro de mallas, ubicados a un costado del cabezal del compresor. El cambio brusco de dirección producirá el aceite acarreado por los gases de la succión. El lubricante será recolectado en el fondo de la cavidad vertical donde se encuentran tres orificios. Uno de ellos permite que el aceite retorne directamente al cárter. Los dos restantes conducen el aceite a la pared de ambos cilindros y permiten, a su vez, la ventilación del cárter.



Figura 90 Daño en el Pistón por Retorno de Líquido al Compresor

El desgaste provocado en el cigüeñal, cuando la lubricación de los bujes se ve afectada por la presencia de líquido refrigerante en el lubricante, es progresivo, haciéndose más acentuada en donde el eje tiene contacto con los bujes más calientes que son los que se encuentran más cerca del motor.

El buje principal es prácticamente arrastrado, deformando, incluso, su alojamiento en el cuerpo del compresor (falta de lubricación provocada por un retorno de refrigerante líquido).



Figura 91 Desgaste Progresivo

Medidas de Prevención:

Instalar:

- Acumulador de succión.
- Operación adecuada de la bomba de lubricación.
- Ajuste correcto del sobrecalentamiento de la válvula de expansión.
- Controlar la carga de refrigerante.
- Utilizar el calefactor de cárter cuando se requiera.

Arranque Inundado

Los arranques inundados son una causa frecuente de falla en los compresores. Se producen como consecuencia de una migración de gas refrigerante al cárter durante los ciclos de paro. Durante largos períodos de paro, fundamentalmente cuando el cárter se encuentra más frío que el evaporador, la migración es inevitable. Lo mismo puede ocurrir, aún con el sistema en marcha, cuando el compresor es instalado al aire libre en climas fríos.

El calefactor de cárter es una medida adecuada de prevención aunque no infalible. El exceso de carga de refrigerante en un sistema esta en contra.

El calefactor de cárter debe estar conectado siempre que el compresor esté parado. Después de largos períodos de parada provocados por cortes de la alimentación eléctrica o paradas por mantenimiento, debe concedérsele al calefactor de cárter el tiempo suficiente para hacer su trabajo antes de arrancar el compresor. En las puestas en marcha, después de la carga de gas, este tiempo de calentamiento es indispensable.

En sistemas sin calefactor de cárter, la carga de refrigerante no debe exceder nunca el valor de carga límite recomendado por el fabricante del compresor. El denominado sistema de bombeo completo, es también una medida precautoria adecuada para evitar la migración.

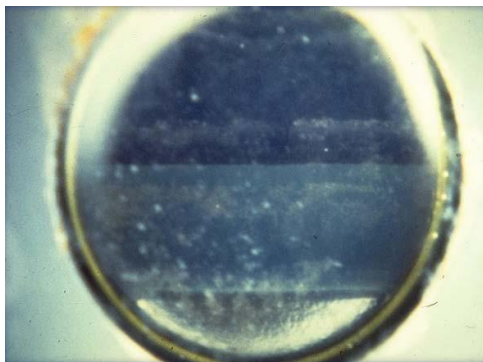


Figura 92 Líquido en el Fondo del Cárter

El refrigerante, más denso que el lubricante, ocupa el fondo del cárter, aunque no siempre sea visible a través del visor. Al momento del arranque, el descenso brusco de la presión en el cárter suele hacer que este refrigerante se evapore en forma violenta llenando de espuma la mirilla (arranque inundado).

Cuando el compresor arranca, se produce un descenso brusco de la presión en el cárter que provoca que el refrigerante líquido, presente se evapore en forma violenta. La erupción provocada por este efecto arrastrará líquido refrigerante al cigüeñal, que puede lavar la película de lubricante y provocar que una biela se dañe abrupta y aleatoriamente. El líquido refrigerante y el aceite en pequeñas gotas pueden alcanzar incluso las cabezas de cilindros, provocando un golpe de líquido. Esta es precisamente la mecánica de rotura por golpe de líquido en un compresor refrigerado por refrigerante.

Posibles Causas

- Cárter frío
 - * Falla en el calefactor de cárter.
 - * Compresor instalado en ambientes muy fríos.
- Exceso de carga de refrigerante.
- Largos períodos de paro.

Prevención

Instalar un:

- Acumulador de succión.
- Operación adecuada de la bomba de lubricación.
- Solenoide en la línea de líquido.
- Controlar la carga de refrigerante.
- Utilizar calefactor de cárter cuando se requiera.

Golpe de Líquido

Cuando aparecen roturas en las partes internas del compresor sin desgaste aparente, un golpe de líquido podría ser la causa.

Los líquidos no son compresibles. La presencia de líquido refrigerante y/o aceite en los cilindros al final de la carrera de compresión puede producir serios daños.

Signos del Daño

El líquido presente en el cilindro durante la carrera de descarga, puede llegar a arrancar literalmente las válvulas de descarga y deformar, doblar y/o arrancar los puentes limitadores.



Figura 93 Daño en Válvulas

Un efecto secundario de los golpes de líquido es el desgaste en los pernos de pistón. Cuando una lámina de descarga se rompe, el pistón queda sometido a presión de descarga permanentemente. Esto impide la correcta lubricación del perno. Cuando se efectúa la reparación del plato de válvulas y se pone en marcha el compresor, el desgaste del perno se manifiesta con un característico “traqueteo”.



Figura 94 Desgaste en Pernos

PROCESOS DE SOLDADURA

Proceso de soldadura capilar

La unión de tubería de cobre y conexiones soldables, se hace por medio de soldadura capilar. Este tipo de soldadura se basa en el fenómeno físico de la capilaridad, que se define como sigue: cualquier líquido que moje un cuerpo sólido, tiende a deslizarse por la superficie del mismo, independientemente de la posición en que se encuentre. Al realizar una soldadura, se calientan el tubo y la conexión hasta alcanzar la temperatura de fusión de la soldadura, la cual correrá por el espacio entre el tubo y la conexión, cualquiera que sea la posición que estos tengan.

Tipos de soldadura

En general podemos decir que las soldaduras son aleaciones de dos o más metales en diferentes proporciones. Las soldaduras deben fundir a temperaturas menores que las piezas metálicas a unir.

Aunque existen muchos tipos de soldaduras, aquí hablaremos de las que sirven para unir tuberías y conexiones de cobre o aleaciones de este. La unión de tuberías de cobre que se realiza en los enfriadores es por medio de soldadura fuerte.

Soldaduras fuertes. Estas se dividen en dos clases: las que contienen plata y las que contienen cobre y fósforo. Estos tipos de soldaduras tienen puntos de fusión mayores de 430 °C y son las recomendadas para instalaciones de sistemas de refrigeración, aunque se prefieren las de cobre y fósforo para unir tuberías y conexiones de cobre.

El fósforo en este tipo de soldaduras, actúa como un agente fundente, y estas son de menor costo que las de alto contenido de plata, en ocasiones, no se requiere aplicar fundente. Dados los buenos resultados al utilizar soldadura con aleación de plata se recomienda ampliamente.

En las soldaduras de plata, la aleación varía desde un 5% hasta un 60% de plata, y su punto de fusión depende de esta aleación. Por ejemplo, una soldadura con 5% de plata funde a 675°C y con 15% de plata funde a 640°C.

Las soldaduras de cobre y fósforo tienen puntos de fusión mayores (700°C) y alta resistencia a la tensión (2800 Kg/cm²). Existen soldaduras de cobre fosforado con contenido de 5% de plata, lo que le da mayor resistencia (más de 2900 Kg. /cm²).

La selección de una soldadura fuerte, depende de cuatro factores principales:

- Dimensiones y tolerancias de la unión.
- Tipo y material de la conexión (fundida o forjada)
- Apariencia deseada.

- Costo.

Las soldaduras fuertes tienen la ventaja de que se pueden unir metales similares y diferentes a temperaturas relativamente bajas.

Fundente

El fundente tiene una función muy apropiada. Debe disolver ó absorber los óxidos, tanto en la superficie del metal, como en la superficie de la soldadura, los cuales se forman durante el calentamiento. Para lograr esto, debe adherirse tan ligeramente a la superficie metálica, que la soldadura pueda sacarla de allí conforme avanza sobre la superficie. El fundente no limpia el metal. Lo mantiene limpio, una vez que se ha removido la suciedad y el óxido.

El fundente debe ser anticorrosivo o exclusivo para soldar tubería de cobre. Debe agitarse antes de usarlo. Debe aplicarse una capa delgada y uniforme con una brocha o cepillo, tanto al tubo como a la conexión. Debe evitarse aplicarlo con los dedos, ya que los compuestos químicos del fundente, pueden ser dañinos si llegan a los ojos o a una herida abierta.

Los fundentes para soldaduras fuertes son a base de agua. El fundente puede ser una fuente de corrosión en un sistema. Debe evitarse que entre en el.

El soplete

Cuando se va a unir una tubería de cobre rígida por medio de una conexión, es necesario aplicar calor. Este calor lo proporciona una flama lo suficiente intensa, que al aplicarla al tubo, la soldadura se derrita al contacto.

El artefacto que proporciona este calor es el soplete, el cual puede ser a base de propano, oxiacetileno, etc.

La llama de un soplete tiene dos coloraciones, que corresponden a diversos grados de calor.

La llama amarilla es luminosa pero no muy calorífica. Al abrir poco a poco la espera, pasa más mezcla gas aire si hay suficiente presión, desaparece la flama amarilla para convertirse en azul, que es más calorífica. Y a medida que la espera se abra más, se intensifica el calor.

Ya sea que el combustible sea acetileno ó propano, hay tres tipos básicos de flama que se producen cuando se mezclan con el oxígeno en el soplete:

Flama neutral. Es la que tiene en medio un pequeño cono azul. Esta flama típicamente es la más caliente y se utiliza cuando se requiere aplicar calor en un solo punto específico.

Flama oxidante. Esta se produce cuando hay presente mas oxígeno del necesario, para la combustión completa del gas. Se caracteriza porque el cono azul es el más corto, cuando se

usa acetileno con oxígeno. Otra característica es el sonido áspero que hace el soplete, debido al exceso de oxígeno. Este tipo de flama no se recomienda para soldar; el exceso de oxígeno, contribuye a la oxidación de los metales.

Flama reductora. También llamada carburante, es la contraria a la flama oxidante. Esta flama tiene una proporción tal de gas – oxígeno que hay presente un exceso de gas combustible. Se caracteriza por tener el cono azul más grande que el de la flama oxidante, con un cono suave y blanco alrededor del azul. Es la flama predominantemente recomendada para soldar.

La flama reductora ofrece varias ventajas. Primera, realmente ayuda a eliminar el óxido de la superficie de los metales. Segunda, calienta de manera más uniforme ya que envuelve al tubo. Esto se logra aplicando la flama de tal manera que la punta del cono blanco apenas toque el tubo. Tercera, se reduce el riesgo de sobrecalentar más en un solo punto como con las otras flamas.

Se recomienda que para soldar tubos hasta de 1", no se emplee una flama demasiado fuerte, pues el calentamiento de la unión sería demasiado rápido y no se podría controlar fácilmente, con el peligro de una evaporación inmediata del fundente y oxidación del cobre, lo que impide que corra la soldadura.

Proceso para soldar

El tipo de soldadura y el fundente a utilizar debe seleccionarse considerando que se utilizarán para enfriadores de bebidas.

La teoría básica y técnica de soldado, son las mismas para todos los diámetros. Las variables son: las cantidades requeridas de tiempo, calor y soldadura para completar una unión designada. Una buena unión es el producto de un técnico bien capacitado, que conoce y respeta los materiales y métodos que utiliza.

Los pasos básicos en el proceso de soldadura son los siguientes:

Medición. La medición del largo del tubo debe ser precisa. Si el tubo es muy corto, no alcanzará a llegar al tope de la conexión, y no se podrá hacer una unión adecuada.

Corte. El corte de un tubo puede hacerse de diferentes maneras, para obtener un corte a escuadra satisfactorio. El tubo debe ser cortado con un corta tubo. Si se utiliza segueta esta debe ser de diente fino (32 dientes / pulgada) y deberá utilizarse una guía para que el corte sea a escuadra. Independientemente del método de corte que se utilice, el corte debe ser a escuadra, para que se pueda tener un asiento perfecto entre el extremo del tubo y el tope de la conexión, evitando fugas de soldadura.

Se debe tener cuidado de no deformar el tubo mientras se está cortando.

Rimado. La mayoría de los métodos de corte dejan rebabas en el extremo del tubo. Si estas no se remueven, puede ocurrir erosión y corrosión, debido a la turbulencia y a la velocidad en el tubo. Las herramientas que se usan para rimar los extremos de los tubos son varias. Los cortos tubos tienen una cuchilla triangular, se puede usar una navaja de bolsillo ó una herramienta adecuada, como el rimador en forma de barril. El cual sirve para rimar el tubo por dentro y por fuera. Con tubo de cobre flexible, se debe tener cuidado de no ejercer demasiada presión para no deformarlo. Un tramo de tubo rimado apropiadamente, tendrá una superficie suave para un mejor flujo.

Limpieza. La limpieza se hace fácil y rápida. Para que la soldadura fluya adecuadamente, es crucial que se remueva el óxido y la suciedad. Si esto no se hace, el óxido y la suciedad de la superficie pueden interferir con la resistencia de la unión y causar una falla.

La limpieza mecánica es una operación simple. El extremo del tubo deberá limpiarse utilizando lija, en una distancia ligeramente mayor que la profundidad de la conexión. También deberá limpiarse la conexión por dentro, utilizando lija o cepillo de alambre del tamaño apropiado. No use franela. Deben tenerse las mismas precauciones que con el tubo.

El cobre es un metal suave, si remueve demasiado material quedara floja la conexión, interfiriendo con la acción capilar al soldar. El espacio capilar entre el tubo y la conexión, es aproximadamente de 4 milésimas de pulgada (0.004").

La soldadura puede llenar este espacio por acción capilar. Este espacio es crítico para que la soldadura fluya y forme una unión fuerte.

Se pueden utilizar limpiadores químicos siempre y cuando se enjuaguen completamente la conexión y el tubo, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del limpiador. Esto neutralizará cualquier condición ácida que pueda existir. Las superficies una vez limpiadas no deberán tocarse con las manos ó guantes grasos. Los aceites de la piel lubricantes y la grasa, pueden impedir que la soldadura fluya y humedezca el tubo.

Rangos de temperatura. En la práctica real, la soldadura fuerte se hace a temperaturas de entre 590 y 850 °C.

Aplicación del fundente. En las soldaduras fuertes, algunas no requieren el uso de fundente para soldar cobre a cobre; en uniones de cobre a bronce y cobre a latón, si se requiere fundente al igual que en soldaduras con aleaciones de plata.

Se debe aplicar una capa delgada y uniforme, con un cepillo o brocha: nunca con los dedos, tanto a la parte exterior del tubo como a la interior de la conexión.

Ensamble. Después de haber limpiado ambas superficies, aplicado el fundente en forma adecuada, se deben ensamblar colocando la conexión sobre el tubo, asegurándose que el tubo

siente bien contra el tope de la conexión. Se recomienda hacer un ligero movimiento giratorio hacia uno y otro lado, para asegurar la distribución uniforme de la pasta fundente. Retire el exceso de fundente con un trapo ó estopa de algodón. Si se van a efectuar varias soldaduras en una misma instalación, se recomienda preparar simultáneamente todas. Se debe tener cuidado para asegurarse que las conexiones y tubos estén adecuadamente soportados, con un espacio capilar razonable y uniforme alrededor de la circunferencia completa de la unión. Esta uniformidad del espacio capilar asegura una buena penetración de la soldadura. Un espacio excesivo en la unión, puede provocar que la soldadura se agriete bajo una fuerte tensión ó vibración.

Calentamiento. En este paso deben observarse las precauciones necesarias, debido a que se usan flama abierta y alta temperatura, aunado a la flamabilidad de los gases. El calor, generalmente se aplica con un soplete.

Los sopletes para soldaduras fuertes utilizan una mezcla de oxígeno y algún combustible, debido a altas temperaturas requeridas; el combustible puede ser propano ó acetileno. Recientemente se han hecho innovaciones en las boquillas para aire / combustible, y ahora se pueden utilizar estas en una más amplia variedad de tamaños.

La operación de calentamiento empieza con un precalentamiento el cual se hace con la flama perpendicular al tubo, cerca de la entrada de la conexión. Este precalentamiento, conducirá el calor inicial hacia el interior de la conexión para una distribución pareja por dentro y por fuera. El precalentamiento depende del diámetro de la unión; la experiencia le indicara el tiempo apropiado. La flama deberá moverse ahora hacia la conexión y luego hacia el tubo en una distancia igual a la profundidad del conector. Toque la unión con la soldadura; si no se funde retírela y continúe el proceso de calentamiento. Tenga cuidado de no sobrecalentar, ni de dirigir la flama al interior de la conexión. Esto puede quemar el fundente y destruir su efectividad.

Cuando se ha alcanzado la temperatura de fusión se puede aplicar calor a la base de la conexión para ayudar en la acción capilar.

Aplicación de la soldadura. Cuando se ha alcanzado la temperatura adecuada, si el tubo está en posición horizontal comience a aplicar la soldadura en un punto como a las 4 de un reloj. Continúe en el 8 y luego en el 12. Regresa al 6 luego al 10 y finalmente al 2. La soldadura fundida será jalada hacia el interior de la conexión por la acción capilar, sin importar si esta es alimentada hacia arriba, hacia abajo ó en forma horizontal.

Recuerde que la soldadura se debe fundir con el calor del metal. No la funda con la flama del soplete. Es muy importante que la flama este en movimiento continuo, y no debe permitirse que permanezca demasiado en un punto como para que queme el tubo o la conexión.

Cuando se haya completado el proceso de soldadura, deberá quedar visible un anillo continuo alrededor de la unión. Si la soldadura falla en fluir ó tiende a hacerse bolas indica que hay oxidación sobre las superficies metálicas, ó el calor es insuficiente en las partes a unir.

Si la soldadura se rehúsa a entrar en la unión y tiende a fluir sobre el exterior de cualquiera de las partes, esto indica que esa parte esta sobrecalentada ó que a la otra parte le hace falta calor.

Enfriamiento y limpieza. Después que se ha terminado la unión, es mejor dejar enfriar en forma natural. Un enfriamiento brusco puede causar un esfuerzo innecesario en la unión, y eventualmente, una falla.

En soldadura fuerte, los residuos de fundente se deben remover con cepillo de alambre de acero inoxidable.

Resumen. Si las partes a unir están adecuadamente preparadas, apropiadamente calentadas y se usa la soldadura correcta la unión final debe ser sana y firme. Los sistemas con tubería de cobre, cuando son instalados adecuadamente proporcionaran años de servicio confiable y seguro. Con un entrenamiento adecuado sobre las técnicas de instalación correctas, como las expuestas aquí, le darán al técnico la habilidad de realizar uniones confiables y consistentes en todos los diámetros.

Finalmente podemos considerar que para realizar un mantenimiento correctivo adecuado a los enfriadores el proceso de soldadura es muy importante y podemos hacer las siguientes recomendaciones.

- Utilizar el equipo de seguridad adecuado, como guantes gafas, protección respiratoria y peto.
- Preparar la superficie a soldar mediante una limpieza adecuada.
- Utilizar el fundente adecuado.
- Utilizar la soldadura adecuada mediante varillas, recomendando la 95-5, Sil-Fos, Easy-Flo, Phos-Copper, Stay-Brite 8 o equivalentes.

C

A

P

I

T

U

L

O

6

AUTOMOVILES

La climatización de vehículos, ha dejado de ser, desde hace tiempo, un equipo de lujo.

Los sistemas de aire acondicionado se han transformado en un factor de la seguridad activa y ya casi pertenecen a la parte técnica de seguridad en el vehículo.

Hace 10 años sólo un 10% de los vehículos iban equipados con aire acondicionado, en 1996 más de una cuarta parte de los autos ya contaba de serie con aire acondicionado.

El deseo de contar con "aire acondicionado" tiene una tendencia continuamente creciente. El sistema de un aire acondicionado es idéntico en todos los vehículos, en lo que respecta a su configuración. Solamente varían en la adaptación a las necesidades específicas de refrigeración.

Desde 1995 está prohibido vender el refrigerante R-12 para aire acondicionado en vehículos. En los sistemas de aire acondicionado actuales para vehículos se emplea exclusivamente el refrigerante R-134a.

Para el sistema de A/C cargado con R-134a se utiliza aceite sintético POE y debe ser empleado exclusivamente para este refrigerante.

El aceite para equipos de refrigeración también puede estar acondicionado para un tipo específico de compresor.

R-134 utiliza PAG y POE

R-12 utiliza Mineral

Aceite para MAC cargados con R-134a

Designación: PAG = Polialquilenglicol, POE= Polioléster

Características:

- Un alto poder de disolución con el refrigerante
- Buenas propiedades lubricantes
- Exento de ácidos
- Altamente higroscópico (atrae el agua)
- No miscible con otros aceites

CICLO DE REFRIGERACION AUTOMOTRIZ

Para enfriar algo es preciso que se extraiga calor. A esos efectos se implanta en los vehículos un sistema de refrigeración por compresión como el que se muestra en la siguiente figura. Un

refrigerante circula en un circuito cerrado y cambia continuamente entre los estados líquido y gaseoso.

- Se comprime en estado gaseoso.
- Condensa entregando calor.
- Evapora por reducción de la presión, absorbiendo calor.

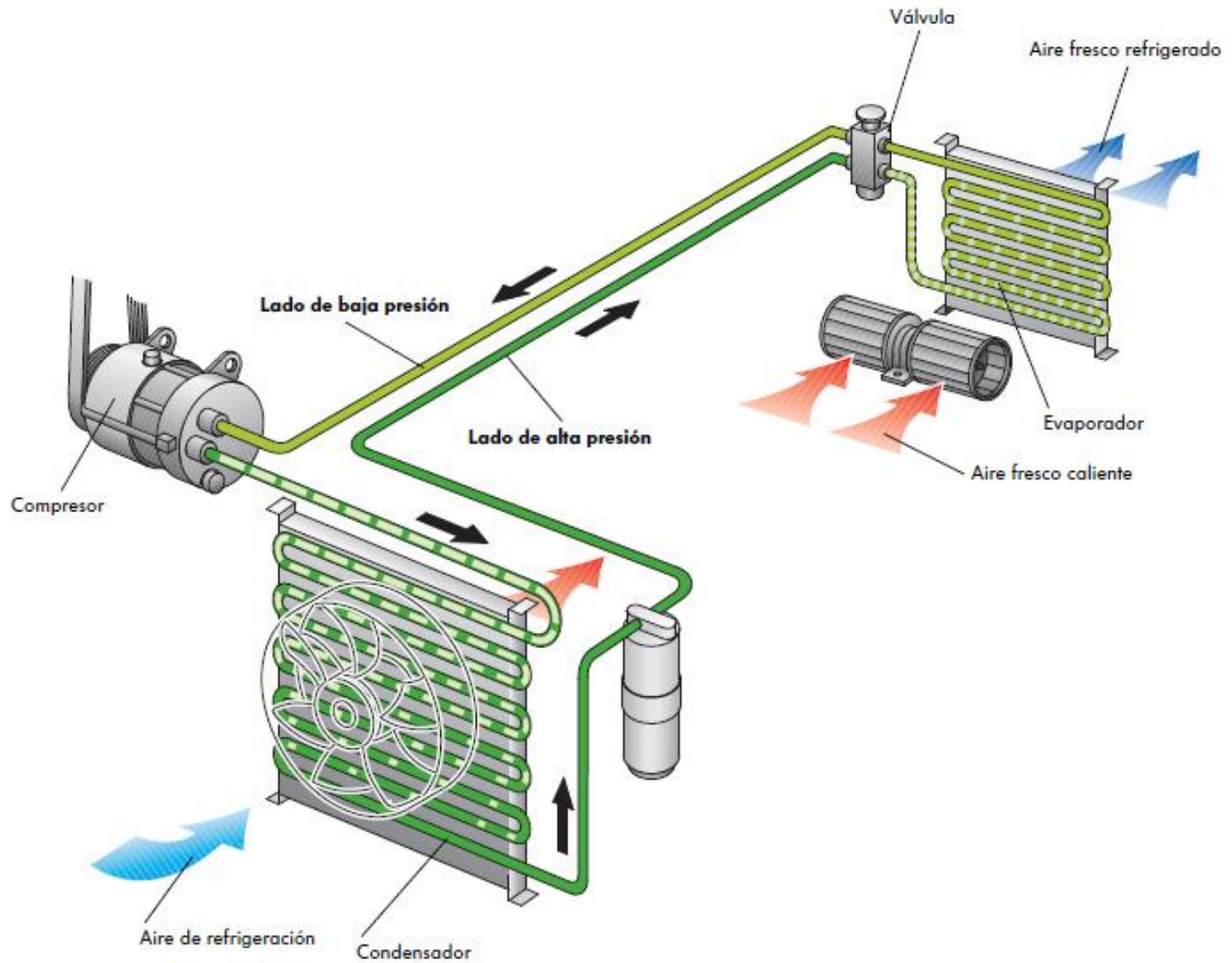


Figura 95 Sistema de Refrigeración Automotriz

Los compresores en los sistemas de aire acondicionado de vehículos son de desplazamiento positivo, lubricado por aceite.

Trabajan únicamente al estar activado el aire acondicionado, lo cual se logra con ayuda de un acoplamiento electromagnético.

El compresor aumenta la presión del refrigerante, con lo cual aumenta a su vez la temperatura.

Sin este aumento de presión no sería posible posteriormente llevar a cabo la condensación.

Para la lubricación se emplea aceite especial para equipos de refrigeración, del cual aproximadamente un 50% permanece en el compresor, mientras que la parte restante circula con el refrigerante en el circuito.

Una válvula de desactivación por sobrepresión, que suele estar instalada en el compresor, protege el sistema contra una presión excesiva.

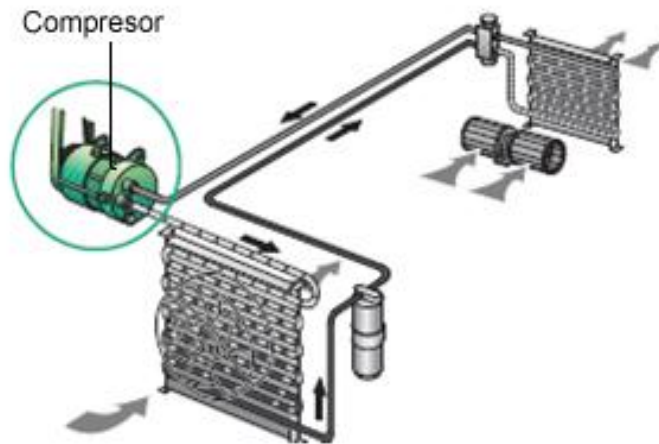


Figura 96 Compresor en un Sistema de Refrigeración

Proceso de Compresión

El compresor aspira refrigerante gaseoso frío a baja presión, procedente del evaporador. Para el compresor es de importancia vital que el refrigerante se encuentre en estado gaseoso, por no ser compresible en estado líquido, lo cual destruiría el compresor.

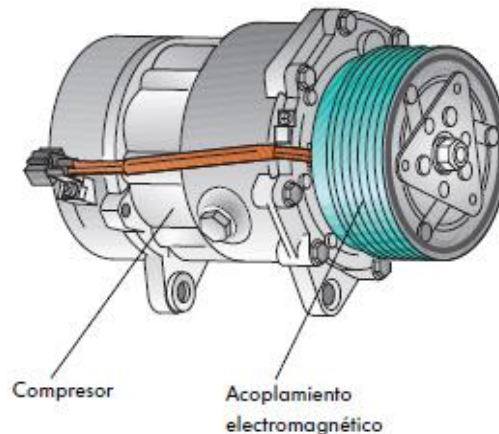


Figura 97 Compresor de Disco Oscilante

Funcionamiento del Compresor

Los compresores para aire acondicionado trabajan según diferentes procedimientos:

- Compresor de émbolo
- Compresor de espiral
- Compresor de aletas celulares
- Compresor de disco oscilante

El movimiento rotativo del eje de impulsión (flecha) se transforma con el disco oscilante en un movimiento axial igual que la carrera de los émbolos.

Según su arquitectura, pueden ser de 3 a 10 émbolos, dispuestos céntricamente en torno al eje de impulsión. Cada émbolo tiene asignada una válvula de succión.

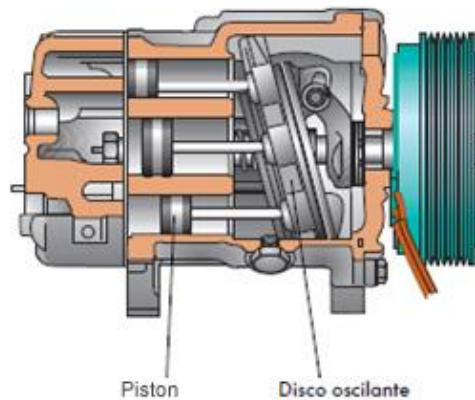


Figura 98 Compresor de Disco Oscilante

Estas válvulas abren y cierran automáticamente según las condiciones de carga. El aire acondicionado se diseña para el régimen máximo del compresor.

Sin embargo, el rendimiento de los compresores depende del régimen del motor. Pueden intervenir diferencias de régimen del compresor desde 0 a 6000 RPM.

Esto influye sobre el llenado del evaporador y, por tanto, sobre el rendimiento del sistema de refrigeración del aire acondicionado. Para la adaptación a diversos regímenes del motor, a la temperatura del entorno o a las temperaturas elegidas por el conductor para el interior del automóvil, para la adaptación a las necesidades de rendimiento del sistema de refrigeración se han desarrollado compresores de rendimiento regulado, con una cilindrada variable.

Esto se realiza modificando el ángulo de inclinación del disco oscilante. En un compresor de cilindrada constante, las necesidades de rendimiento del sistema de refrigeración se adaptan a base de activar y desactivar periódicamente el compresor con ayuda del acoplamiento electromagnético.

Acoplamiento Electromagnético

Con el acoplamiento electromagnético se establece la transmisión de la fuerza entre el compresor y el motor del vehículo, estando este en funcionamiento.

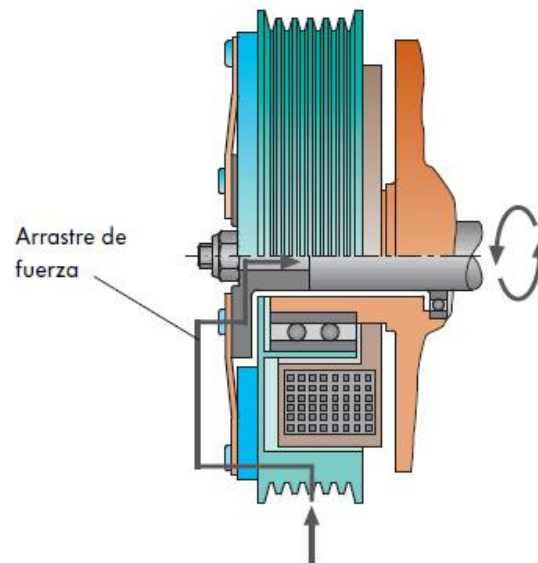


Figura 99 Acoplamiento Activado

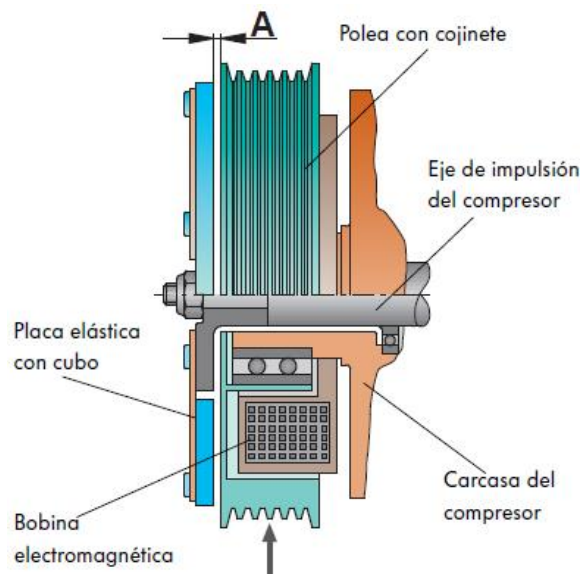


Figura 100 Acoplamiento Desactivado

Configuración

El acoplamiento consta de:

- Polea con cojinete.
- Placa elástica con cubo.
- Bobina electromagnética.

El cubo de la placa elástica está fijado al eje de impulsión (flecha) del compresor. La polea va alojada en disposición giratoria en la carcasa del compresor, a la salida del eje. La bobina electromagnética va fijada a la carcasa del compresor. Entre la placa elástica y la polea existe un espacio libre "A".

Funcionamiento

El motor del vehículo impulsa la polea (flecha) por medio de la banda.

La polea gira libremente al estar desactivado el compresor.

Al ser activado el compresor se aplica una tensión eléctrica a la bobina, generándose un campo electromagnético. Este campo atrae a la placa elástica contra la polea en rotación (anulándose el espacio libre "A"), con lo cual se establece una transmisión de fuerza entre la polea y el eje de impulsión del compresor.

El compresor gira paralelamente con la polea y la banda.

Pero sólo acompaña el giro hasta que se interrumpa el circuito eléctrico hacia la bobina electromagnética.

La placa elástica vuelve a su posición original impulsada por los muelles de la polea.

La polea vuelve a girar, sin arrastrar el eje del compresor.

Condensador

Construcción del Condensador

Consta de un serpentín tubular unido fijamente por medio de aletas. De ese modo se consigue una gran superficie de refrigeración y un buen flujo del calor.

El ventilador del radiador se encarga de refrigerar el condensador al ser puesto en funcionamiento el aire acondicionado, con objeto de asegurar la circulación del refrigerante.

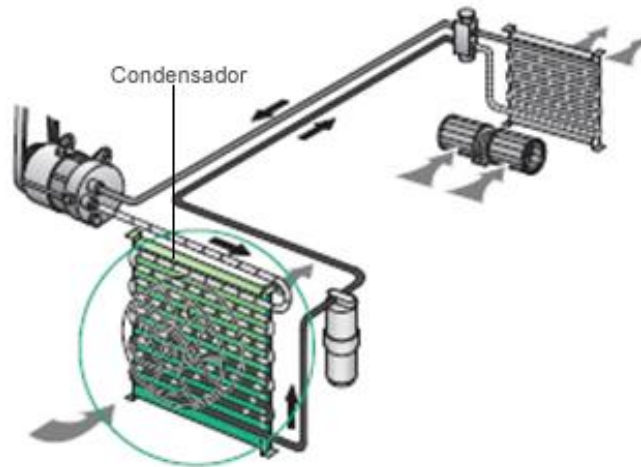


Figura 101 Condensador

Se monta siempre delante del radiador. De esa forma aumenta el rendimiento del condensador. El intercambio de calor en el condensador se realiza a base de un intercambio de calor con el aire. El enfriamiento se establece con ayuda del viento de la marcha y la intervención del ventilador para el radiador según la versión también puede tener un ventilador adicional. El ventilador suele ponerse en funcionamiento al momento en que se activa el aire acondicionado.

Las impurezas en el exterior del condensador reducen el paso del aire, lo cual puede afectar el rendimiento del sistema de refrigeración y la refrigeración del motor.

Funcionamiento

Procedente del compresor, el refrigerante gaseoso, caliente, entra por la parte superior del condensador, teniendo una temperatura de aprox. 50° a 70° C. Los tubos y las aletas del condensador absorben calor.

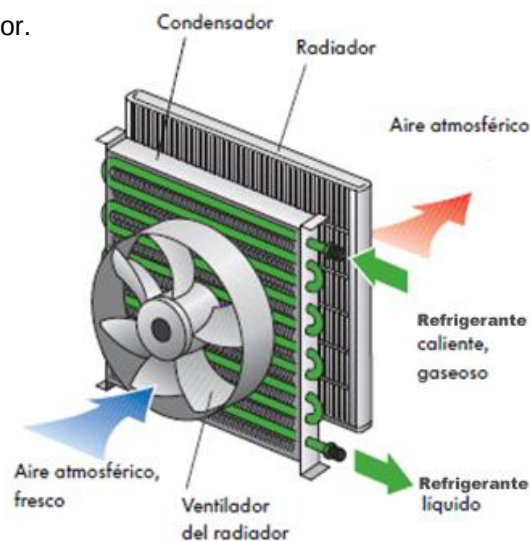


Figura 102 Circulación del Refrigerante en el Condensador

A través del condensador se hace pasar aire atmosférico fresco, que absorbe el calor y hace que el refrigerante gaseoso se enfríe. Al enfriar, el refrigerante se condensa a una temperatura y una presión específicas, adoptando el estado líquido. Sale por la parte inferior del condensador en estado líquido.

Depósito de Líquido y Deshidratador

El depósito de líquido se coloca entre el condensador y el elemento de expansión. El depósito de líquido en el sistema de refrigeración con válvula de expansión se utiliza para la expansión y para guardar el refrigerante.

Al variar las condiciones operativas, por ejemplo: las cargas térmicas del evaporador y condensador o el régimen del compresor, también se usa una cantidad variable de refrigerante a través del circuito.

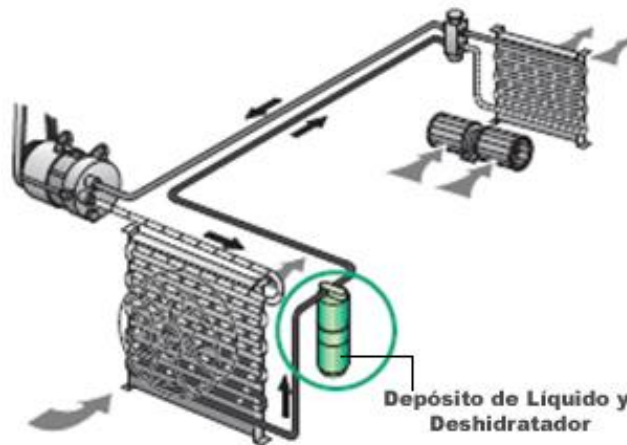


Figura 103 Depósito de Líquido y Deshidratador

Para compensar estas fluctuaciones se integra en el circuito este depósito de líquido. En el deshidratador se retira químicamente la humedad que penetra en el sistema de refrigeración durante los trabajos de montaje. Según la versión de que se trate puede absorber entre 6 y 12 g de agua. La cantidad absorbida está sujeta a la temperatura y aumenta a medida que bajan las temperaturas. También se asientan aquí las partículas de desgaste del compresor, suciedad del montaje y similares.

Funcionamiento

Tiene 2 funciones uno es almacenar el refrigerante y otra es la eliminación de humedad y partículas extrañas del refrigerante. Procedente del condensador, el refrigerante líquido pasa lateralmente hacia el depósito. Allí se colecta y luego recorre el deshidratador, tras lo cual pasa en un flujo

ininterrumpidamente continuo y exento de burbujas a través del tubo ascendente hacia la válvula de expansión.

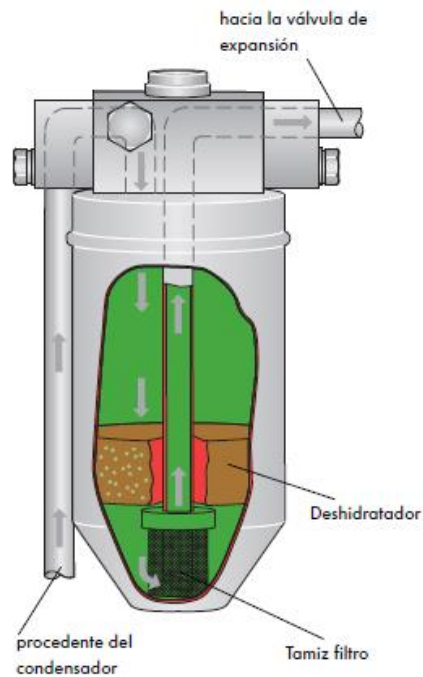


Figura 104 Flujo en el Deshidratador

Válvula de Expansión

La válvula de expansión es el sitio en el que el refrigerante disminuye su presión para entrar al evaporador, provocando la absorción del calor. Constituye el sitio de la división entre los lados de alta y baja presión en el circuito frigorífico.

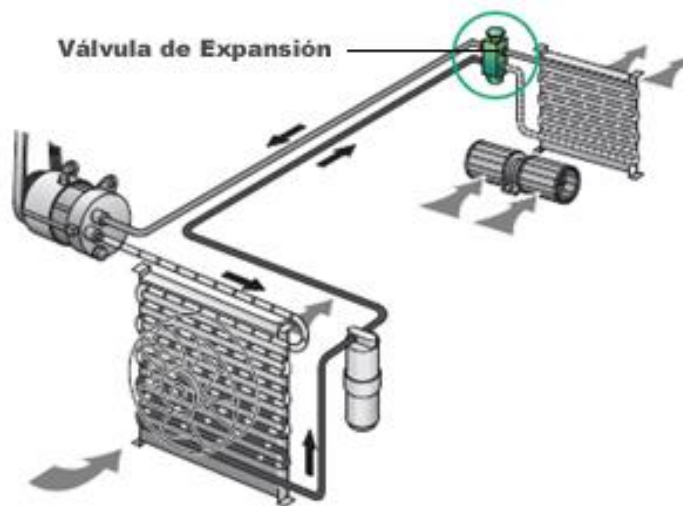


Figura 105 Válvula de Expansión

Con la válvula de expansión se regula el flujo del refrigerante hacia el evaporador en función de la temperatura que tiene el vapor del refrigerante a la salida del evaporador.

En el evaporador solo se disminuye la presión a la cantidad de refrigerante que resulta necesaria para mantener un enfriamiento uniforme en el evaporador.

Regulación

El flujo del refrigerante se realiza por medio de la válvula de expansión, en función de la temperatura.

- Si aumenta la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, el termostato envía un señal para enviar más refrigerante. El flujo a través de la válvula de bola aumenta hacia el evaporador.
- Si baja la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, el volumen del refrigerante se reduce. Debido a ello se reduce a su vez el flujo hacia el evaporador en la válvula de bola.

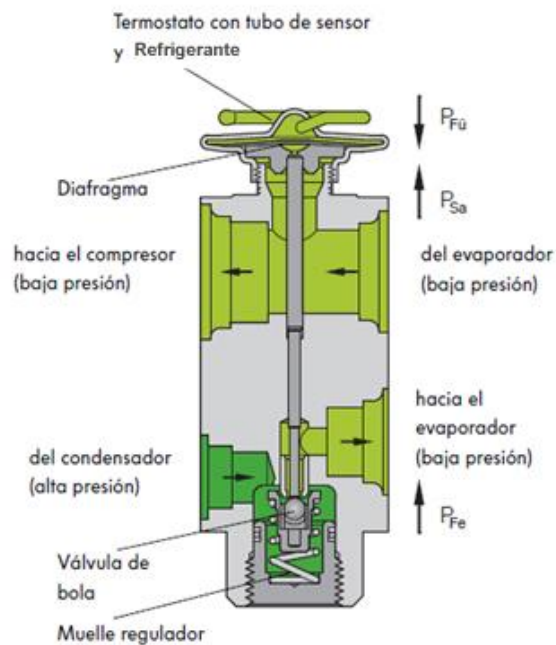


Figura 106 Componentes de la Válvula de Expansión

La válvula termostática de expansión trabaja en acción conjunta de 3 diferentes fuerzas:

1. La presión en el tubo del sensor depende de la temperatura que tenga el refrigerante sobrecalentado. Actúa como fuerza de apertura sobre el diafragma, parte superior del diafragma.
2. La presión del evaporador actúa en dirección opuesta al diafragma, parte inferior del diafragma.

3. La presión del muelle regulador (resorte) actúa en la misma dirección que la presión del evaporador, pate inferior del diafragma.

Elemento de Expansión

El elemento de expansión es un espacio reducido en el sistema de refrigeración, antes del evaporador. Este espacio reducido “estrangula” el paso del refrigerante.

Antes del elemento de expansión, el refrigerante está sometido a alta presión y con alto contenido de calor.

Al pasar por el elemento de expansión se produce una rápida caída de la presión.

El refrigerante se evapora a baja presión.

El elemento de expansión separa los lados de alta y baja presión en el ciclo de refrigeración.

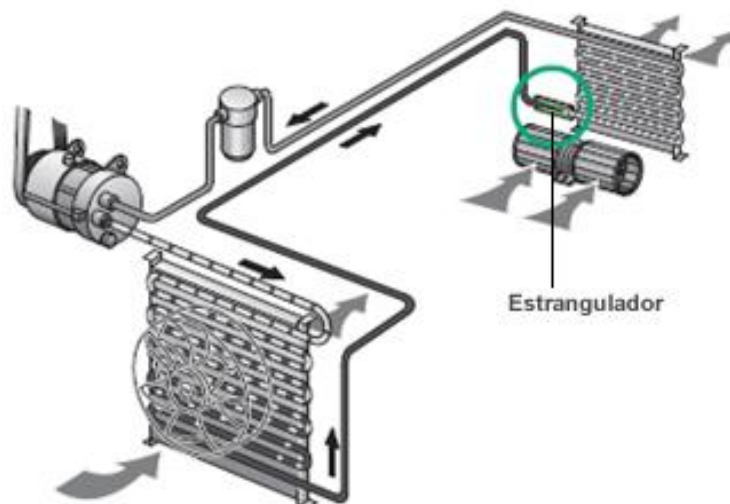


Figura 107 Localización del Estrangulador

Funciones

- Determinación del caudal de refrigerante. Esto se realiza con ayuda del orificio calibrado. A través de este únicamente puede pasar una cantidad de refrigerante equivalente a la presión momentánea.
- Mantener la presión por el lado de alta presión del ciclo de refrigeración estando el compresor en funcionamiento, manteniendo así a su vez el refrigerante en estado líquido.
- En el elemento de expansión se produce una caída de la presión. Debido a una evaporación parcial del refrigerante tiene lugar un enfriamiento antes de la entrada al evaporador.
- Pulverización del refrigerante.

El elemento de expansión lleva instalado un tamiz para captar impurezas antes de llegar al sitio estrecho.

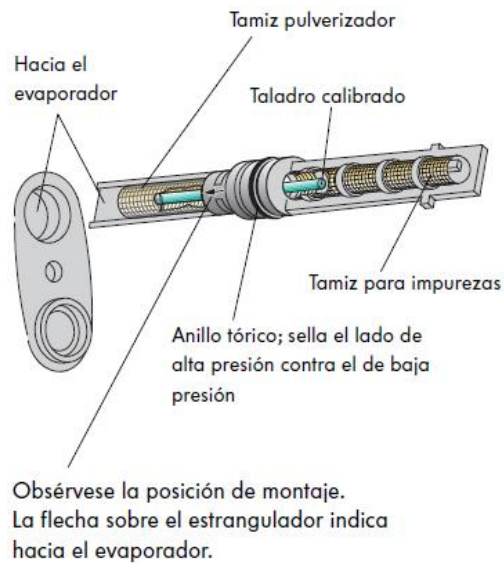


Figura 108 Elemento de Expansión

Detrás el sitio estrecho se encuentra un tamiz para la pulverización del refrigerante antes de su llegada al evaporador.

Evaporador

El evaporador trabaja según el principio de un intercambiador de calor. Es parte integrante del aire acondicionado y va integrado en la caja de la calefacción. Estando activado el aire acondicionado se extrae calor al aire que pasa entre las aletas del evaporador frío. Este aire se enfría y deshidrata.

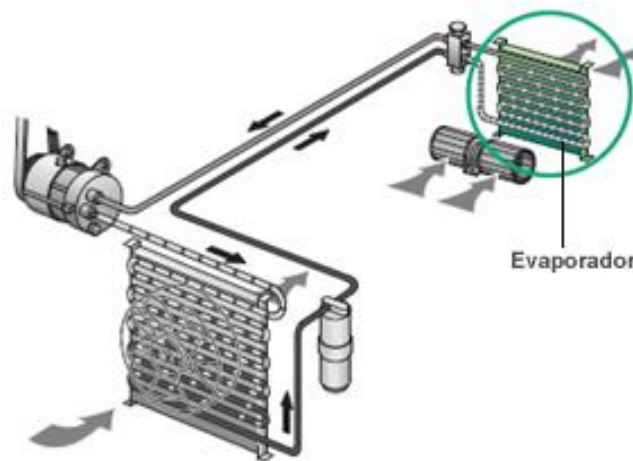


Figura 109 Evaporador

Funcionamiento

El refrigerante que deja pasar la válvula de expansión se disminuye la presión en el evaporador, enfriándose intensamente durante esa operación. Pasa al estado gaseoso, poniéndose en ebullición.

Al evaporarse en el evaporador, las temperaturas son bastante inferiores. El calor necesario para la evaporación lo extrae el refrigerante de su entorno en este caso, lo extrae del aire que pasa por el evaporador. Este aire refrigerado se conduce hacia la cabina.

La humedad del aire refrigerado se condensa en los sitios del evaporador, en los que las temperaturas resultan inferiores a las del punto de rocío. Se produce agua condensada. El aire se deshidrata, de esa forma mejora sensiblemente la climatización de la cabina, dotándose rápidamente de un aire de buena calidad.

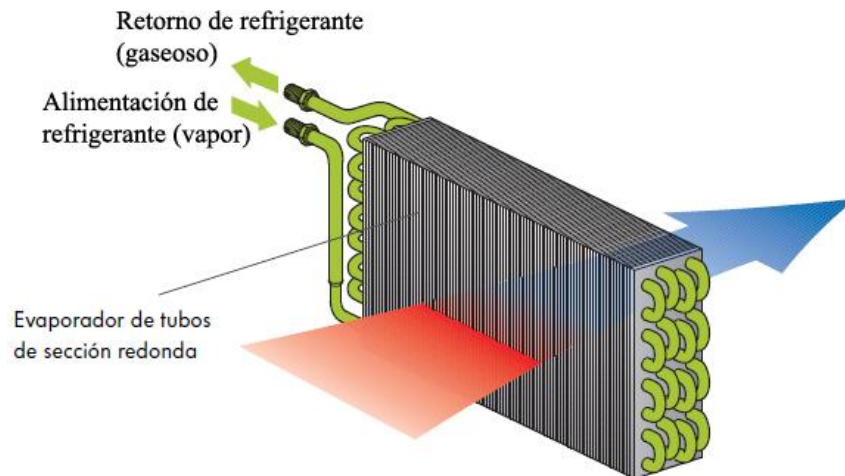


Figura 110 Paso del Aire Sobre el Evaporador

Las partículas suspendidas en el aire se asientan adicionalmente a la humedad en el evaporador. El evaporador también limpia el aire de esa forma.

Dispositivos de Protección

Se componen de:

- Interruptor de presión dual: se instala en la línea de líquido entre la salida del depósito de líquido y la entrada del evaporador. Sensa la alta y baja presión del refrigerante en el sistema y apaga el acoplamiento electromagnético (clutch magnético) para evitar cualquier daño a las mangueras debido a altas presiones.

También evitará presiones anormales en el compresor si la presión anormalmente baja. Por otro lado si la presión es muy baja debido a una fuga, el interruptor de presión de baja activara la función de desacoplamiento del clutch para prevenir perdida de refrigerante y aceite.

- Fusibles de protección: protege al sistema de R-12 contra altas presiones fundiéndose para proteger el sistema
- Válvula de alivio: en el caso de unidades MAC de R-134a, una válvula de alivio de presión se usa en lugar del fusible de protección. La válvula de alivio de presión se localiza en el block de cilindros del compresor y libera el refrigerante en caso de un exceso de protección bajo cualquier condición fuera de lo normal
- Termostato/termistor: el termostato se usa para evitar la formación de escarcha en el evaporador. Esto también es conocido como sistema anti escarcha. Si la temperatura de evaporación del refrigerante está por debajo de 0°C, se formara escarcha en las aletas reduciendo el paso del aire y se bloquea el evaporador perdiendo capacidad de enfriamiento. Para resolver este problema, un termostato se usa para controlar la temperatura del aire de la cabina al nivel deseado. El termostato apaga el compresor a través del acoplamiento electromagnético cuando la temperatura en las aletas cae del valor ajustado de temperatura.

En algunos modelos de MAC otro tipo de dispositivo anti escarcha se usa. Esta localizado en el ducto del evaporador y apaga el compresor a través del acoplamiento electromagnético cuando la temperatura cae de la temperatura ajustada. La resistencia del termistor es inversamente proporcional a la temperatura. Cuando la temperatura disminuye, la resistencia del termistor aumenta. El termistor trasforma los cambios en temperatura a cambio de resistencia y comunica a una unidad amplificadora de control. Si la resistencia es mayor del valor ajustado el clutch se apaga para evitar la formación de escarcha en el evaporador.

- Micro switch: en algunos modelos de MAC un micro switch se utiliza para proteger el motor del auto. Este switch se utiliza en la entrada de la tubería metálica del radiador y sensa la temperatura del refrigerante fluyendo a través de la tubería. En el caso de condiciones fuera de lo normal, cuando la temperatura del refrigerante cruza un valor establecido (105°C) apaga el compresor a través del clutch y arranca nuevamente el compresor cuando la temperatura disminuye abajo del valor establecido (digamos 103°C).

TRANSPORTE REFRIGERADO

Incluye camiones y remolques refrigerados. Su uso se justifica para algunos productos altamente precederos utilizándose como parte integral de una cadena de frío. Los sistemas mecánicos de refrigeración instalados en camiones varían en función de su capacidad de enfriamiento. La mayoría

sirve únicamente para mantener la temperatura del producto pre-enfriado previamente, ya que los equipos que poseen, no están diseñados para extraer calor. En viajes largos puede ser necesario alguna forma de ventilación para evitar la disminución del oxígeno y la acumulación de dióxido de carbono.



Figura 111 Contenedor Refrigerado

Características de los equipos

Los equipos de frío suelen estar montados al frente y por fuera de la cabina refrigerada. Los sistemas de refrigeración deben tener suficiente capacidad para mantener los productos a la temperatura óptima de almacenamiento. El valor total de calor que el sistema de refrigeración debe remover en la cámara se llama "**carga de enfriamiento**". Este es el calor generado o transferido que es necesario retirar a fin de lograr las condiciones deseadas para el producto.

Existen diversas fuentes de calor que deben ser eliminadas al colocar el producto dentro del vehículo a fin de crear y mantener determinadas condiciones deseadas.

Ellas son:

- **Carga de transmisión:** Calor que entra a través de las paredes, techo y piso.
- **Carga por renovaciones de aire:** Intercambio de aire cuando se abren las puertas y debido a filtraciones.
- **Calor de respiración:** Calor generado por el producto como consecuencia natural de su respiración.

El compresor, usualmente recíprocante, es movido por un motor independiente de combustión interna y/o un motor eléctrico opcional. Los condensadores son de tubos de cobre aletados y funcionan con convección forzada.

Los evaporadores también son de tubos aletados con convección forzada. El sistema de descongelado es eléctrico o con gas caliente.

Las paredes están aisladas con poliuretano expandido para disminuir las ganancias de calor. Para disminuir la incidencia de la radiación, suelen pintarse con pinturas reflectantes. Este efecto benéfico necesita que se mantengan limpias las superficies.

La circulación de aire dentro de la caja refrigerada es fundamental para distribuir de manera homogénea las condiciones deseadas. Para ello se cuenta con un ventilador que recircula el aire uniformizando las condiciones.

El sistema tradicional suele distribuir el aire enfriado por encima del producto. La ilustración muestran las características mencionadas.

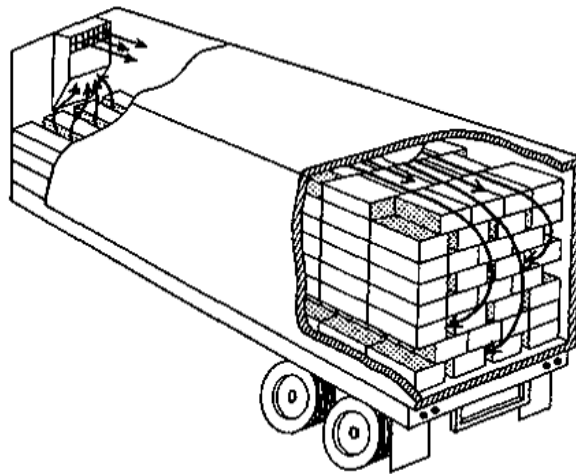


Figura 112 Distribución de Aire en la Caja Refrigerada

Barcos Frigoríficos

Totalmente equipados para la refrigeración, tienen sistemas eficientes para la circulación del aire y control de la velocidad de intercambio del aire. La carga se facilita por la existencia de escotillas laterales o por el uso de bandas transportadoras continuas especiales que transportan los bultos individuales desde el muelle de carga hasta las escotillas centrales del barco y después hacia las bodegas de carga (se usan en idéntica forma para descargar). Los barcos frigoríficos generalmente son de gran capacidad (4000 toneladas y más) y regularmente transportan productos frescos y congelados, a todo el mundo. Los factores que limitan su uso, son la duración de los viajes que puede ser superior a la vida de almacenamiento de la mayoría de los productos y la considerable manipulación que se requiere para cargar y descargar.

CONTENEDORES REFRIGERADOS

Son una forma especializada de transporte marítimo que está ganando rápidamente popularidad internacional. Cada contenedor puede tener su propio sistema de refrigeración independiente el cual se conecta a la red de electricidad del barco, o puede tener en un extremo ductos especiales para el aire, que están alineados con relación a los ductos del barco de modo que la refrigeración es proporcionada enteramente por el propio sistema del barco.

Los contenedores refrigerados tienen dimensiones estándares, todos son de 8 x 8 pies de ancho, pero pueden tener 10, 20, 30 o 40 pies de largo. Las dimensiones más usadas son la de 40 pies y después las de 20 pies.



Figura 113 Contenedor Refrigerado

Buenas Prácticas Adicionales para Unidades de Transporte Refrigerado

Se deben atender los siguientes datos:

- Los sistemas de refrigeración y enfriamiento deben ser inspeccionados antes de cada viaje para garantizar que funcionan adecuadamente.
- Se debe minimizar el tiempo de tránsito (el tiempo entre la retirada del almacenamiento frío y la carga en los contenedores refrigerados). Considerar la posibilidad de encender las unidades de refrigeración y enfriar el contenedor de transporte antes de la carga.
- Permitir la adecuada circulación del aire en el remolque o contenedor colocando adecuadamente el producto y no sobrecargando el contenedor.
- Se deben mantenerse registros de la temperatura durante el transporte. Los registradores de temperatura deben estar calibrados y ser inviolables para garantizar que se mantiene la temperatura de almacenamiento adecuada.
- Es importante la capacitación de los conductores y otro personal de transporte y manejo. Deben estar sensibilizados con la importancia del control de la temperatura y el tiempo de tránsito para mantener la seguridad y la calidad de los productos frescos.

PLACAS EUTÉCTICAS

La placa eutéctica absorbe el calor latente de fusión por medio de la solución eutéctica que contiene. Colocada dentro del contenedor, la placa disminuye la temperatura ya que previamente se han congelado las placas.



Figura 114 Uso de Placa Eutéctica en Transporte

El líquido eutéctico debe estar perfectamente solidificado antes de la utilización de la placa. La temperatura de congelación debe ser al menos 5°C inferior a la temperatura de fusión del líquido eutéctico.

La duración de acumulación por congelación puede variar entre 6 y 24 horas dependiendo del equipo de refrigeración utilizado.

REFRIGERANTES ALTERNATIVOS PARA MAC

- R-134a (HFC)
- R-413A (HFC) M049
- R-406A (HCFC)
- Hidrocarburos (mezcla de HC-290/HC-600a)

- Dióxido de Carbono (CO₂ ciclo transcrito)
- R-152a (HFC)

Al realizar un retrofit de R-12 a R-134a se recomienda utilizar aceite POE.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA BUENAS PRÁCTICAS DE SERVICIO

- Recuperadora
- Bomba de vacío de doble etapa para lograr hasta 250 micrones
- Equipo de carga de refrigerante
- Balanza
- Cilindro de recuperación de refrigerante
- Manómetros
- Detector de fugas

DIFERENCIAS EN LOS CIRCUITOS DE REFRIGERACION DE R-12 CON R-134a PARA MAC.

Para asegurarse que el sistema de refrigeración tiene una operación óptima con un refrigerante HFC son necesarios algunos cambios:

- Algunos compresores se diseñan especialmente para una operación optima con R-134a (el aceite lubricante es diferente y el desplazamiento del compresor es ligeramente mayor).
- El recibidor deshidratador de la línea de líquido es del tipo molecular de zeolitas, el cual tiene una capacidad de remoción de humedad más grande que el del tipo sílica usado para R-12 con aceite mineral.
- La válvula de expansión para R-134a es diferente comparada con la de R-12.
- El condensador es diferente, principalmente es del tipo multifujo.
- Los “O” rings son del tipo HNBR (Hydrogenated Nitrile Butadiene Rubber) o Neopreno.
- Las mangueras usadas para R-134a son de HNBR.

TIPOS DE RETROFIT EN MAC

Retrofits de Bajo Costo

Los retrofits bajo este procedimiento no requieren cambiar la mayor cantidad de los componentes como el compresor, evaporador, condensador, válvulas de expansión y las mangueras.

Mangueras: El R-134a se fugara a través de una manguera que utilizaba anteriormente R-12 más rápidamente, que el R-12. Se recomienda que si no hay signos de fugas en las mangueras no es

necesario cambiarlas. El uso de aceite POE ayuda a reducir la posibilidad de fugas en las mangueras.

Retrofit de MAC Utilizando Mezcla de HCs

Generalmente se puede utilizar una mezcla de R-290(50%)/ R-600a (50%).

Sin embargo considerando la inflamabilidad en la parte de seguridad no se recomienda su uso.

PROCEDIMIENTO DE RETROFIT EN SISTEMAS MAC DE R-12 A R-134a

Paso 1: Inspección de unidad MAC antes del retrofit

- Conectar los manómetros y registrar la presión del lado de alta y baja.
- Se debe de verificar que no existan fugas en el sistema y las mangueras, residuos de aceite alrededor de uniones es un buen indicador de fugas, use un detector de fugas electrónico.
- Verificar el clutch del compresor en busca de señales de desprendimiento, Si hay señales de desprendimiento, checar bajo voltaje o amperaje.
- Chequear los interruptores, relevadores e instalación eléctrica del sistema.
- Chequear el ventilador del condensador.
- Reemplazar cualquier ventilador roto, faltante o las compuertas de aire.
- Enderezar cualquiera daño en las aletas del condensador y limpiar el condensador completamente con aire comprimido o agua a presión para eliminar toda la suciedad acumulada ya que reduce la eficiencia del condensador.

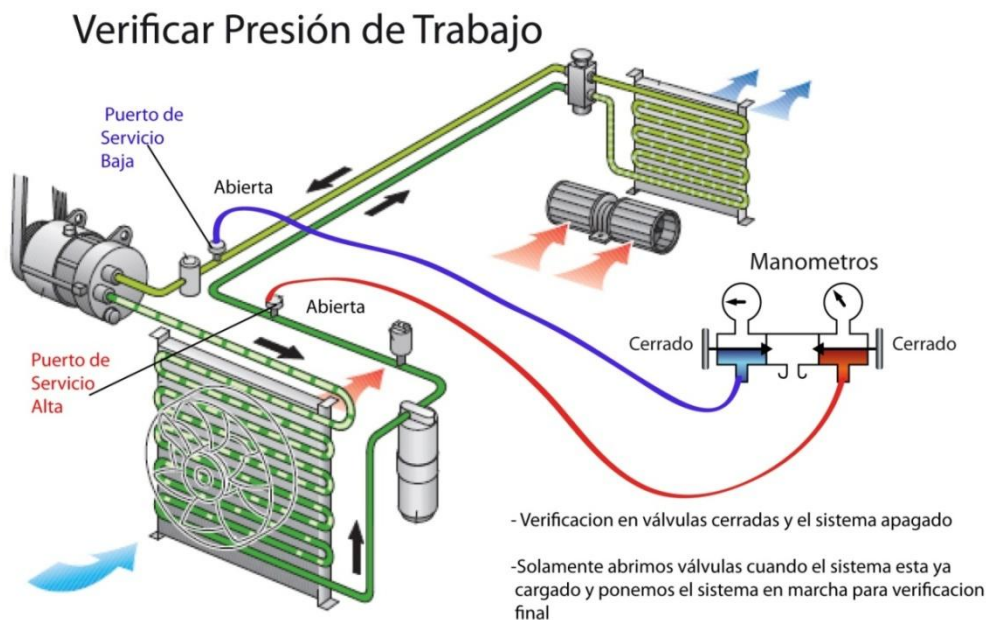


Figura 115 Verificación de las Presiones de Trabajo

Pasó 2: Recuperar el refrigerante R-12

Recupere el R-12 de la unidad de MAC y almacénelo en un cilindro de recuperación. Puede reciclarse y utilizarse después.

Pasó 3: Limpieza y barrido del sistema

Desconecte las mangueras y componentes del sistema. Limpiar los componentes individualmente del sistema usando nitrógeno seco a 5 bares de presión. No usar aire comprimido ya que contiene humedad y otros contaminantes.

No realice barridos al compresor, válvula de expansión y depósito de líquido deshidratador.

Pasó 4: Reparación y reemplazo de componentes defectuosos

Realizar la reparación necesaria y reemplace los componentes que se requieran. En este paso reemplace cualquier manguera o componentes que se encuentren dañados durante las reparaciones del sistema de R-12 original.

- Utilizar "O" rings y empaques nuevos siempre que el sistema se abra.
- Lubrique los "O" rings y empaques antes de la instalación utilizando aceite mineral o POE

Pasó 5: Reemplazo de aceite

El aceite mineral se deberá cambiar debido a la baja miscibilidad con el R-134a usándose POE.

El aceite mineral debe drenarse del compresor y receptor-secador de la unidad de MAC existente. Drene la mayor cantidad de aceite mineral posible reemplácelo con aceite POE con la misma cantidad recolectada añadiéndole 2 onzas. Sin embargo, si se cambia el compresor por uno nuevo no hay necesidad de adicionar aceite, se recomienda no sobre pasar la cantidad de aceite recomendada.

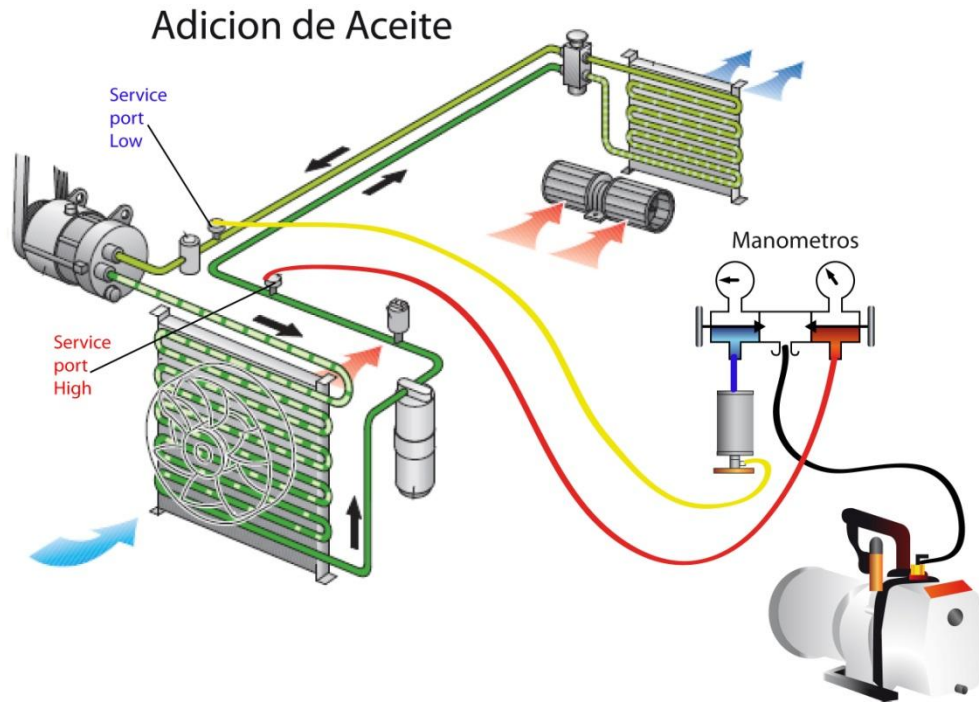


Figura 116 Adición de aceite

Pasó 6: Reemplazo de componentes

Los siguientes componentes del sistema se requieren ser reemplazados al hacer un cambio de refrigerante de R-12 a R-134a.

Deposito de líquido deshidratador

Se recomienda cambiar el depósito de líquido deshidratador por el adecuado para el R-134a, sin embargo el depósito existente se puede seguir utilizando para reducir el costo de la reconversión de refrigerante, tomando en cuenta que:

- El sistema no esté contaminado
- Solo cambiar los componentes indispensables
- El deshidratador no tiene más de 5 años de uso o que el auto no ha recorrido más de 100 000 kilómetros
- El depósito de liquido deshidratador debe ser del tipo molecular de zeolita

Si el depósito de liquido deshidratador no se va a cambiar se recomienda drenar el aceite mineral lo máximo posible.

Válvula de expansión (opcional)

Si la válvula de expansión original está trabajando adecuadamente el sistema funcionara bien con el R-134a reconvertido, sin embargo deberá tenerse cuidado de verificar que los empaques no se dañen con el aceite POE. Si la válvula de expansión está dañada cámbiese.

Interruptor de presión dual

Considerando que la relación presión-temperatura del R-134a es diferente al R-12. Para asegurar un funcionamiento adecuado y seguro del sistema, un interruptor de presión dual deberá ser instalado para R-134a.

Puertos de servicio

Se recomienda instalar puertos de servicio para R-134a. Esto evitara que en el futuro el sistema de aire acondicionado sea cargado con R-12. Antes de la instalación verifique que el espacio sea adecuado para la conexión de los manómetros con los coples de cierre rápido del R-134a. Algunos sistemas podrán requerir para la instalación de los puertos de servicio colocarlos en ángulo de 90° para R-134a, en lugar de los adaptadores verticales. Únicamente adaptadores para R-134a que cumplan con la norma deberán ser usadas.

Pasó 7: Prueba de fugas y vacio

Realice la detección de fugas de una manera similar al R-12. Use nitrógeno seco a una presión aproximada de 10 bar con una pequeña cantidad de refrigerante R-134a (digamos 10-20 gr.) y use un detector electrónico para identificar fugas.

Deberá realizarse vacio al sistema para remover humedad y gases no condensables como aire. Para evacuar el sistema utilice un vacuómetro y una bomba de vacio logrando un vacio de 250 micrones, mantenga la bomba en funcionamiento por lo menos 30 minutos y asegúrese de que se mantenga el vacío.

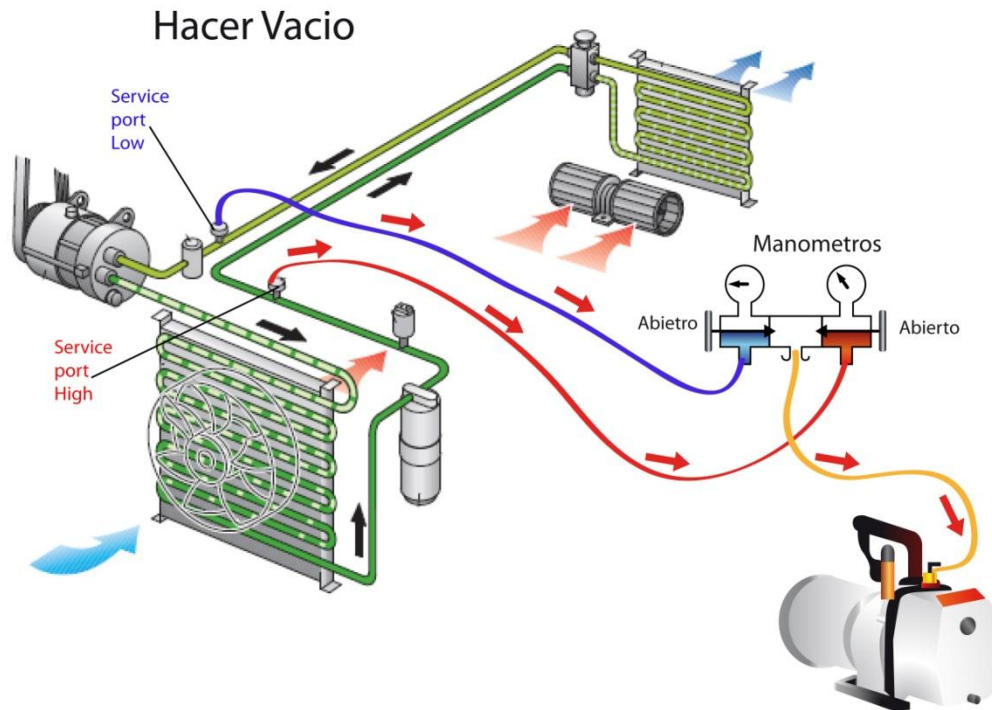


Figura 117 Prueba de Vacío

Pasó 8: Carga con R-134a

Es esencial que el sistema este cargado con la cantidad exacta. Se recomienda utilizar una balanza electrónica o un cilindro de carga graduado, los manómetros y mangueras correspondientes para realizar el proceso. La carga también puede realizarse observando el indicador de líquido lo cual no es muy exacto, pero nos puede servir de guía.

Procedimiento de Carga de Refrigerante:

- Por peso.
- Por presiones.
- Por sobrecalentamiento en la succión.

Por peso: La carga de refrigerante corresponde a la cantidad de que nos muestra la placa de un enfriador o a la cantidad que previamente hayamos identificado en un sistema, el uso de la balanza, será un apoyo importante anotando el peso del cilindro de refrigerante y por diferencia de peso ajustamos la carga, se recomienda cargar el 80% de la carga recomendada y el resto ajustarla una que arrancamos el sistema.

Por presiones: Consiste en cargar el refrigerante considerando el régimen de temperatura y la presión de operación, así como el tipo de refrigerante, el uso de los manómetros será una herramienta imprescindible para utilizar este método.

Por sobrecalentamiento en la succión del compresor: Para realizar la carga de refrigerante por este método, se puede utilizar un dispositivo que una vez conectado mediante las mangueras al sistema, cuando hemos cargado algo de refrigerante, nos permite ajustar la carga dejando el sistema con el sobrecalentamiento recomendado otra posibilidad, puede ser determinando la temperatura a la entrada del compresor y restarle la temperatura de saturación correspondiente a su presión de saturación.

En todos los casos el consumo de corriente en Amperes será importante verificar que no sobre pase el nominal, así como revisar la mirilla de líquido, las tablas de presión-temperatura para los refrigerantes utilizados y los manómetros para baja y para alta serán una herramienta muy importante.

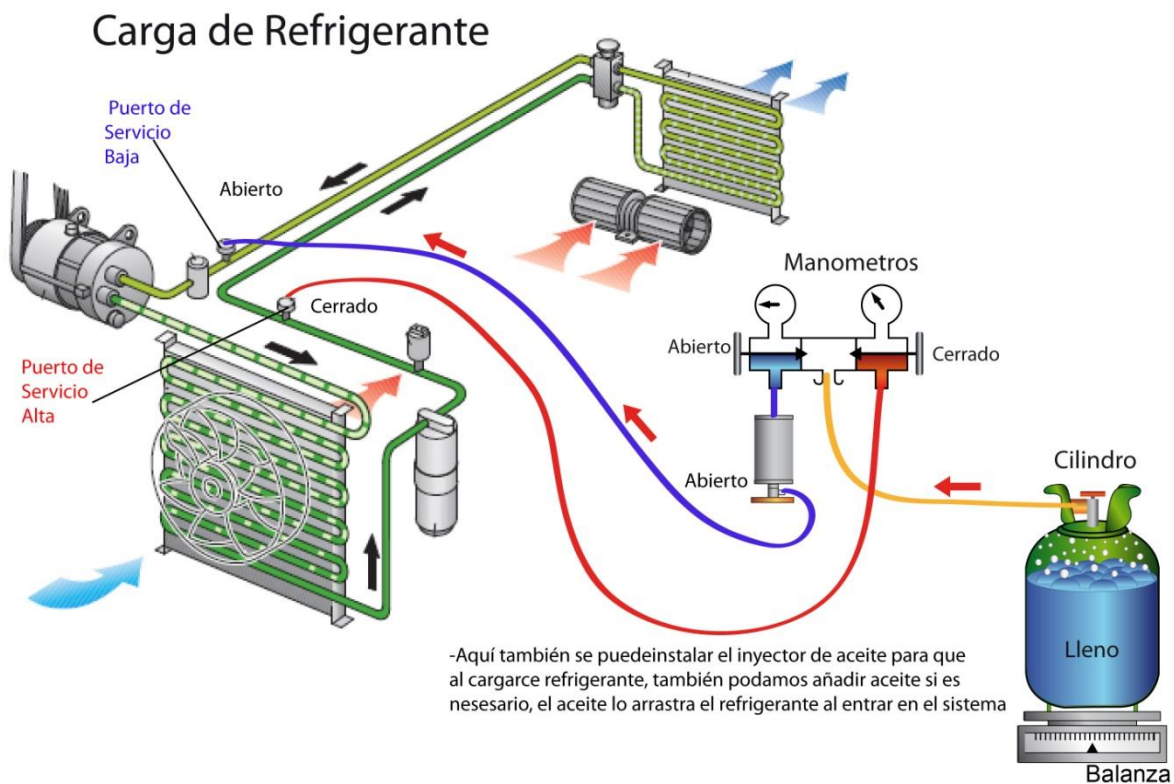


Figura 118 Carga de Refrigerante

Pasó 9: Remoción de los manómetros, mangueras y cierre de los puertos de servicio

Retire los manómetros, mangueras y coloque los tapones de los puertos de paso, para prevenir fugas de refrigerante. El uso de los tapones de los puertos de servicio también previene la acumulación de polvo y otros contaminantes alrededor de los puertos de servicio.

Pasó 10: Prueba de funcionamiento

Para probar el funcionamiento de la unidad de aire acondicionado de un automóvil reconvertido a R-134a realice una prueba de operación. Puede notar que durante el enfriamiento inicial puede llevar más tiempo comparativamente con el sistema de R-12. Verifique las temperaturas del aire en el suministro y retorno. La temperatura del aire en las rejillas de suministro y retorno pueden variar de 5 a 10°C y de 21 a 26°C respectivamente.

Nota: Cuando compare el sistema de R-134a reconvertido con el original de R-12; siempre opere el sistema a las mismas condiciones de temperatura ambiente, humedad y condiciones exteriores.

Pasó 11: Etiquetado

El sistema reconvertido deberá contener una etiqueta que describa el tipo de aceite utilizado en el sistema, el tipo de refrigerante y la cantidad cargada.

TABLAS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Longitud

m	mm	pie	yd	pulgada
1	10 ^{3*}	3.2808	1.0936	39.37
10 ^{-3*}	1	3.28 X 10 ⁻³	1.0936X10 ⁻³	3.937X10 ⁻²
0.3048	304.8	1	0.333	12
0.9144	914.4	3	1	36
25.4 X 10 ^{-3*}	25.4	83.3 X 10 ⁻³	27.8 X 10 ⁻³	1

Area

m ²	cm ²	pie ²	pulg ²	yd ²
1	10 ^{4*}	10.764	1550	1.196
92.9X10 ^{-3*}	929	1	144	0.1111
0.64516 X10 ^{-3*}	6.4516	6.944 X10 ⁻³	1	0.0008
0.8361	8361	9	1296	1

Volumen

m ³	dm ³	pie ³	UK gal	US gal
1	10 ^{3*}	35.315	219.98	264.28
10 ^{-3*}	1	0.035315	0.21998	0.26428
28.317 X10 ⁻³	28.317	1	6.2290	7.4805
4.546 X10 ⁻³	4.546	0.1605	1	1.2011
3.785 X10 ⁻³	3.785	0.13368	0.8326	1

Energía

J = Ws	kWh	kcal	Btu
1	0.2778 X10 ⁻⁶	0.239 X10 ⁻³	0.948 X10 ⁻³
3.6 X10 ⁻⁶	1	860	3413
4186.8	1.163 X10 ⁻³	1	3.9685
1055	0.293 X10 ⁻³	0.25198	1

Presión

Pa =N/m ²	Bar=10 ⁵ N/m ²	kg/cm ² =at	m H ₂ O	psi	Pulg. H ₂ O
1	10X10 ^{-6*}	10.197X10 ⁻⁶	101.97X10 ⁻⁶	145.03X10 ⁻⁶	4.015X10 ⁻³
100X10 ⁻³	1	1.0197	10.197	14.503	401.5
98.067X10 ⁻³	0.98067	1	10	14.223	393.71
9.8067X10 ⁻³	98.067X10 ⁻³	0.1	1	1.4222	39.370
6.8948X10 ⁻³	68.948X10 ⁻³	70.306X10 ⁻³	0.70308	1	27.68
249.08	2.4908X10 ⁻³	2.5398X10 ⁻³	25.4X10 ^{-3*}	36.05X10 ⁻³	1

Potencia

kW = kJ/s	CV	kcal/h	hp	Btu/h	Ton of ref. (TR)
1	1.36	860	1.34	3413	0.284
0.7355	1	632	0.986	2510	2.09
1.163 X10 ⁻³	1.58 X10 ⁻³	1	1.56 X10 ⁻³	3.97	0.331 X10 ⁻³
0.7457	1.014	642	1	2545	2.12
0.293 X10 ⁻³	0.399 X10 ⁻³	0.252	0.393 X10 ⁻³	1	8.33 X10 ⁻³
3.516	0.479	3024	0.471	12000	1

Tomado de Danfoss * valor exacto

Velocidad

m/s	km/h	pies/min	pies/seg	millas/h
1*	3.6*	196.85	3.2808	2.2369
0.2778	1*	54.68	0.911	0.6214
5.08×10^{-3} *	18.29×10^{-3} *	1*	16.66×10^{-3} *	11.36×10^{-3} *
0.3048*	1.09728*	60*	1*	0.682
0.44704*	1.6093	88	1.466	1*

Masa

kg	g	lb	Oz
1*	1000*	2.2046	35.274
10^{-3}	1*	2.205×10^{-3} *	35.27×10^{-3} *
0.45359	453.59	1*	16*
28.35×10^{-3}	28.35	62.5×10^{-3}	1*

Gasto volumétrico

m ³ /s	m ³ /h	pie ³ /min	UK gal/min	US gal/min
1*	3600*	2119	13198	15851
0.27778×10^{-3}	1	0.5886	3.6661	4.4029
0.4719×10^{-3}	1.699	1*	6.2288	7.4805
75.76×10^{-6}	0.273	0.1605	1*	1.201
63.09×10^{-6}	0.2271	0.1337	0.8326	1*

Conductividad térmica

W/m - °C	Kcal/m - h - °C	Btu/pie - h - °F
1*	0.860*	0.5779
1.163	1*	0.6720
1.730	1.4882	1*

Coefficiente de transferencia de calor

W/m ² - °C	Kcal/m ² - h - °C	Btu/pie ² - h - °F
1*	0.860*	0.1763
1.163	1*	0.205
5.678	4.882	1*

Calor específico

kJ/kg - °C	kcal/kg - °C	Btu/lb - °F
1*	0.2389	0.2389
4.187	1*	1*
4.187	1*	1*

Entalpía

kJ/kg	kcal/kg	Btu/lb
1*	0.2389	0.4301
4.187	1*	1.80
2.3255	0.55556	1*

tomado de Danfoss * valor exacto

PRESIÓN						
PULG. WG	Pascal	Psi	PULG. HG	mm WG	mm HG	Atm
1	248.36	0.03602	0.07334	25.400	1.8628	0.00245
0.00403	1	0.00015	0.00030	0.10227	0.00750	0.00001
27.761	6894.7	1	2.0360	705.13	51.715	0.06805
13.635	3386.4	0.49116	1	346.33	25.400	0.03342
0.03937	9.7779	0.00142	0.00289	1	0.07334	0.00010
0.53681	133.32	0.01934	0.03937	13.635	1	0.00132
407.98	101325	14.696	29.921	10363	760.00	1

GASTO VOLUMETRICO					
CFM	m ³ /s	m ³ /min	m ³ /hr	L/s	L/min
1	0.000472	0.02832	1.6990	0.47195	28.317
2118.9	1	60.000	3600.0	1000.0	60000
35.314	0.01667	1	60.000	16.667	1000
0.58858	0.00028	0.01667	1	0.27778	16.667
2.1189	0.00100	0.06000	3.6000	1	60.000
0.03531	0.00002	0.00100	0.06000	0.01667	1

VELOCIDAD					
pies/min	m/s	m/min	m/hr	mph	knots
1	0.00508	0.30480	18.288	0.01136	0.00987
196.85	1	60.000	3600.0	2.2369	1.9425
3.2808	0.01667	1	60.000	0.03728	0.03238
0.05468	0.00028	0.01667	1	0.00062	0.00054
88.000	0.44704	26.822	1609.4	1	0.86839
101.34	0.51479	30.887	1853.2	1.1516	1

VELOCIDAD DE ROTACION	
rpm	rps
1	0.01667
60.000	1

DENSIDAD	
Lbs/pie ³	Kg/m ³
1	16.018
0.06243	1

CONVERSION DE TEMPERATURAS	
°F = (9/5) °C + 32	°F = (°C x 1.8) + 32
°C = (5/9)(°F - 32)	°C = (°F - 32) / 1.8
°K = °C + 273.15	°R = °F + 459.67

Tomado de New York Blower Co.

VOLUMEN

	Litros	m ³	pulg ^{3 1)}	pie ^{3 4)}	US gal ³⁾	Imp.gal. 4)	Bu.(brit.) 5)	Bu.(US) 6)
Litro	1	0.001	61.024	0.03531	0.2642	0.220	0.02750	0.02838
m ³	1000	1	61024	35.31	264.2	220	27.50	28.38
pulg ^{3 1)}	16.387x10 ⁻³	16.387x10 ⁻⁶	1	0.5787x10 ⁻³	4.329x10 ⁻³	0.003606	0.4508x10 ⁻³	0.4650x10 ⁻³
pie ^{3 4)}	28.32	0.02832	1728	1	7.481	6.229	0.7786	0.8036
US gal ³⁾	3.785	0.003785	231.0	0.1337	1	0.8327	--	0.1074
Imp.gal. 4)	4.546	0.004546	277.3	0.16054	1.201	1	0.125	--
bu.(Brit.) 5)	36.37	0.03637	2219	1.284	--	8	1	1.032
bu.(US) 6)	35.24	0.03524	2150	1.244	9.31	--	0.967	1

¹⁾ pulg cubica ²⁾pie cubico ³⁾US-Gallon ⁴⁾Imperial Gallon ⁵⁾Bushel (dry ,British) ⁶⁾Bushel (dry, US)

MASA

	Kg 1)	Lb (pound)	Short ton (USA)	Long ton (engl.)	US-cwt 2)	Engl. Cwt 3)
Kg 1)	1	2.205	0.001102	0.9843x10 ⁻³	0.02205	0.01968
Lb (pound)	0.4536	1	0.500x10 ⁻³	0.4464x10 ⁻³	0.01	0.008929
Short ton (USA)	907.2	2000	1	0.8929	20	17.86
Long ton (engl.)	1016	2240	1.12	1	22.4	20
US-cwt 2)	45.36	100	0.05	0.04464	1	0.8929
Engl. Cwt 3)	50.8	112	0.056	0.05	1.12	1

Français: 1 stène = 102 kg

¹⁾ kilopond (kp) ²⁾hundred weight (short) ³⁾hundred weight (long)

DENSIDAD

	Kg/litro	Kg/m ³	Lb/pie ³	Lb/gal. (Imp.)	Lb/gal. (US)
Kg/litro	1	1000	62.43	10.022	8.345
Kg/m ³	0.001	1	0.06243	0.010022	0.008345
Lb/pie ³	0.01602	16.02	1	0.16054	0.1337
Lb/gal. (Imp.)	0.09978	99.78	6.229	1	0.8327
Lb/gal. (US)	0.1198	119.8	7.481	1.201	1

1) libra por pie cubico 2) libra por imperial-gallon 3) libra por US-Gallon

VOLUMEN ESPECIFICO

	litro/kg	m ³ /kg	pie ³ /lb
litro/kg	1	0.001	0.01602
m ³ /kg	1000	1	16.02
pie ³ /lb	62.43	0.06243	1

PRESIÓN

	kg/cm ² =at	Atm.	Lb/pie ²	Lb/plg ²	Bar (hpz) 1)
1kg/cm ² = 1at= 735.56Torr	1	0.9678	2048	14.223	0.9807
1Atm = 760 Torr	1.0332	1	2116	14.696	1.013
Lb/pie ²	0.4882x10 ⁻³	0.4725x10 ⁻³	1	6.944x10 ⁻³	0.479x10 ⁻³
Lb/pulg ²	0.07031	0.06805	144	1	0.06895
Bar (hpz) 1)	1.0197	0.9869	2089	14.504	1

¹⁾ hpz = hectopièze

POTENCIA

	Kcal/PSH ¹⁾	Kcal/kwh	Btu/h.p.hr. 2)
Kcal/PSH ¹⁾	1	1.360	4.025
Kcal/kwh	0.7353	1	2.960
Btu/h.p.hr. 2)	0.248	0.3377	1

¹⁾ kilo calorie por cvh

²⁾ horse power hour

Tomado del IIR Paris Francia

POTENCIA FRIGORÍFICA VOLUMÉTRICA

	Kcal/m ³	Btu/pie ³	Ton-day/pie ³
Kcal/m ³	1	0.1123	0.3901x10 ⁻⁶
Btu/pie ³	8.9	1	3.473x10 ⁻⁶
Ton-day/pie ³	2.563x10 ⁻⁶	288000	1

Ton-day = ton-day of refrigeration = 288000 Btu = 72575 Kcal

TRABAJO, ENERGIA Y CALOR (1)

	Kcal	kgm	Btu	Pie-lb
1Kcal ¹⁾	1	427.0	3.968	3088
1kgm	2.342x10 ⁻³	1	9.294x10 ⁻³	7.233
1Btu ²⁾	0.252	107.56	1	778.0
1Pie-lb	0.3238x10 ⁻³	0.13826	1.285x10 ⁻³	1
1KWh ³⁾	860.0	367210	3412.8	2.655x10 ⁶
1PSH ⁴⁾	632.3	270000	2509	1.953x10 ⁶
1h.p.hr ⁵⁾	641.1	273740	2545	1.980x10 ⁶
1Ton-day ⁶⁾	72575	30.99x10 ⁶	288000	224.1x10 ⁶
1Lb.ice.m ⁷⁾	36.29	15494	144	112.07x10 ³

1) kilo caloria, 2) btu, 3) kw h internacional, 4) cvh metrico 5)Horse Power hora 6)Ton –Day Of Refrigeration

7)Pound Ice Melting = Ice Melting Capacity (imc) 8)AUX U.S.A., 860.5 9)AUX U.S.A., 1.162X10⁻³

TRABAJO, ENERGIA Y CALOR (2)

	KWh ³⁾	PSH ⁴⁾	h.p.hr. ⁵⁾	Ton-day ⁶⁾	Lb.ice m ⁷⁾
1Kcal	1.1628x10 ^{-3 9)}	1.5814x10 ⁻³	1.559x10 ⁻³	13.779x10 ⁻⁶	0.02756
1kgm	2.7233x10 ⁻⁶	3.7037x10 ⁻⁶	3.6530x10 ⁻⁶	32.27x10 ⁻⁹	0.06453x10 ⁻³
1Btu	0.2930x10 ⁻³	0.3985x10 ⁻³	0.3929x10 ⁻³	3.4723x10 ⁻⁶	6.944x10 ⁻³
1Pie-lb	0.3766x10 ⁻⁶	0.5120x10 ⁻⁶	0.50505x10 ⁻⁶	4.462x10 ⁻⁹	8.923x10 ⁻³
1KWh	1	1.360	1.341	0.01185	23.70
1PSH	0.7353	1	0.9863	0.008713	17.43
1h.p.hr	0.7457	1.014	1	0.008834	17.67
1Ton-day	84.39	114.78	113.2	1	2000
1Lb.ice.m	0.0422	0.0574	0.0566	0.500x10 ⁻³	1

POTENCIA (1)

	kgm/s	CV	KW	H.P.
1kgm/s	1	0.013333	9.804x10 ⁻³	0.01315
1CV	75	1	0.7351	0.9863
1KW	102.0	1.360	1	1.341
1H.P.	76.04	1.014	0.7457	1
1Kcal/h	0.1186	1.581x10 ⁻³	1.163x10 ⁻³	1.560x10 ⁻³
1Btu/ hr	0.02989	0.3982x10 ⁻³	0.2930x10 ⁻³	0.3929x10 ⁻³
1Ton ⁴⁾	358.2	4.776	3.513	4.711
1Br. Ton ⁴⁾	396.9	5.287	3.888	5.214
1br.u.r. ³⁾ = 1kcal/s	427.0	5.693	4.186	5.615
1lb. Ice m.p.hr. ⁴⁾	4.30	0.05732	0.04216	0.05654

(franc): 1 poncelet = 100 mkg/s ; 1cheval vapeur = 1PS = 0.7355 kW = CV

¹⁾ Standard commercial Ton of refrigeration(U.S.A) ²⁾ British commercial Ton of refrigeration

³⁾ British theoretical unit of refrigeration ⁴⁾ Pound ice melting per hour (ice melting capacity)

Tomado del IIR Paris Francia

Potencia (2)

	1Kcal/h	1Btu/ hr	1Ton ¹⁾	1Br. Ton ²⁾	1br.u.r. ³⁾ = 1kcal/s	1lb. Ice m.p.hr. ⁴⁾
1kgm/s	8.4312	33.455	2.792x10 ⁻³	2.520x10 ⁻³	2.342x10 ⁻³	0.2326
1PS	632.3	2509.3	0.2094	0.1891	0.1756	17.45
1KW	860	3414	0.2846	0.2572	0.2389	23.72
1H.P.	641.2	2545	0.2123	0.21227	0.1781	17.69
1Kcal/h	1	3.968	0.3307x10 ⁻³	0.2994x10 ⁻³	0.2778x10 ⁻³	0.02756
1Btu/ hr	0.252	1	0.0833x10 ⁻³	75.31x10 ⁻³	0.07x10 ⁻³	6.944x10 ⁻³
1Ton ¹⁾	3024	12000	1	0.9037	0.831	83.33
1Br. Ton ²⁾	3340	13260	1.1045	1	0.9277	92.25
1br.u.r. ³⁾ = 1kcal/s	3600	14285	1.190	1.078	1	99.21
1lb. Ice m.p.hr. ⁴⁾	36.29	144	0.012	0.01084	0.01008	1

Lb.ice.m.p.hr : fusión de una libra de hielo por hora

ENTROPIA

$1 \frac{kcal}{kg-^{\circ}K}$	$1 \frac{kcal}{kg-^{\circ}C}$	$1 \frac{Btu}{lb-^{\circ}F}$
-------------------------------	-------------------------------	------------------------------

ENTALPIA

	Kcal/kg	Btu/lb
1Kcal/kg	1	1.800
1 Btu/lb	0.556	1

TRANSMISIÓN DE CALOR

(cantidad de calor por unidad de superficie)

	Kcal/m ²	Btu/pulg ²	Btu/pie ²
Kcal/m ²	1	2.560x10 ⁻³	0.369
Btu/pulg ²	390.6	1	144
Btu/pie ²	2.71	6.944x10 ⁻³	1

COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA (K)

	Kcal/m-h-°C	Btu-pulg/pie ² -h-°F	Btu/pie-h-°F
Kcal/m-h-°C	1	8.064	0.6719
Btu-pulg/pie ² -hr-°F	0.1240	1	1/12
Btu/pie-hr-°F	1.49	12	1

COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR (U)

	Kcal/m ² -h-°C	Btu/pie ² -h-°F
Kcal/m ² -h-°C	1	0.2048
Btu/pie ² -h-°F	4.883	1

Tomado del IIR de Paris Francia

FACTORES DE CONVERSION VARIOS			
Presión		Área	
1 lb/pie ²	= 47.8803 Pa	1 pie ²	= 0.0929 m ²
1 Pa	= 10 dy/cm ²		
1 lb/pie ²	= 4.884 kg/m ²		
Longitud		Volumen	
1 mil. de pulg.	= 0.0254 mm	1 pulg ³	= 16.3871 cm ³
1 pulg.	= 2.54 cm	1 yd ³	= 0.7646 m ³
1 pie	= 0.3048 m	1 Oz	= 29.57 ml
1 milla	= 1.6093 km		
1 Milla nautica	= 1.1516 mi.		
Energía		Prefijos métricos	
1 HP	= 1.014 metric HP	deci	= x 0.1
1 HP	= 0.0761 boiler HP	centi	= x 0.01
		mili	= x 0.001
		micro	= x 0.000001
		deca	= x 10.0
		hecto	= x 100.00
		kilo	= x 1000.00
Densidad		Volumen específico	
1 lb/plg ³	= 2.76799 x 10 ⁴ kg/m ³	1 pulg ³ /lb	= 3.61273 x 10 ⁻⁵ m ³ /kg
Entropía		Conductividad térmica	
1 kcal/kg-K	= 4.187 kJ/ kg-K	1 kcal/h-m-°c	= 1.163 W/m-K
1 Btu/Lb-°R	= 4. 187 kJ/ kg-K	1 Btu-pulg/h-pie ² -°F	= 1.44228 x 10 ⁻¹ W/m-K

1 Torr = 1 mm. hg.

U.S. INCH		
Fracción	Decimal	mm
1/16	0.06250	1.588
1/8	0.12500	3.175
3/16	0.18750	4.763
¼	0.25000	6.350
5/16	0.31250	7.938
3/8	0.37500	9.525
7/16	0.4375	11.113
½	0.5000	12.700
9/16	0.56250	14.288
5/8	0.62500	15.875
11/16	0.68750	17.463
¾	0.75000	19.050
13/16	0.81250	20.638
7/8	0.87500	22.225
15/16	0.93750	23.813
1	1	25.400

Tomado de New York Blower Co.

LEYES BASICAS DE LOS VENTILADORES		
VARIABLE	WHEN SPEED CHANGES	WHEN DENSITY CHANGE
VOLUMEN	$CFM_2 = CFM_1 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)$	DOES NOT CHANGE
PRESION	$P_2 = P_1 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^2$	$P_2 = P_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$
HORSE POWER	$BHP_2 = BHP_1 \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^3$	$BHP_2 = BHP_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$

FORMULAS ELECTRICAS
$Volts(E) = Amps(I) \times Ohms(R)$
$BHP(3\ fases) = \frac{volts \times amps. \times 1.732 \times Eff. \times Power.Factor}{746}$
$BHP(1\ fase) = \frac{volts \times amps. \times Eff. \times Power.Factor}{746}$
$Torque(lb - ft) = \frac{Horse.Power \times 5250}{RPM}$

Tomado de New York Blower Co.

TABLA PARA CONVERSION DE TEMPERATURA

°C	t°	°F	°C	t°	°F	°C	t°	°F	°C	t°	°F
-	-273.16	-459.69	-24.44	-12	+10.40	+12.22	+54	+129.20	+48.89	+120	+248.00
-167.78	-270	-454.00	-23.89	-11	+12.20	+12.78	+55	+131.00	+49.44	+121	+249.80
-162.22	-260	-436.00	-23.33	-10	+14.00	+13.33	+56	+132.80	+50.00	+122	+251.60
-156.67	-250	-418.00	-22.78	-9	+15.80	+13.89	+57	+134.60	+50.56	+123	+253.40
-151.11	-240	-400.00	-22.22	-8	+17.60	+14.44	+58	+136.40	+51.11	+124	+255.20
-145.56	-230	-382.00	-21.67	-7	+19.40	+15.00	+59	+138.20	+51.67	+125	+257.00
-140.00	-220	-364.00	-21.11	-6	+21.20	+15.56	+60	+140.00	+52.22	+126	+258.80
-134.44	-210	-346.00	-20.56	-5	+23.00	+16.11	+61	+141.80	+52.78	+127	+260.60
-128.89	-200	-328.00	-20.00	-4	+24.80	+16.67	+62	+143.60	+53.33	+128	+262.40
-123.33	-190	-310.00	-19.44	-3	+26.60	+17.22	+63	+145.40	+53.89	+129	+264.20
-117.78	-180	-292.00	-18.89	-2	+28.40	+17.78	+64	+147.20	+54.44	+130	+266.00
-112.22	-170	-274.00	-18.33	-1	+30.20	+18.33	+65	+149.00	+55.00	+131	+267.80
-106.67	-160	-256.00	-17.78	0	+32.00	+18.89	+66	+150.80	+55.56	+132	+269.60
-101.11	-150	-238.00	-17.22	+1	+33.80	+19.44	+67	+152.60	+56.11	+133	+271.40
-95.56	-140	-220.00	-16.67	+2	+35.60	+20.00	+68	+154.40	+56.67	+134	+273.20
-90.00	-130	-202.00	-16.11	+3	+37.40	+20.56	+69	+156.20	+57.22	+135	+275.00
-84.44	-120	-184.00	-15.56	+4	+39.20	+21.11	+70	+158.00	+57.78	+136	+276.80
-78.89	-110	-166.00	-15.00	+5	+41.00	+21.67	+71	+159.80	+58.33	+137	+278.60
-73.33	-100	-148.00	-14.44	+6	+42.80	+22.22	+72	+161.60	+58.89	+138	+280.40
-70.56	-95	-139.00	-13.89	+7	+44.60	+22.78	+73	+163.40	+59.44	+139	+282.20
-67.78	-90	-130.00	-13.33	+8	+46.40	+23.33	+74	+165.20	+60.00	+140	+284.00
-65.00	-85	-121.00	-12.78	+9	+48.20	+23.89	+75	+167.00	+60.56	+141	+285.80
-62.22	-80	-112.00	-12.22	+10	+50.00	+24.44	+76	+168.80	+61.11	+142	+287.60
-59.44	-75	-103.00	-11.67	+11	+51.80	+25.00	+77	+170.60	+61.67	+143	+289.40
-56.67	-70	-94.00	-11.11	+12	+53.60	+25.56	+78	+172.40	+62.22	+144	+291.20
-53.89	-65	-85.00	-10.56	+13	+55.40	+26.11	+79	+174.20	+62.78	+145	+293.00
-51.11	-60	-76.00	-10.00	+14	+57.20	+26.67	+80	+176.00	+63.33	+146	+294.80
-48.33	-55	-67.00	-9.44	+15	+59.00	+27.22	+81	+177.80	+63.89	+147	+296.60
-45.56	-50	-58.00	-8.89	+16	+60.80	+27.78	+82	+179.60	+64.44	+148	+298.40
-45.00	-49	-56.20	-8.33	+17	+62.60	+28.33	+83	+181.40	+65.00	+149	+300.20
-44.44	-48	-54.40	-7.78	+18	+64.40	+28.89	+84	+183.20	+65.56	+150	+302.00
-43.89	-47	-52.60	-7.22	+19	+66.20	+29.44	+85	+185.00	+66.11	+151	+303.80
-43.33	-46	-50.80	-6.67	+20	+68.00	+30.00	+86	+186.80	+66.67	+152	+305.60
-42.78	-45	-49.00	-6.11	+21	+69.80	+30.56	+87	+188.60	+67.22	+153	+307.40
-42.22	-44	-47.20	-5.55	+22	+71.60	+31.11	+88	+190.40	+67.78	+154	+309.20
-41.67	-43	-45.40	-5.00	+23	+73.40	+31.67	+89	+192.20	+68.33	+155	+311.00
-41.11	-42	-43.60	-4.44	+24	+75.20	+32.22	+90	+194.00	+68.89	+156	+312.80
-40.36	-41	-41.80	-3.89	+25	+77.00	+32.78	+91	+195.80	+69.44	+157	+314.60
-40.00	-40	-40.00	-3.33	+26	+78.80	+33.33	+92	+197.60	+70.00	+158	+316.40
-39.44	-39	-38.20	-2.78	+27	+80.60	+33.89	+93	+199.40	+70.56	+159	+318.20
-38.89	-38	-36.40	-2.22	+28	+82.40	+34.44	+94	+201.20	+71.11	+160	+320.00
-38.33	-37	-34.60	-1.67	+29	+84.20	+35.00	+95	+203.00	+71.67	+161	+321.80
-37.78	-36	-32.80	-1.11	+30	+86.00	+35.56	+96	+204.80	+72.22	+162	+323.60
-37.22	-35	-31.00	-0.56	+31	+87.80	+36.11	+97	+206.60	+72.78	+163	+325.40
-36.67	-34	-29.20	-0	+32	+89.60	+36.67	+98	+208.40	+73.33	+164	+327.20
-36.11	-33	-27.40	+0.56	+33	+91.40	+37.22	+99	+210.20	+73.89	+165	+329.00
-35.56	-32	-25.60	+1.11	+34	+93.20	+37.78	+100	+212.00	+74.44	+166	+330.80
-35.00	-31	-23.80	+1.67	+35	+95.00	+38.33	+101	+213.80	+75.00	+167	+332.60
-34.44	-30	-22.00	+2.22	+36	+96.80	+38.89	+102	+215.60	+75.56	+168	+334.40
-33.89	-29	-20.20	+2.78	+37	+98.60	+39.44	+103	+217.40	+76.11	+169	+336.20
-33.33	-28	-18.40	+3.33	+38	+100.40	+40.00	+104	+219.20	+76.67	+170	+338.00
-32.78	-27	-16.60	+3.89	+39	+102.20	+40.56	+105	+221.00	+77.22	+171	+339.80
-32.22	-26	-14.80	+4.44	+40	+104.00	+41.11	+106	+222.80	+77.78	+172	+341.60
-31.67	-25	-13.00	+5.00	+41	+105.80	+41.67	+107	+224.60	+78.33	+173	+343.40
-31.11	-24	-11.20	+5.56	+42	+107.60	+42.22	+108	+226.40	+78.89	+174	+345.20
-30.56	-23	-9.40	+6.11	+43	+109.40	+42.78	+109	+228.20	+79.44	+175	+347.00
-30.00	-22	-7.60	+6.67	+44	+111.20	+43.33	+110	+230.00	+80.00	+176	+348.80
-29.44	-21	-5.80	+7.22	+45	+113.00	+43.89	+111	+231.80	+80.56	+177	+350.60
-28.89	-20	-4.00	+7.78	+46	+114.80	+44.44	+112	+233.60	+81.11	+178	+352.40
-28.33	-19	-2.20	+8.33	+47	+116.60	+45.00	+113	+235.40	+81.67	+179	+354.20
-27.78	-18	-0.40	+8.89	+48	+118.40	+45.56	+114	+237.20	+82.22	+180	+356.00
-27.22	-17	+1.40	+9.44	+49	+120.20	+46.11	+115	+239.00	+82.78	+181	+357.80
-26.67	-16	+3.20	+10.00	+50	+122.00	+46.67	+116	+240.80	+83.33	+182	+359.60
-26.11	-15	+5.00	+10.56	+51	+123.80	+47.22	+117	+242.60	+83.89	+183	+361.40
-25.56	-14	+6.80	+11.11	+52	+125.60	+47.78	+118	+244.40	+84.44	+184	+363.20
-25.00	-13	+8.60	+11.67	+53	+127.40	+48.33	+119	+246.20	+85.00	+185	+365.00

Tablas P – T para R 12,R 22, R 134a, R 410A, R 502, R 507 y R 717

SPORLAN PRESSURE-TEMPERATURE CHART							
At Sea Level							
PSIG	TEMPERATURE °F						
	YELLOW	GREEN	BLUE	ROSE	PURPLE	TEAL	WHITE
	REFRIGERANT - (SPORLAN CODE)						
	12 (F)	22 (V)	134a (J)	410A (Z)	502 (R)	AZ50, 507 (P)	717 (A)
5*	-29	-48	-22	-67	-56	-59	-34
4*	-28	-47	-21	-66	-55	-57	-33
3*	-26	-45	-19	-64	-53	-56	-32
2*	-24	-44	-18	-63	-52	-55	-30
1*	-23	-43	-16	-62	-50	-53	-29
0	-22	-41	-15	-61	-49	-52	-28
1	-19	-39	-12	-58	-47	-50	-26
2	-16	-36	-10	-56	-44	-47	-23
3	-14	-34	-7	-54	-42	-45	-21
4	-11	-32	-5	-52	-40	-43	-19
5	-9	-30	-3	-50	-37	-41	-17
6	-7	-28	-1	-48	-35	-39	-15
7	-4	-26	1	-46	-33	-37	-13
8	-2	-24	3	-44	-32	-35	-12
9	0	-22	5	-43	-30	-33	-10
10	2	-20	7	-41	-28	-32	-8
11	4	-19	8	-40	-26	-30	-7
12	5	-17	10	-38	-24	-28	-5
13	7	-15	12	-37	-23	-27	-4
14	9	-14	13	-35	-21	-25	-2
15	11	-12	15	-34	-20	-24	-1
16	12	-11	16	-32	-18	-22	0
17	14	-9	18	-31	-17	-21	2
18	16	-8	19	-30	-15	-19	3
19	17	-7	21	-28	-14	-18	4
20	19	-5	22	-27	-13	-17	6
21	20	-4	24	-26	-11	-15	7
22	21	-3	25	-25	-10	-14	8
23	23	-1	26	-24	-9	-13	9
24	24	0	27	-22	-7	-12	10
25	26	1	29	-21	-6	-11	11
26	27	2	30	-20	-5	-9	12
27	28	4	31	-19	-4	-8	14
28	30	5	32	-18	-3	-7	15
29	31	6	33	-17	-1	-6	16

NOTA: Cuando se tengan altitudes diferentes a nivel del mar por cada 5000 pies de altitud añadir 2.5 psig
(Recomendado por DuPont)

Tablas P – T para R 12, R 22, R 134a, R 410A, R 502, R 507 y R 717

SPORLAN PRESSURE-TEMPERATURE CHART							
<i>At Sea Level</i>							
PSIG	TEMPERATURE °F						
	YELLOW	GREEN	BLUE	ROSE	PURPLE	TEAL	WHITE
	REFRIGERANT - (SPORLAN CODE)						
	12 (F)	22 (V)	134a (J)	410A (Z)	502 (R)	AZ50, 507 (P)	717 (A)
30	32	7	35	-16	0	-5	17
31	33	8	36	-15	1	-4	18
32	34	9	37	-14	2	-3	19
33	36	10	38	-13	3	-2	20
34	37	11	39	-12	4	-1	20
35	38	12	40	-11	5	0	21
36	39	13	41	-10	6	1	22
37	40	14	42	-9	7	2	23
38	41	15	43	-9	8	3	24
39	42	16	44	-8	9	4	25
40	43	17	45	-7	10	5	26
42	45	19	47	-5	12	7	28
44	47	21	49	-3	14	9	29
46	49	23	51	-2	15	10	31
48	51	24	52	0	17	12	32
50	53	26	54	1	19	14	34
52	55	28	56	3	21	15	35
54	57	29	57	4	22	17	37
56	59	31	59	6	24	18	38
58	60	32	60	7	25	20	40
60	62	34	62	8	27	21	41
62	64	35	64	10	28	23	42
64	65	37	65	11	30	24	44
66	67	38	66	12	31	26	45
68	68	40	68	14	33	27	46
70	70	41	69	15	34	28	47
72	71	42	71	16	35	30	49
74	73	44	72	17	37	31	50
76	74	45	73	19	38	32	51
78	76	46	75	20	39	33	52
80	77	47	76	21	41	35	53
85	81	51	79	24	44	38	56
90	84	54	82	26	47	40	59
95	87	56	85	29	50	43	61
100	90	59	88	31	52	46	63

NOTA: Cuando se tengan altitudes diferentes a nivel del mar por cada 5000 pies de altitud añadir 2.5 psig
(Recomendado por DuPont)

Tablas P – T para R 12, R 22, R 134a, R 410A, R 502, R 507 y R 717

SPORLAN

PRESSURE-TEMPERATURE CHART

At Sea Level

PSIG	TEMPERATURE °F						
	YELLOW	GREEN	BLUE	ROSE	PURPLE	TEAL	WHITE
	REFRIGERANT - (SPORLAN CODE)						
	12 (F)	22 (V)	134a (J)	410A (Z)	502 (R)	AZ50, 507 (P)	717 (A)
105	93	62	90	34	55	49	66
110	96	64	93	36	58	51	68
115	99	67	96	38	60	53	70
120	102	69	98	41	63	56	73
125	104	72	100	43	65	58	75
130	107	74	103	45	67	60	77
135	109	76	105	47	70	63	79
140	112	78	107	49	72	65	81
145	114	81	109	51	74	67	82
150	117	83	112	53	76	69	84
155	119	85	114	55	78	71	86
160	121	87	116	56	80	73	88
165	123	89	118	58	82	75	90
170	126	91	120	60	84	77	91
175	128	92	121	62	86	78	93
180	130	94	123	63	88	80	95
185	132	96	125	65	90	82	96
190	134	98	127	66	92	84	98
195	136	100	129	68	93	85	99
200	138	101	130	70	95	87	101
205	140	103	132	71	97	89	102
210	141	105	134	73	99	90	104
220	145	108	137	75	102	93	107
230	149	111	140	78	105	96	109
240	152	114	143	81	108	99	112
250	155	117	146	84	111	102	115
260	159	120	149	86	114	105	117
275	163	124	153	90	118	109	121
290	168	128	157	94	122	113	124
305	172	132	161	97	126	117	128
320	176	136	165	100	130	120	131
335	180	139	169	104	134	124	134
350	184	143	172	107	137	127	137
365	188	146	176	110	141	130	140
380	192	150	179	113	144	133	143
400	197	154	183	117	148	137	147
420	201	158	187	120	152	141	150
440	206	162	191	124	156	145	154
460	210	166	195	127	160	149	157
480	214	169	198	130	164	152	160
500	218	173	202	134	167	155	163

NOTA: Cuando se tengan altitudes diferentes a nivel del mar por cada 5000 pies de altitud añadir 2.5 psig
(Recomendado por DuPont)

Tablas P – T para R 401A, R 402A, R 404A, R 407C, R 408A y R 409A

SPORLAN PRESSURE-TEMPERATURE CHART						
At Sea Level						
PSIG	TEMPERATURE °F					
	PINK	SAND	ORANGE	LIGHT BROWN	REDDISH PURPLE	BROWN
	REFRIGERANT - (SPORLAN CODE)					
	MP39, 401A (X)	HP80, 402A (L)	HP62, 404A (S)	407C (N)	FX-10, 408A (R)	FX-56, 409A (F)
5*	-24	-59	-57	-41	-54	-22
4*	-23	-58	-55	-39	-53	-20
3*	-21	-56	-54	-38	-51	-19
2*	-20	-55	-52	-36	-50	-17
1*	-18	-54	-51	-35	-49	-16
0	-17	-53	-50	-34	-47	-15
1	-14	-50	-47	-31	-45	-12
2	-12	-48	-45	-29	-43	-10
3	-9	-46	-43	-27	-40	-7
4	-7	-43	-41	-25	-38	-5
5	-5	-41	-39	-23	-36	-3
6	-3	-39	-37	-21	-34	-1
7	-1	-38	-35	-19	-32	1
8	1	-36	-33	-17	-30	3
9	3	-34	-31	-15	-28	5
10	5	-32	-29	-14	-27	7
11	7	-31	-28	-12	-25	9
12	8	-29	-26	-11	-23	11
13	10	-27	-24	-9	-22	12
14	12	-26	-23	-7	-20	14
15	13	-24	-21	-6	-18	16
16	15	-23	-20	-5	-17	17
17	16	-22	-19	-3	-16	19
18	18	-20	-17	-2	-14	20
19	19	-19	-16	-1	-13	21
20	21	-18	-15	1	-11	23
21	22	-16	-13	2	-10	24
22	23	-15	-12	3	-9	26
23	25	-14	-11	4	-8	27
24	26	-13	-10	6	-6	28
25	27	-11	-8	7	-5	29
26	28	-10	-7	8	-4	31
27	29	-9	-6	9	-3	32
28	31	-8	-5	10	-2	33
29	32	-7	-4	11	-1	34

NOTA: Cuando se tengan altitudes diferentes a nivel del mar por cada 5000 pies de altitud añadir 2.5 psig (Recomendado por DuPont)

Tablas P – T para R 401A, R 402A, R 404A, R 407C, R 408A y R 409A

SPORLAN

PRESSURE-TEMPERATURE CHART

At Sea Level

PSIG	TEMPERATURE °F											
	PINK			SAND		ORANGE		LIGHT BROWN		REDDISH PURPLE		BROWN
	REFRIGERANT - (SPORLAN CODE)											
	MP39, 401A (X)			HP80, 402A (L)		HP62, 404A (S)		407C (N)		FX-10, 408A (R)		FX-56, 409A (F)
30	33	BUBBLE POINT ↓		-6		-3		12		1		35
31	34			-5		-2		13		2		37
32	35			-4		-1		14		3		38
33	36			-3		0		15		4		39
34	37			-2		1		16		5		40
35	38			-1		2		17		6		41
36	39	30		0		3		18		7		42
37	41	31		1		4		19		8		43
38	42	32		2		5		20		9		44
39	43	33		3		6		21		10		45
40	44	34		4		7		22		11		46
42	45	36		6		9		24		13		48
44	47	38		8		11		25		14		50
46	49	40		9		13		27		16		52
48	51	42		11		14		29		18		53
50	53	43		13		16		30		19		55
52	54	45		14		17		32		21		57
54	56	47		16		19		33		23		58
56	58	48		17		21		35		24		60
58	59	50		19		22		36		26		62
60	61	52		20		24		38		27		63
62	62	53		22		25		39		29		65
64	64	55		23		26		41	29	30	30	66
66	65	56		24		28		42	31	32	31	68
68	67	58		26		29		43	32	33	32	69
70	68	59		27		30	30	45	34	34	34	71
72	69	61		28		32	31	46	35	36	35	72
74	71	62		30		33	32	47	36	37	36	74
76		63		31		34	33	48	37	38	38	76
78		65		32	30	36	35	50	39	40	39	78
80		66		33	31	37	36	51	40	41	40	80
85		69		36	34	40	39	54	43	44	43	85
90		72		39	37	43	42	56	46	47	46	90
95		75		42	40	45	45	59	48	50	49	95
100		78		45	42	48	47	62	51	52	52	100

NOTA: Cuando se tengan altitudes diferentes a nivel del mar por cada 5000 pies de altitud añadir 2.5 psig (Recomendado por DuPont)

Tablas P – T para R 401A, R 402A, R 404A, R 407C, R 408A y R 409A

SPORLAN

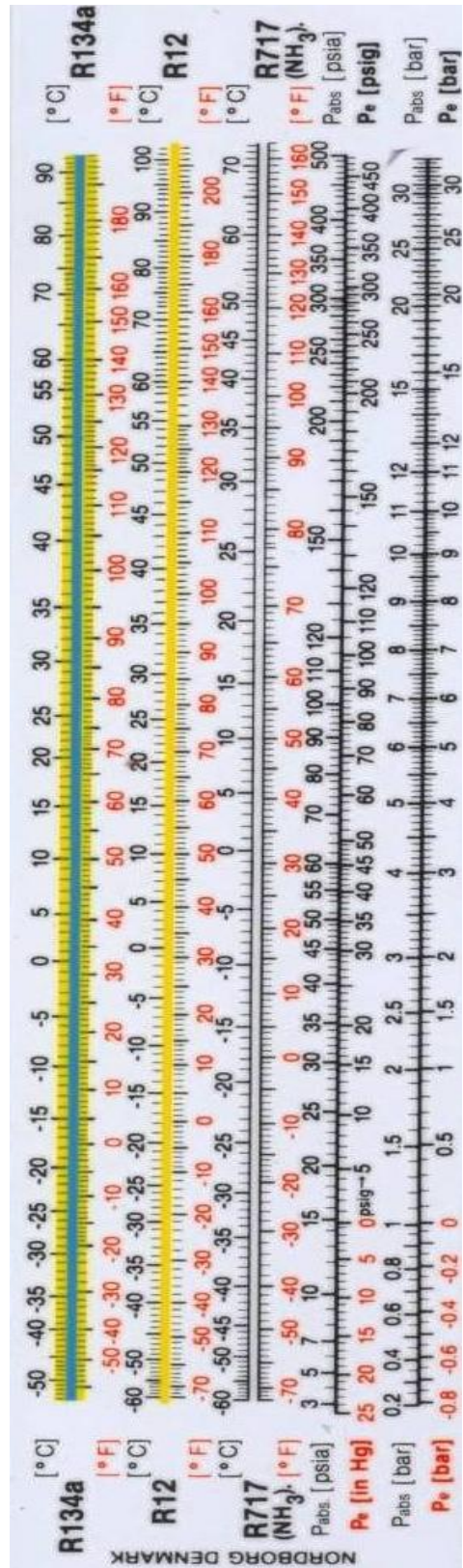
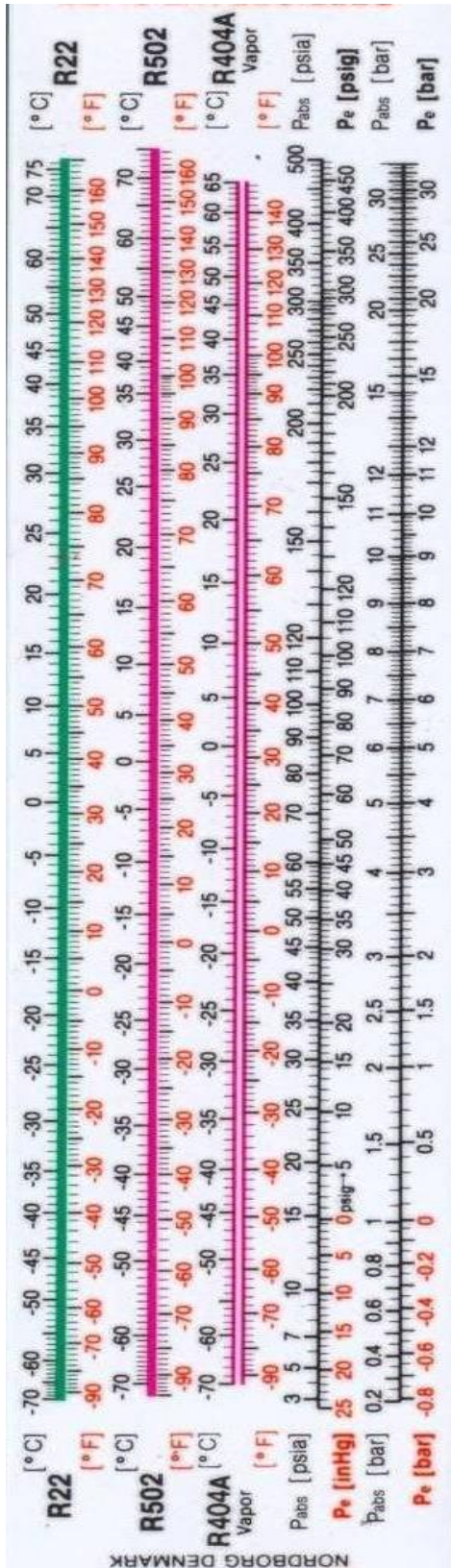
PRESSURE-TEMPERATURE CHART

At Sea Level

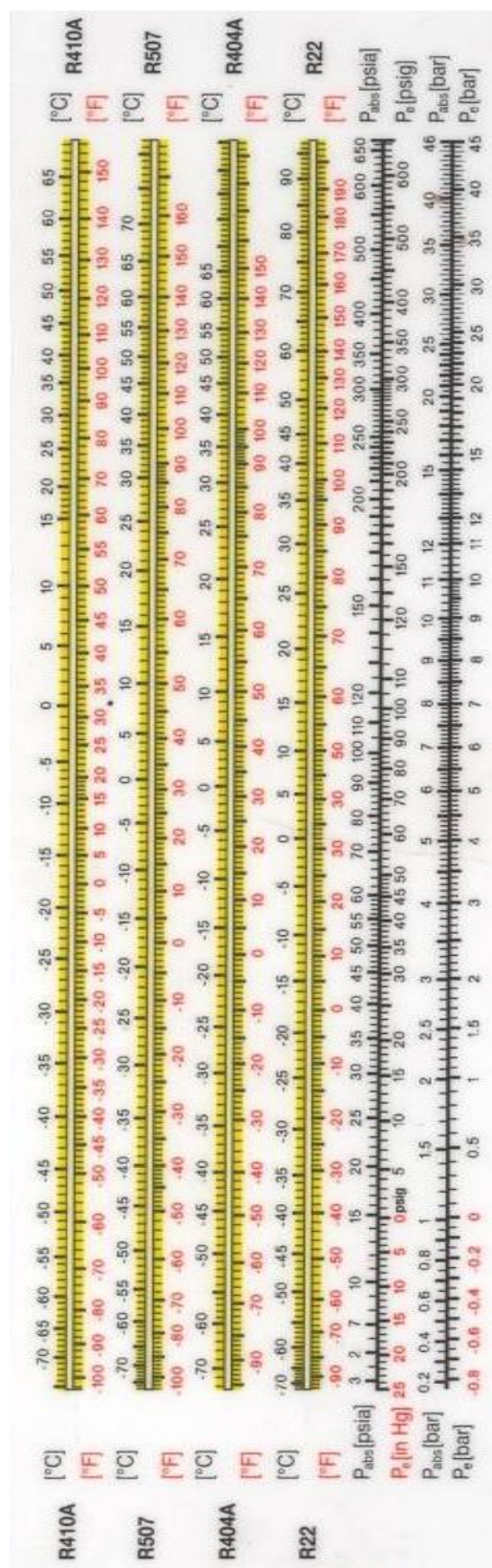
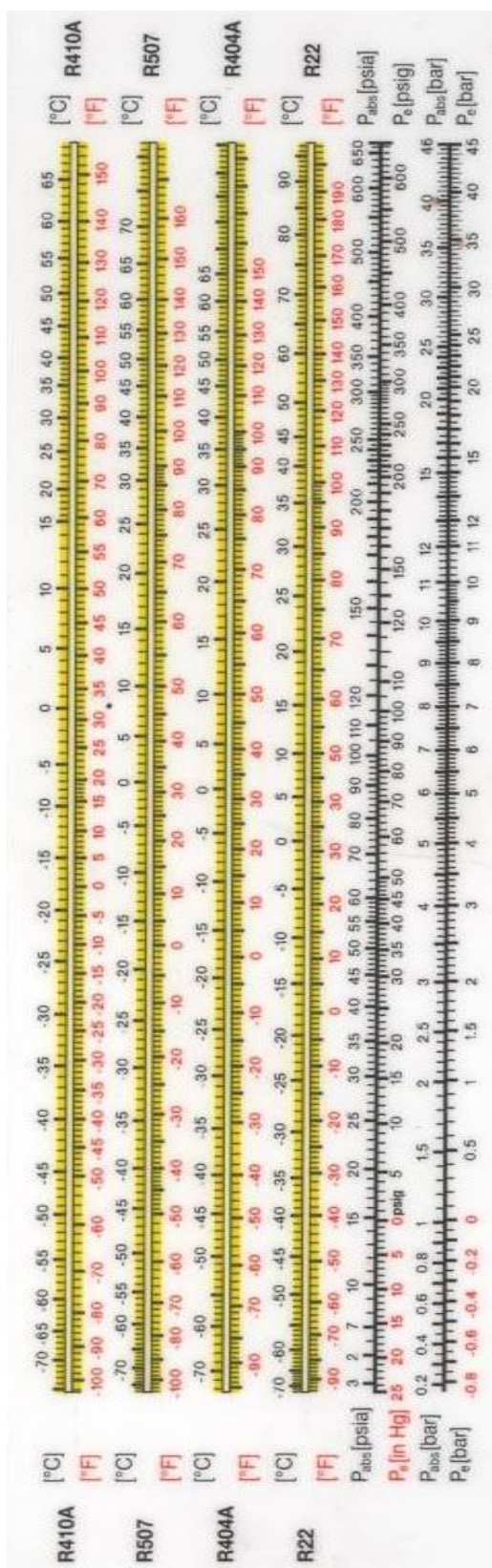
PSIG	TEMPERATURE °F											
	PINK		SAND		ORANGE		LIGHT BROWN		REDDISH PURPLE		BROWN	
	REFRIGERANT - (SPORLAN CODE)											
	MP39, 401A (X)		HP80, 402A (L)		HP62, 404A (S)		407C (N)		FX-10, 408A (R)		FX-56, 409A (F)	
105	DEW P	81	47	45	51	50	64	54	55	54	DEV	79
110		84	50	47	53	52	67	56	58	57		82
115		86	52	50	56	55	69	59	60	59		84
120		89	54	52	58	57	71	61	62	62		87
125		91	57	55	60	60		63	65	64		89
130		94	59	57	63	62	DEW POINT	65	67	67		92
135		96	61	59	65	64		68	69	69		94
140		98	63	61	67	66		70	71	71		97
145		101	65	63	69	68		72		73		99
150		103	67	65	71	70		74	DEW POINT	75		101
155		105	69	67		72	76	77			103	
160		107	71	69	DEW POINT	74	78	79			105	
165		109	DEW POINT	71		76	80	81			107	
170		111		73		78	82	83			110	
175		113		75		80	83	85			112	
180		115		77		82	85	DEW POINT	87		113	
185		117	78	83	87	89			115			
190		119	80	85	89	90			117			
195		121	82	87	90	92			119			
200		123	83	89	92	94			121			
205		124	85	90	94	95		95		123		
210		126	87	92	95	97		97		125		
220		130	90	95	98	100		100		128		
230		133	93	98	101	103		103		131		
240		136	96	101	104	106		106		135		
250		139	99	104	107	109		109		138		
260		142	102	107	110	112		112		141		
275		147	106	111	114	116		116		145		
290		151	110	115	118	120		120		150		
305		155	113	118	122	124		124		154		
320		159	117	122	125	128		128		158		
335		163	121	125	129	131		131		162		
350		166	124	129	132	135		135		165		
365		170	127	132	135	138		138		169		
380		174	130	135	139	141		141		173		
400		178	135	139	143	146		146		177		
420		182	138	143	147	150		150		182		
440		187	142	147	150	154		154		186		
460		191	146	151	154	157		157		190		
480		195	150	154	158	161		161		194		
500		198	153	157	161	164		164		198		

NOTA: Cuando se tengan altitudes diferentes a nivel del mar por cada 5000 pies de altitud añadir 2.5 psig (Recomendado por DuPont)

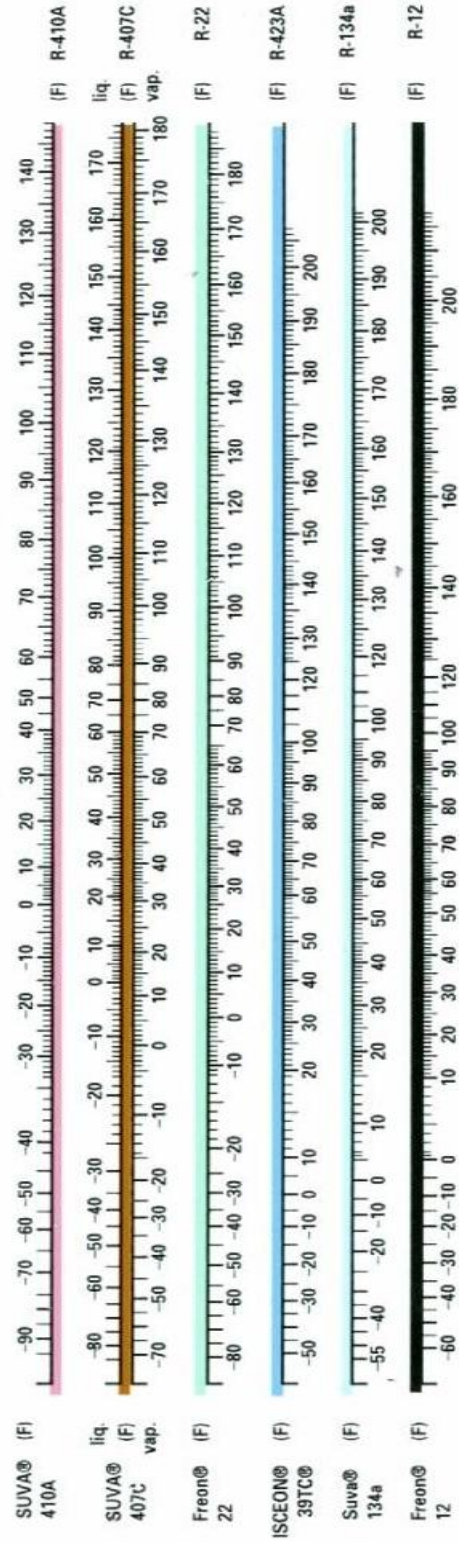
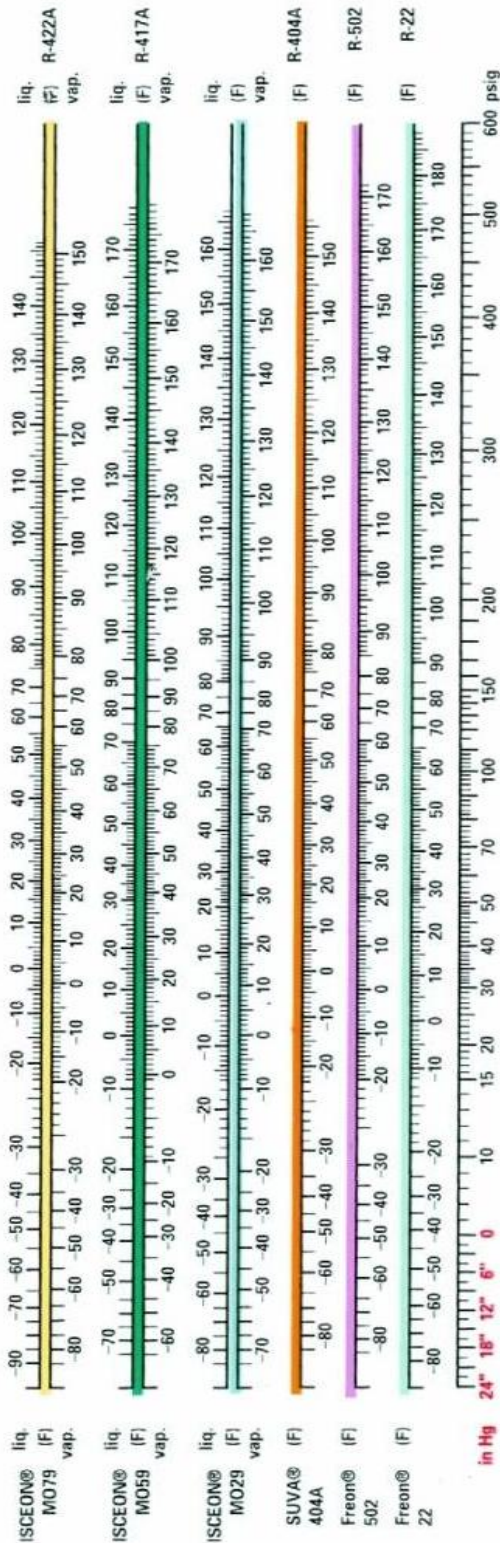
Regleta para R 12, R 22, R 502, R 717, R 404A, R 134a.
Tomadas de "Danfoss"



Regleta para R 410A, R 507, R 404A, R 22, R 407C, R 134a y R 717
Tomadas de "Danfoss"



Regleta para R 22A, R 417A, R 422D, R 404A, R 502, R 22, R 410A, R 407C, R 22, R 423A, R 134a y R 12
Tomadas de "Dupont"



Regletas para R 134a, R 407C, R 22, R 404A, R 507A, R 410A y R 717
Tomadas de "Btzer"

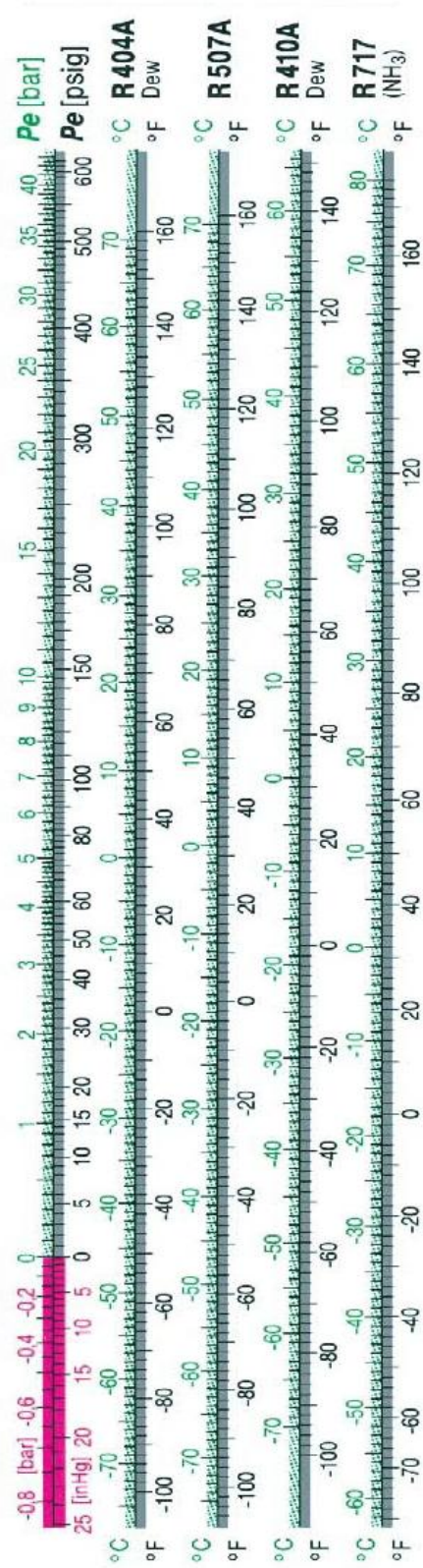
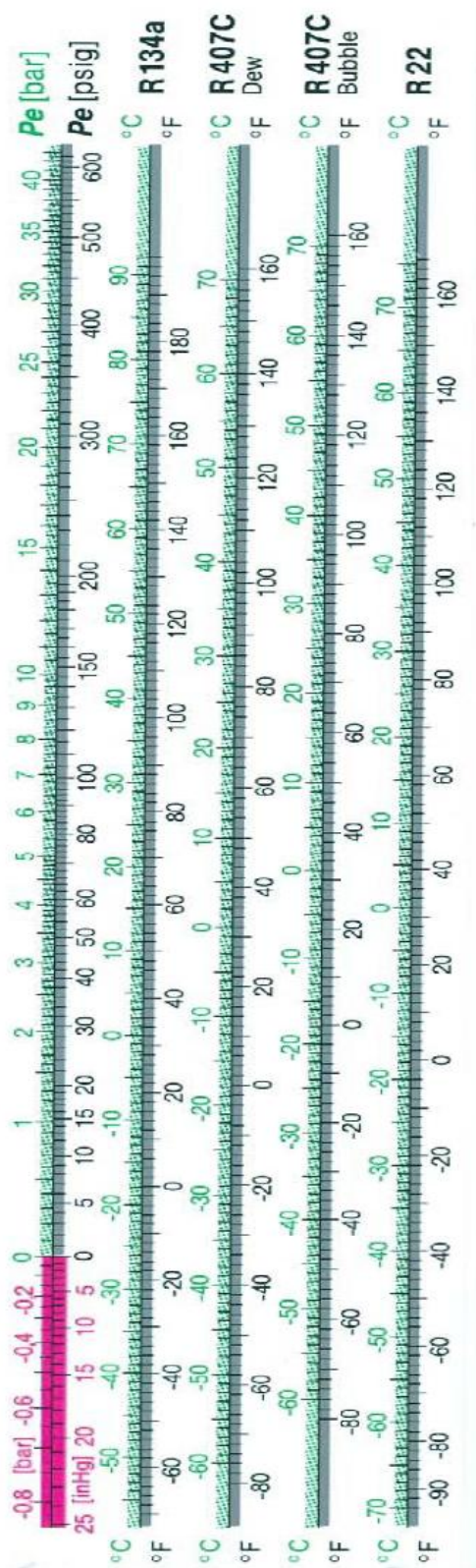


Tabla para R 422D, R 423A, R 413A, R 437A, R 417A, R 422A
Tomadas de “Dupont”

Dew Point — Saturated Vapor (psig)							
Temp. °F	ISCEON® MO29 R-422D	ISCEON® 39TC® R-423A	ISCEON® MO49 R-413A	ISCEON® MO49Plus™ R-437A*	ISCEON® MO59 R-417A	ISCEON® MO79 R-422A	Temp °C
-40	2.3	16.5	13.3	12.5	7.6	3.1	-40
-38	0.8	15.7	12.3	11.5	6.3	4.1	-39
-36	0.4	14.9	11.3	10.4	4.9	5.1	-38
-34	1.2	14.0	10.2	9.3	3.5	6.1	-37
-32	2.1	13.1	9.1	8.1	2.1	7.2	-36
-30	3.0	12.1	7.9	6.9	0.5	8.3	-34
-28	3.9	11.1	6.6	5.6	0.5	9.5	-33
-26	4.9	10.0	5.3	4.2	1.3	10.7	-32
-24	5.9	8.9	4.0	2.8	2.2	11.9	-31
-22	7.0	7.8	2.6	1.4	3.1	13.2	-30
-20	8.1	6.6	1.1	0.1	4.0	14.6	-29
-18	9.2	5.3	0.2	0.8	5.0	16.0	-28
-16	10.4	4.0	1.0	1.6	6.0	17.4	-27
-14	11.7	2.6	1.8	2.5	7.0	18.9	-26
-12	12.9	1.2	2.6	3.4	8.1	20.5	-24
-10	14.3	0.1	3.5	4.3	9.2	22.1	-23
-8	15.6	0.9	4.4	5.2	10.4	23.7	-22
-6	17.1	1.7	5.4	6.2	11.6	25.4	-21
-4	18.5	2.5	6.4	7.2	12.8	27.2	-20
-2	20.1	3.3	7.4	8.3	14.1	29.1	-19
0	21.7	4.2	8.5	9.4	15.5	30.9	-18
2	23.3	5.1	9.6	10.5	16.9	32.9	-17
4	25.0	6.0	10.7	11.7	18.3	34.9	-16
6	26.7	7.0	11.9	12.9	19.8	37.0	-14
8	28.5	8.0	13.1	14.2	21.3	39.1	-13
10	30.4	9.1	14.4	15.5	22.9	41.4	-12
12	32.3	10.2	15.7	16.9	24.6	43.6	-11
14	34.3	11.3	17.1	18.3	26.3	46.0	-10
16	36.4	12.5	18.5	19.7	28.1	48.4	-9
18	38.5	13.7	19.9	21.2	29.9	50.9	-8
20	40.7	14.9	21.4	22.8	31.7	53.5	-7
22	42.9	16.2	23.0	24.4	33.7	56.1	-6
24	45.2	17.5	24.6	26.0	35.7	58.8	-4
26	47.6	18.9	26.2	27.8	37.7	61.6	-3
28	50.1	20.3	28.0	29.5	39.9	64.5	-2
30	52.6	21.8	29.7	31.3	42.0	67.5	-1
32	55.2	23.3	31.5	33.2	44.3	70.5	0
34	57.9	24.9	33.4	35.1	46.6	73.6	1
36	60.6	26.5	35.4	37.1	49.0	76.8	2
38	63.5	28.2	37.3	39.2	51.5	80.1	3
40	66.4	29.9	39.4	41.3	54.0	83.5	4
42	69.4	31.6	41.5	43.5	56.6	87.0	6
44	72.5	33.5	43.7	45.7	59.3	90.5	7
46	75.6	35.3	45.9	48.0	62.0	94.2	8
48	78.9	37.2	48.2	50.4	64.8	97.9	9
50	82.2	39.2	50.6	52.9	67.8	101.8	10

Tabla para R 422D, R 423A, R 413A, R 437A, R 417A, R 422A
Tomadas de “Dupont”

Bubble Point — Saturated Liquid (psig)							
Temp. °F	ISCEON® MO29 R-422D	ISCEON® 39TC® R-423A	ISCEON® MO49 R-413A	ISCEON® MO49Plus™ R-437A*	ISCEON® MO59 R-417A	ISCEON® MO79 R-422A	Temp °C
50	92.6	40.5	58.2	59.0	77.9	107.3	10
52	96.1	42.6	60.7	61.6	81.1	111.3	11
54	99.8	44.7	63.4	64.4	84.4	115.4	12
56	103.6	46.9	66.0	67.1	87.7	119.7	13
58	107.4	49.2	68.8	70.0	91.1	124.0	14
60	111.4	51.5	71.6	72.9	94.6	128.4	16
62	115.4	53.9	74.5	75.9	98.2	132.9	17
64	119.6	56.3	77.5	79.0	101.9	137.5	18
66	123.8	58.8	80.5	82.1	105.6	142.3	19
68	128.1	61.4	83.7	85.4	109.5	147.1	20
70	132.6	64.0	86.9	88.7	113.4	152.1	21
72	137.1	66.7	90.2	92.1	117.5	157.2	22
74	141.7	69.5	93.5	95.5	121.6	162.3	23
76	146.5	72.4	96.9	99.1	125.8	167.6	24
78	151.3	75.3	100.5	102.8	130.1	173.0	26
80	156.3	78.3	104.1	106.5	134.5	178.6	27
82	161.4	81.4	107.8	110.3	139.1	184.2	28
84	166.5	84.5	111.5	114.2	143.7	190.0	29
86	171.8	87.8	115.4	118.2	148.4	195.9	30
88	177.2	91.1	119.4	122.3	153.2	201.9	31
90	182.8	94.5	123.4	126.5	158.2	208.1	32
92	188.4	97.9	127.5	130.8	163.2	214.4	33
94	194.2	101.5	131.8	135.2	168.4	220.8	34
96	200.0	105.1	136.1	139.7	173.6	227.3	36
98	206.0	108.8	140.5	144.3	179.0	234.0	37
100	212.2	112.6	145.0	149.0	184.5	240.9	38
102	218.4	116.5	149.7	153.7	190.1	247.8	39
104	224.8	120.5	154.4	158.6	195.8	254.9	40
106	231.3	124.6	159.2	163.6	201.6	262.2	41
108	237.9	128.7	164.1	168.7	207.6	269.6	42
110	244.7	133.0	169.1	173.9	213.7	277.1	43
112	251.6	137.3	174.3	179.3	219.9	284.8	44
114	258.7	141.8	179.5	184.7	226.2	292.6	46
116	265.9	146.3	184.9	190.2	232.6	300.6	47
118	273.2	150.9	190.3	195.9	239.2	308.8	48
120	280.7	155.7	195.9	201.7	245.9	317.1	49
122	288.3	160.5	201.6	207.6	252.8	325.6	50
124	296.0	165.4	207.4	213.6	259.7	334.2	51
126	303.9	170.5	213.3	219.7	266.8	343.0	52
128	312.0	175.6	219.3	226.0	274.1	352.0	53
130	320.2	180.9	225.5	232.4	281.5	361.2	54
132	328.6	186.2	231.8	238.9	289.0	370.5	56
134	337.1	191.7	238.2	245.5	296.7	380.0	57
136	345.8	197.3	244.7	252.3	304.5	389.7	58
138	354.7	202.9	251.4	259.2	312.5	399.6	59
140	363.7	208.7	258.1	266.2	320.6	409.7	60
142	372.9	214.7	265.1	273.4	328.9	420.0	61
144	382.3	220.7	272.1	280.7	337.3	430.5	62
146	391.8	226.9	279.3	288.1	345.9	441.2	63
148	401.5	233.1	286.6	295.7	354.6	452.1	64
150	411.4	239.5	294.1	303.5	363.5	463.2	65

Tablas para R 22, R 134a, R 404A, R 507A, R 408A, R 409A, R 410A
Tomadas de "Emerson"

TEMPERATURE PRESSURE CHART HIGH ALTITUDE - 5,000 FT. ABOVE SEA LEVEL							
Red (in of Hg) = Vacuum Black (psig) = Vapor Bold (psig) = Liquid							
°F	R-22	R-134a	R-404A HP-62	R-507A AZ-50	R-408A	R-409A	R-410A
-50	1.2	13.8	2.4	3.3	1.4	13.8	7.3
-48	0.0	13.1	3.1	4.1	2.2	13.1	8.3
-46	0.7	12.4	4.0	5.0	3.0	12.4	9.4
-44	1.5	11.6	4.8	5.9	3.8	11.6	10.6
-42	2.2	10.8	5.8	6.8	4.6	10.8	11.8
-40	3.0	9.9	6.7	7.8	5.5	9.9	13.1
-38	3.8	9.0	7.7	8.8	6.4	9.0	14.4
-36	4.6	8.1	8.7	9.9	7.4	8.1	15.7
-34	5.5	7.1	9.8	11.0	8.3	7.1	17.1
-32	6.4	6.0	10.9	12.2	9.4	6.1	18.6
-30	7.3	4.9	12.0	13.3	10.4	5.0	20.1
-28	8.3	3.8	13.2	14.6	11.5	3.9	21.7
-26	9.3	2.6	14.4	15.9	12.7	2.7	23.3
-24	10.4	1.4	15.7	17.2	13.9	1.5	25.0
-22	11.5	0.1	17.0	18.6	15.1	0.2	26.8
-20	12.6	0.6	18.4	20.0	16.4	0.5	28.6
-18	13.8	1.3	19.8	21.5	17.7	1.2	30.5
-16	15.0	2.0	21.3	23.0	19.1	1.9	32.4
-14	16.3	2.7	22.8	24.6	20.5	2.7	34.4
-12	17.6	3.5	24.4	26.2	22.0	3.4	36.5
-10	18.9	4.3	26.0	27.9	23.5	4.2	38.7
-8	20.3	5.2	27.7	29.6	25.1	5.0	40.9
-6	21.8	6.0	29.4	31.4	26.7	5.9	43.2
-4	23.3	7.0	31.2	33.3	28.4	6.8	45.6
-2	24.8	7.9	33.1	35.2	30.1	7.7	48.1
0	26.4	8.9	35.0	37.2	31.9	8.7	50.6
2	28.1	9.9	37.0	39.2	33.7	9.7	53.2
4	29.8	10.9	39.0	41.3	35.6	10.7	55.9
6	31.5	12.0	41.1	43.5	37.6	11.8	58.7
8	33.4	13.2	43.3	45.7	39.6	12.9	61.6
10	35.2	14.3	45.5	48.1	41.7	14.0	64.6
12	37.2	15.5	47.8	50.4	43.8	15.2	67.6
14	39.2	16.8	50.2	52.9	46.0	16.4	70.8
16	41.2	18.1	52.6	55.4	48.3	17.7	74.0
18	43.3	19.4	55.1	58.0	50.6	19.0	77.3
20	45.5	20.8	57.7	60.6	53.0	20.4	80.8
22	47.7	22.3	60.4	63.4	55.5	21.8	84.3
24	50.0	23.7	63.1	66.2	58.1	23.2	87.9
26	52.4	25.3	65.9	69.1	60.7	24.7	91.6
28	54.8	26.9	68.8	72.0	63.4	26.3	95.5
30	57.4	28.5	71.7	75.1	66.1	27.9	99.4
32	59.9	30.2	74.8	78.2	69.0	29.5	103.5
34	62.6	31.9	77.9	81.4	71.9	31.2	107.6
36	65.3	33.7	81.1	84.7	74.9	32.9	111.9
38	68.1	35.5	84.4	88.1	78.0	34.7	116.3
40	71.0	37.4	87.8	91.6	81.1	36.6	120.8

Tablas para R 22, R 134a, R 404A, R 507A, R 408A, R 409A, R 410A
Tomadas de "Emerson"

TEMPERATURE PRESSURE CHART HIGH ALTITUDE - 5,000 FT. ABOVE SEA LEVEL							
Red (in of Hg) = Vacuum Black (psig) = Vapor Bold (psig) = Liquid							
°F	R-22	R-134a	R-404A HP-62	R-507A AZ-50	R-408A	R-409A	R-410A
42	73.9	39.4	91.2	95.1	84.3	38.5	125.4
44	76.9	41.4	94.8	98.8	87.7	40.4	130.1
46	80.0	43.5	98.4	102.5	91.1	42.5	135.0
48	83.2	45.6	102.2	106.4	94.6	44.5	139.9
50	86.5	47.8	106.0	110.3	98.1	46.7	145.0
52	89.8	50.1	109.9	114.3	101.8	48.9	150.3
54	93.2	52.4	114.0	118.5	105.5	51.1	155.6
56	96.8	54.8	118.1	122.7	109.4	53.5	161.1
58	100.4	57.3	122.3	127.0	113.3	55.8	166.8
60	104.0	59.8	126.6	131.5	117.4	58.3	172.5
62	107.8	62.4	131.1	136.0	121.5	60.8	178.4
64	111.7	65.1	135.6	140.7	125.7	63.4	184.5
66	115.6	67.8	140.2	145.4	130.0	66.0	190.7
68	119.7	70.6	145.0	150.3	134.4	68.8	197.0
70	123.8	73.5	149.8	155.3	139.0	71.6	203.5
72	128.1	76.5	154.8	160.3	143.6	74.4	210.1
74	132.4	79.5	159.9	165.5	148.3	77.4	216.9
76	136.9	82.6	165.1	170.9	153.2	80.4	223.8
78	141.4	85.8	170.4	176.3	158.1	83.5	230.9
80	146.0	89.1	175.8	181.9	163.2	86.6	238.2
82	150.8	92.4	181.4	187.5	168.3	89.9	245.6
84	155.6	95.9	187.0	193.3	173.6	93.2	253.1
86	160.6	99.4	192.8	199.3	179.0	96.6	260.9
88	165.6	103.0	198.8	205.3	184.5	100.1	268.8
90	170.8	106.7	204.8	211.5	190.1	103.7	276.9
92	176.1	110.5	211.0	217.8	195.9	107.3	285.1
94	181.5	114.4	217.3	224.3	201.7	111.1	293.6
96	187.0	118.3	223.7	230.9	207.7	114.9	302.2
98	192.6	122.4	230.3	237.6	213.8	118.8	311.0
100	198.3	126.6	237.0	244.5	220.0	122.8	320.0
102	204.2	130.8	243.9	251.5	226.4	126.9	329.1
104	210.1	135.1	250.9	258.6	232.9	131.1	338.5
106	216.2	139.6	258.0	265.9	239.5	135.4	348.1
108	222.4	144.1	265.3	273.4	246.3	139.7	357.8
110	228.8	148.8	272.8	281.0	253.1	144.2	367.8
112	235.2	153.5	280.4	288.7	260.2	148.8	377.9
114	241.8	158.4	288.1	296.6	267.3	153.5	388.3
116	248.5	163.3	296.0	304.7	274.6	158.2	398.9
118	255.4	168.4	304.1	312.9	282.1	163.1	409.7
120	262.4	173.6	312.3	321.3	289.6	168.1	420.7
122	269.5	178.9	320.7	329.9	297.4	173.2	431.9
124	276.7	184.2	329.2	338.6	305.3	178.4	443.4
126	284.1	189.8	337.9	347.5	313.3	183.7	455.1
128	291.6	195.4	346.8	356.6	321.5	189.1	467.0
130	299.3	201.1	355.9	365.9	329.8	194.6	479.2
132	307.1	207.0	365.2	375.3	338.3	200.2	491.6
134	315.0	213.0	374.6	385.0	347.0	206.0	504.3
136	323.1	219.1	384.3	394.8	355.8	211.8	517.2
138	331.4	225.3	394.1	404.8	364.8	217.8	530.4
140	339.8	231.6	404.1	415.1	373.9	223.9	543.8
142	348.3	238.1	414.4	425.5	383.3	230.1	557.6
144	357.0	244.7	424.8	436.2	392.8	236.5	571.6
146	365.9	251.4	435.5	447.1	402.4	243.0	585.9
148	374.9	258.3	446.3	458.2	412.3	249.6	600.5
150	384.1	265.3	457.5	469.6	422.3	256.3	615.4

Tablas para R 407C, R 401A, R 402A, R 12, R 502
Tomadas de "Emerson"

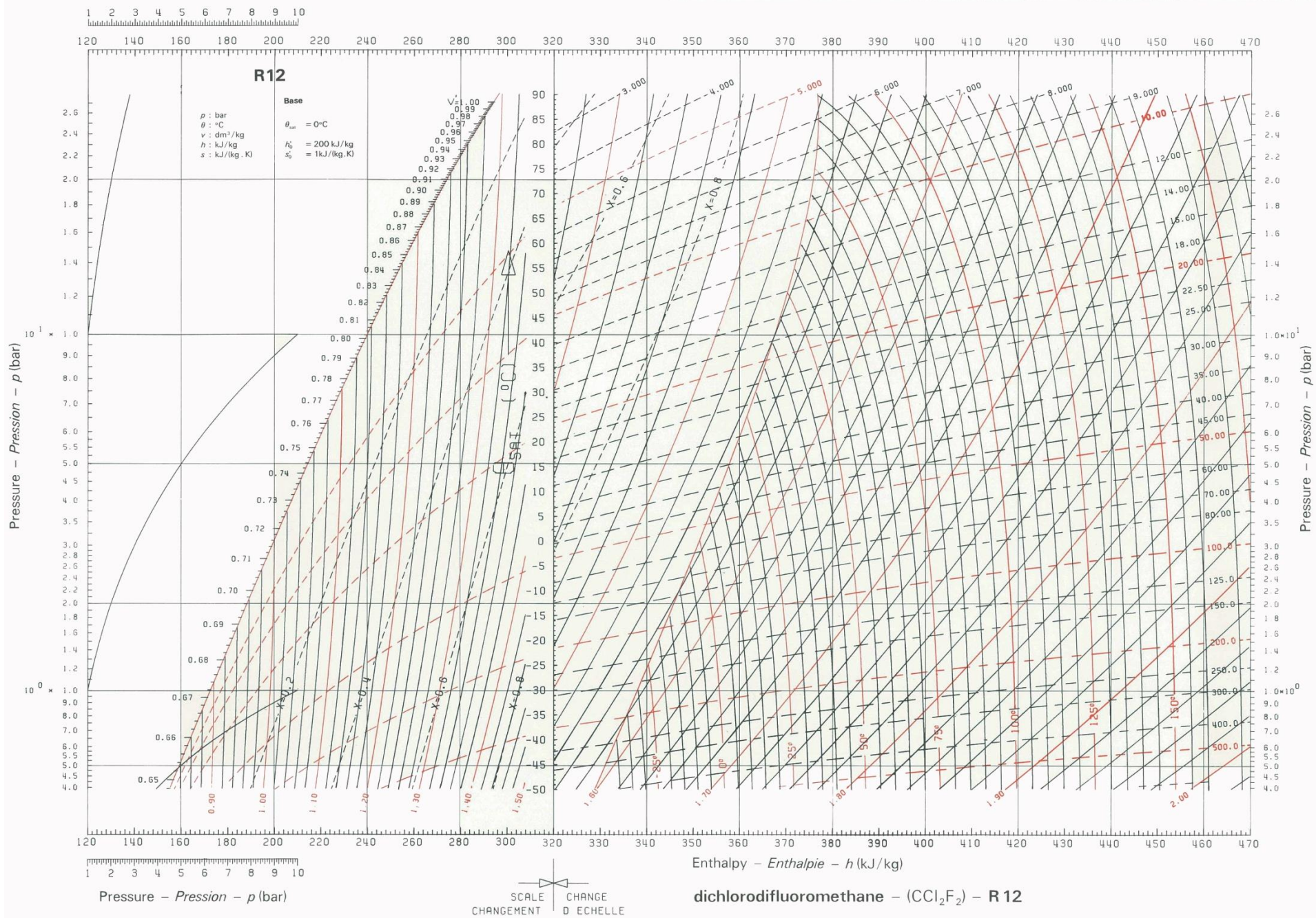
TEMPERATURE PRESSURE CHART HIGH ALTITUDE - 5,000 FT. ABOVE SEA LEVEL						
Red (in of Hg) = Vacuum Black (psig) = Vapor Bold (psig) = Liquid						
°F	R-407C Vapor	R-407C Liquid	R-401A MP-39	R-402A HP-80	R-12	R-502
-50	-6.1	1.1	13.0	3.5	10.6	2.0
-48	-5.0	1.8	12.3	4.3	9.7	2.7
-46	-3.8	2.6	11.5	5.2	8.9	3.5
-44	-2.5	3.4	10.7	6.1	8.0	4.4
-42	-1.2	4.3	9.8	7.1	7.1	5.2
-40	0.1	5.1	8.9	8.1	6.1	6.1
-38	0.8	6.1	8.0	9.2	5.1	7.0
-36	1.6	7.0	7.0	10.2	4.0	8.0
-34	2.4	8.0	6.0	11.4	3.0	9.0
-32	3.2	9.0	4.9	12.5	1.8	10.1
-30	4.0	10.1	3.8	13.8	0.6	11.1
-28	4.9	11.2	2.6	15.0	0.3	12.2
-26	5.8	12.4	1.4	16.3	0.9	13.4
-24	6.8	13.6	0.1	17.7	1.6	14.6
-22	7.8	14.8	0.6	19.1	2.3	15.9
-20	8.9	16.1	1.3	20.6	2.9	17.1
-18	9.9	17.5	2.0	22.1	3.7	18.5
-16	11.1	18.9	2.7	23.6	4.4	19.8
-14	12.3	20.3	3.5	25.3	5.2	21.3
-12	13.5	21.8	4.3	26.9	6.0	22.7
-10	14.7	23.3	5.2	28.7	6.9	24.3
-8	16.1	24.9	6.0	30.4	7.7	25.8
-6	17.4	26.6	6.9	32.3	8.6	27.5
-4	18.8	28.3	7.8	34.2	9.6	29.1
-2	20.3	30.1	8.8	36.2	10.5	30.8
0	21.8	31.9	9.8	38.2	11.5	32.6
2	23.4	33.8	10.9	40.3	12.5	34.5
4	25.0	35.7	11.9	42.4	13.6	36.4
6	26.7	37.7	13.1	44.7	14.7	38.3
8	28.5	39.8	14.2	47.0	15.8	40.3
10	30.3	41.9	15.4	49.3	17.0	42.4
12	32.1	44.1	16.6	51.8	18.2	44.5
14	34.1	46.4	17.9	54.3	19.4	46.7
16	36.1	48.7	19.3	56.8	20.7	48.9
18	38.1	51.1	20.6	59.5	22.0	51.3
20	40.3	53.6	22.0	62.2	23.4	53.6
22	42.5	56.2	23.5	65.0	24.8	56.1
24	44.7	58.8	25.0	67.9	26.2	58.6
26	47.1	61.5	26.6	70.9	27.7	61.2
28	49.5	64.3	28.2	73.9	29.2	63.8
30	52.0	67.1	29.8	77.1	30.8	66.6
32	54.5	70.1	31.5	80.3	32.4	69.4
34	57.2	73.1	33.3	83.6	34.0	72.2
36	59.9	76.2	35.1	87.0	35.7	75.2
38	62.7	79.4	37.0	90.4	37.5	78.2
40	65.6	82.6	38.9	94.0	39.3	81.3

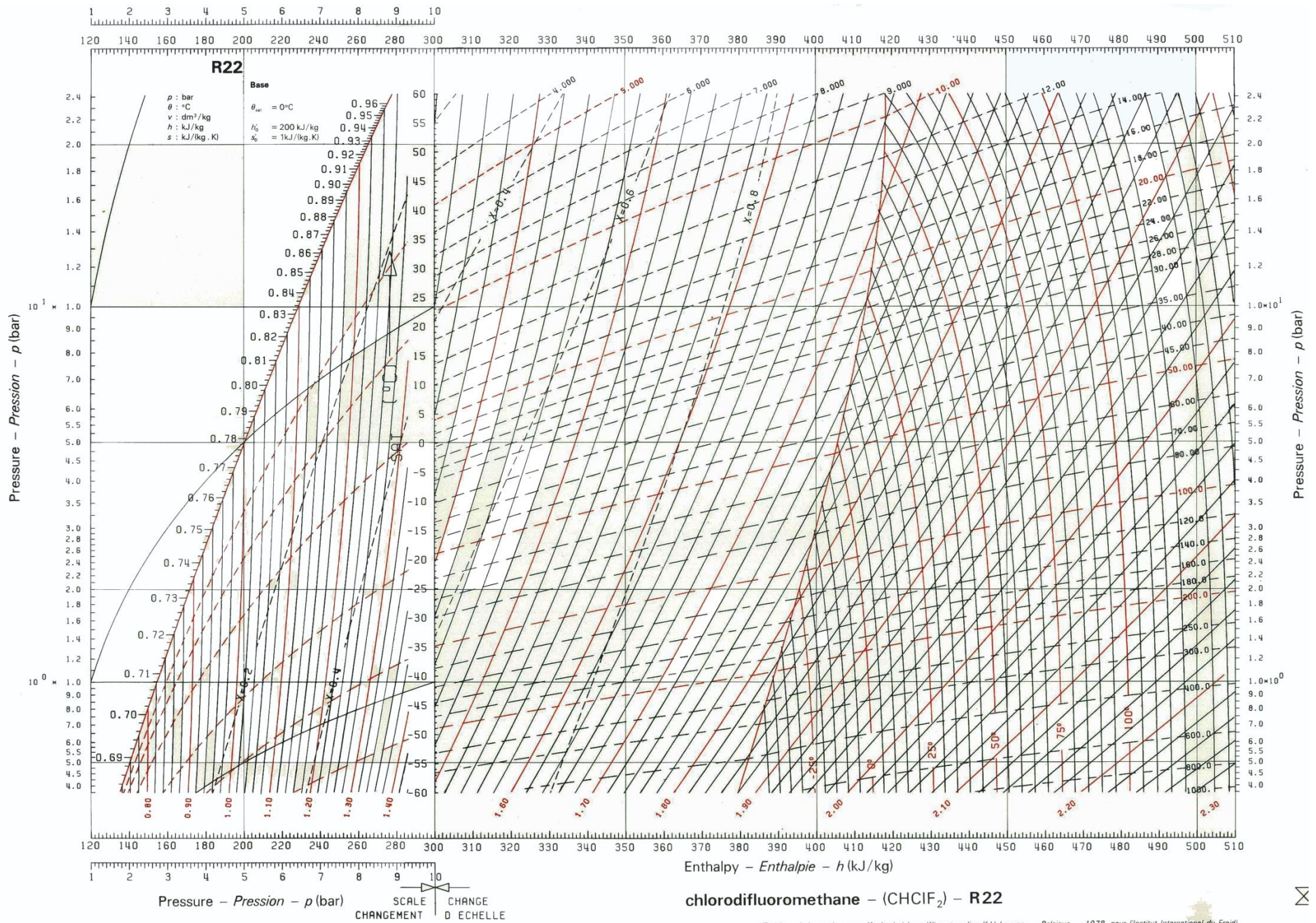
Tablas para R 407C, R 401A, R 402A, R 12, R 502
Tomadas de "Emerson"

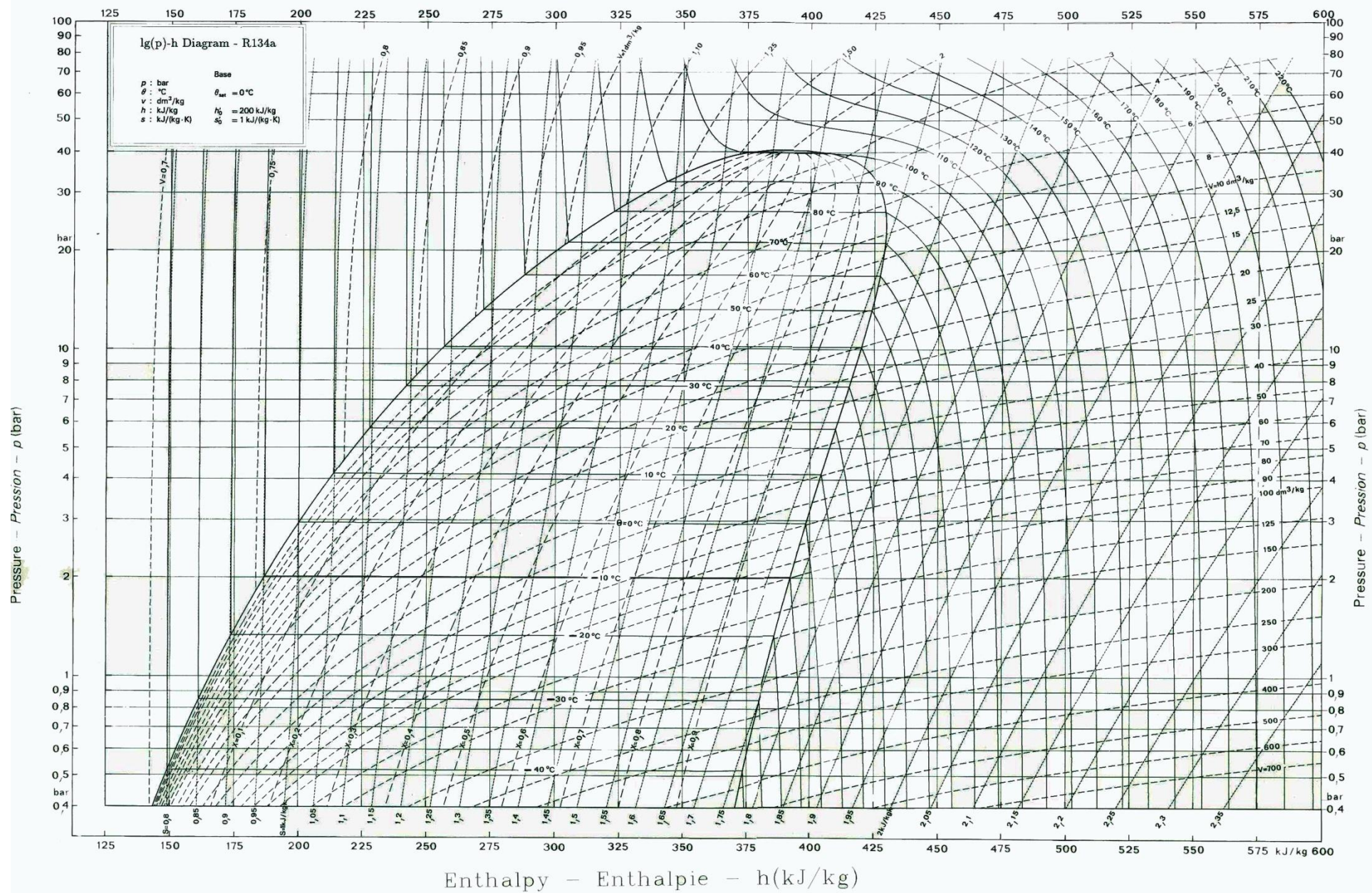
TEMPERATURE PRESSURE CHART HIGH ALTITUDE -
5,000 FT. ABOVE SEA LEVEL

Red (in of Hg) = Vacuum Black (psig) = Vapor **Bold (psig) = Liquid**

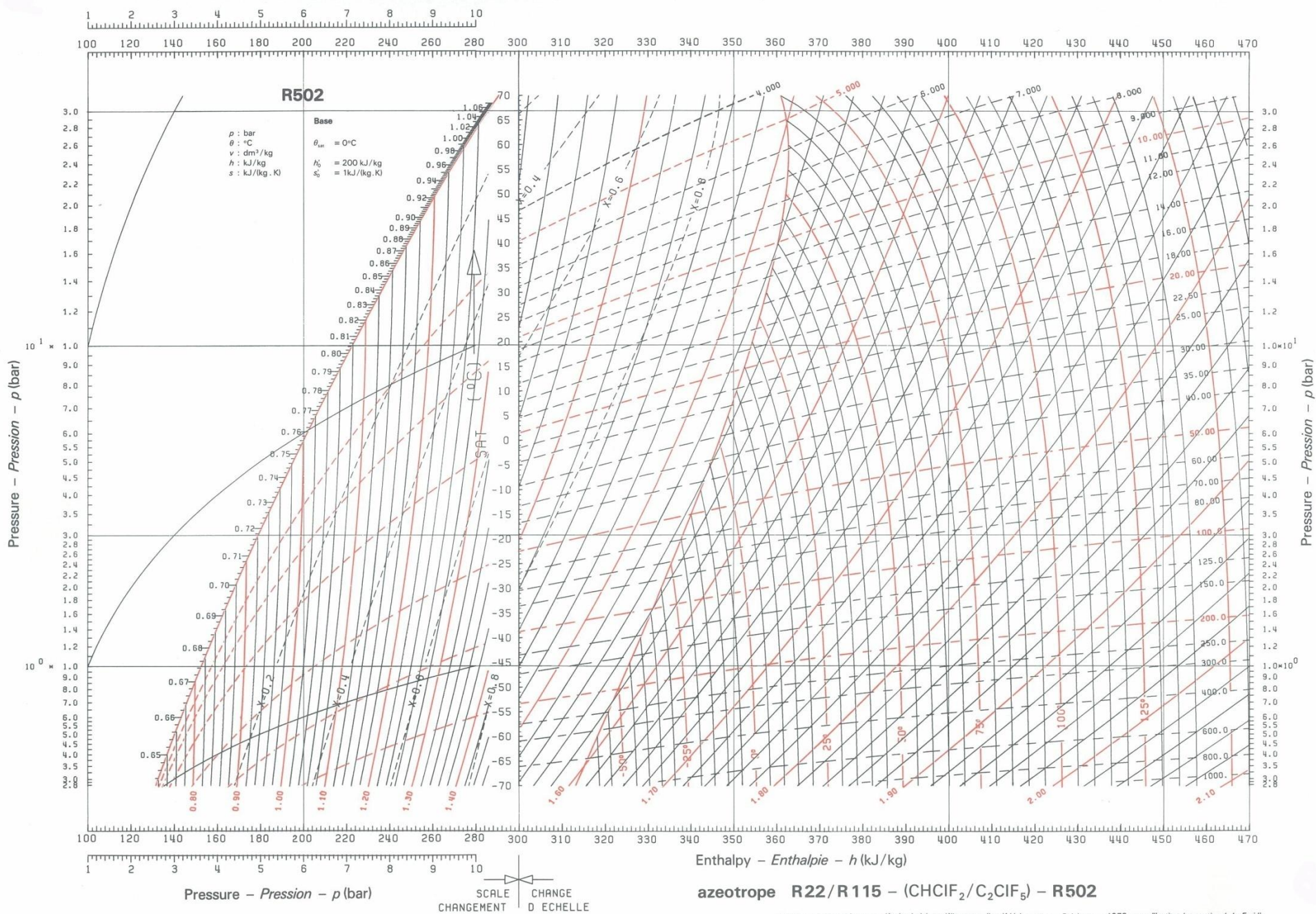
°F	R-407C Vapor	R-407C Liquid	R-401A MP-39	R-402A HP-80	R-12	R-502
40	68.5	86.0	40.9	97.7	41.1	84.5
42	71.6	89.4	42.9	101.4	43.0	87.8
44	74.7	93.0	45.0	105.3	45.0	91.1
46	77.9	96.6	47.2	109.2	47.0	94.5
48	81.2	100.3	49.4	113.2	49.0	98.0
50	84.6	104.1	62.8	117.4	51.1	101.6
52	88.1	108.0	65.4	121.6	53.2	105.3
54	91.7	112.0	68.1	126.0	55.5	109.0
56	95.4	116.1	70.8	130.4	57.7	112.9
58	99.2	120.3	73.6	135.0	60.0	116.8
60	103.1	124.7	76.5	139.6	62.4	120.9
62	107.1	129.1	79.4	144.4	64.8	125.0
64	111.2	133.6	82.4	149.3	67.3	129.2
66	115.4	138.2	85.5	154.3	69.9	133.5
68	119.7	142.9	88.7	159.4	72.5	137.9
70	124.1	147.8	91.9	164.6	75.1	142.4
72	128.6	152.7	95.2	169.9	77.8	147.1
74	133.3	157.8	98.6	175.4	80.6	151.8
76	138.0	162.9	102.1	180.9	83.5	156.6
78	142.9	168.2	105.6	186.6	86.4	161.5
80	147.9	173.6	109.2	192.5	89.4	166.5
82	153.0	179.2	113.0	198.4	92.4	171.6
84	158.3	184.8	116.8	204.5	95.6	176.9
86	163.6	190.6	120.6	210.7	98.7	182.2
88	169.1	196.5	124.6	217.0	102.0	187.7
90	174.7	202.5	128.6	223.5	105.3	193.2
92	180.5	208.7	132.8	230.1	108.7	198.9
94	186.4	214.9	137.0	236.8	112.2	204.7
96	192.4	221.4	141.3	243.7	115.7	210.6
98	198.5	227.9	145.7	250.7	119.3	216.7
100	204.8	234.6	150.2	257.9	123.0	222.8
102	211.3	241.4	154.8	265.2	126.8	229.1
104	217.8	248.3	159.5	272.6	130.6	235.5
106	224.6	255.4	164.3	280.2	134.5	242.0
108	231.4	262.7	169.2	288.0	138.5	248.7
110	238.5	270.0	174.2	295.9	142.6	255.4
112	245.7	277.5	179.2	304.0	146.7	262.4
114	253.0	285.2	184.4	312.2	151.0	269.4
116	260.5	293.0	189.7	320.6	155.3	276.6
118	268.2	301.0	195.1	329.1	159.7	283.9
120	276.0	309.1	200.6	337.9	164.2	291.3
122	284.0	317.4	206.2	346.7	168.7	298.9
124	292.2	325.8	211.9	355.8	173.4	306.7
126	300.5	334.4	217.7	365.0	178.1	314.5
128	309.0	343.1	223.6	374.4	182.9	322.6
130	317.8	352.1	229.6	384.0	187.9	330.8
132	326.6	361.1	235.8	393.8	192.9	339.1
134	335.7	370.4	242.1	403.8	198.0	347.6
136	345.0	379.8	248.4	414.0	203.2	356.2
138	354.5	389.4	254.9	424.3	208.4	365.0
140	364.1	399.1	261.5	434.9	213.8	373.9
142	374.0	409.0	268.3	445.7	219.3	383.1
144	384.1	419.1	275.1	456.6	224.9	392.4
146	394.4	429.4	282.1	467.8	230.5	401.8
148	404.9	439.9	289.2	479.3	236.3	411.4

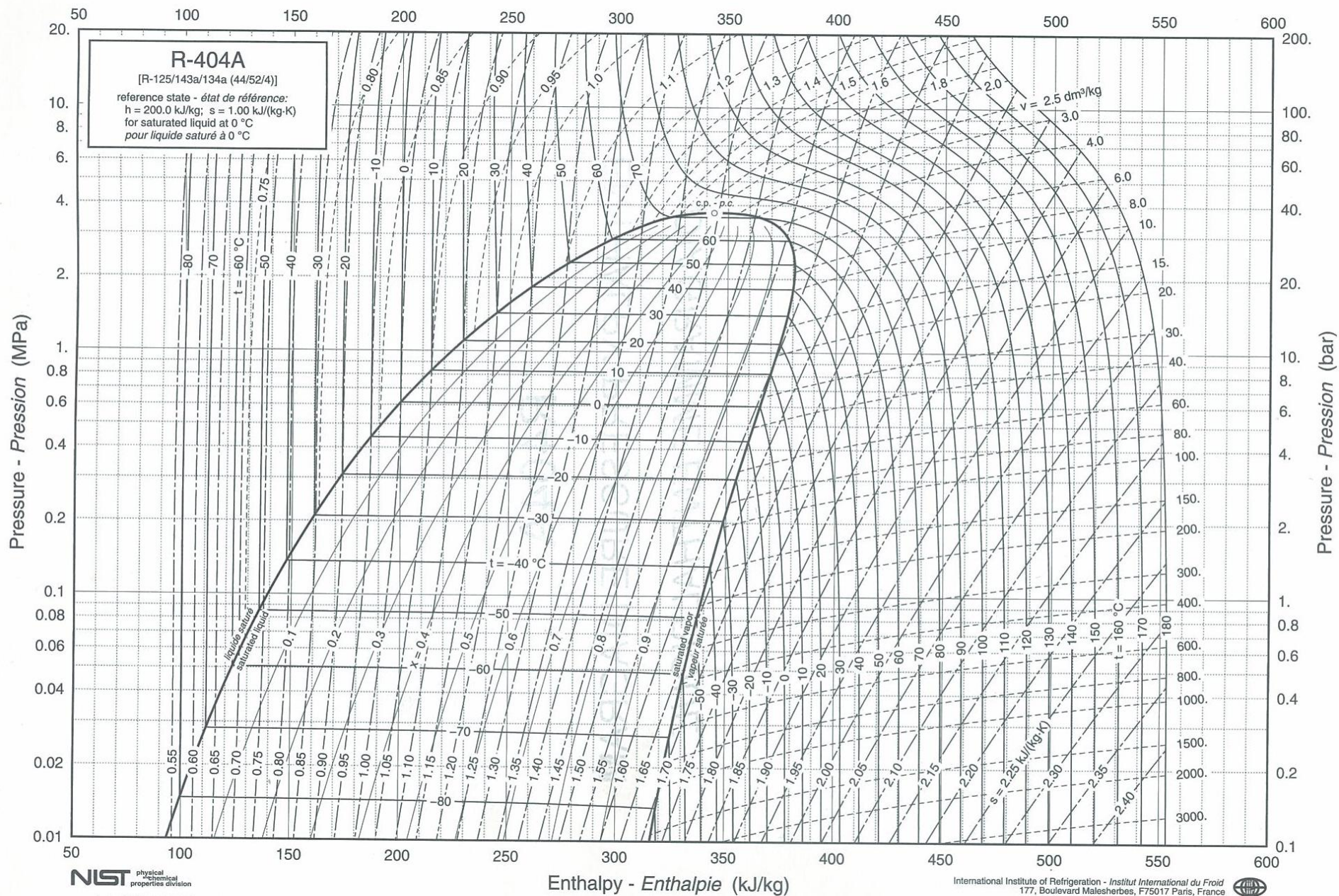


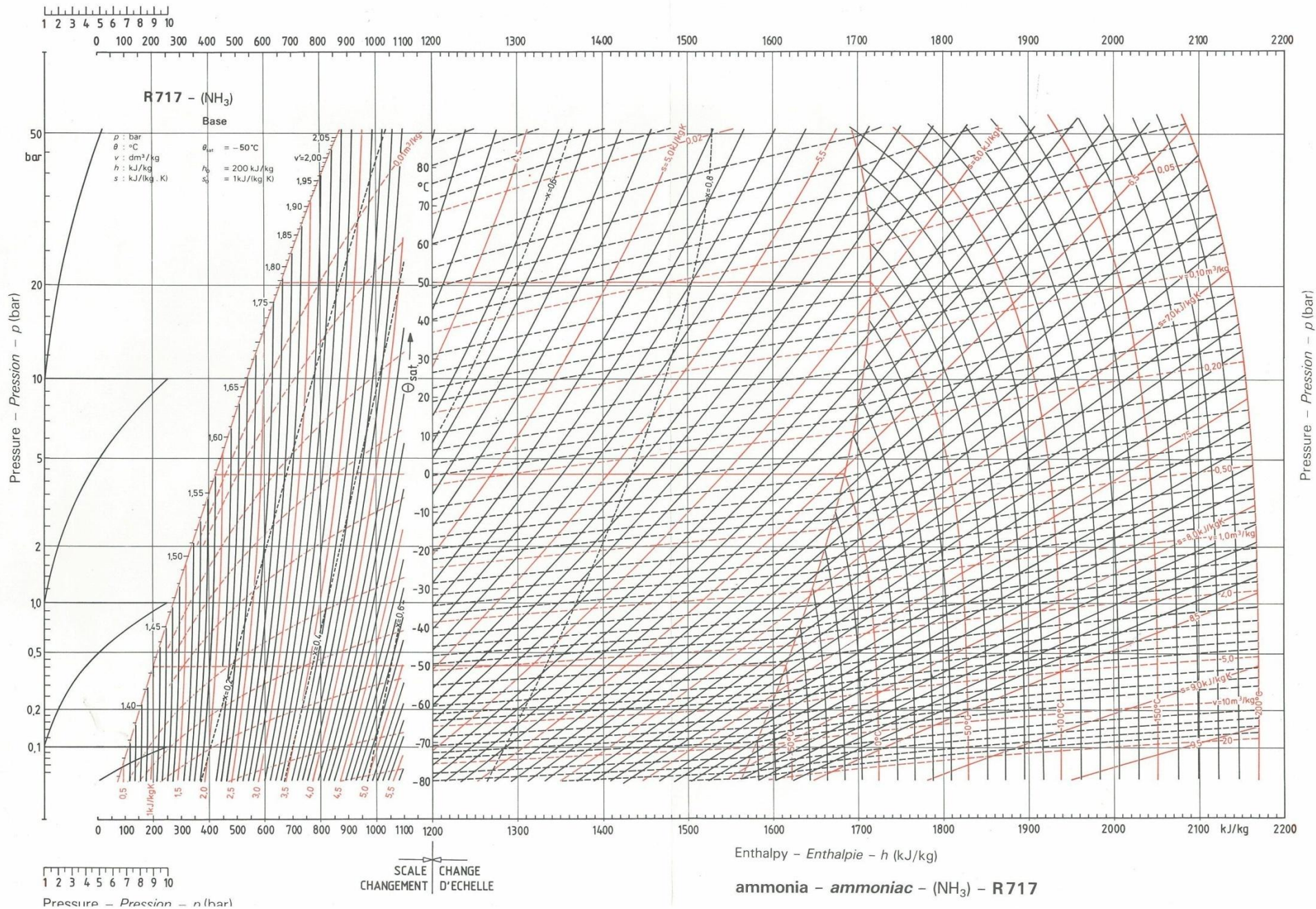


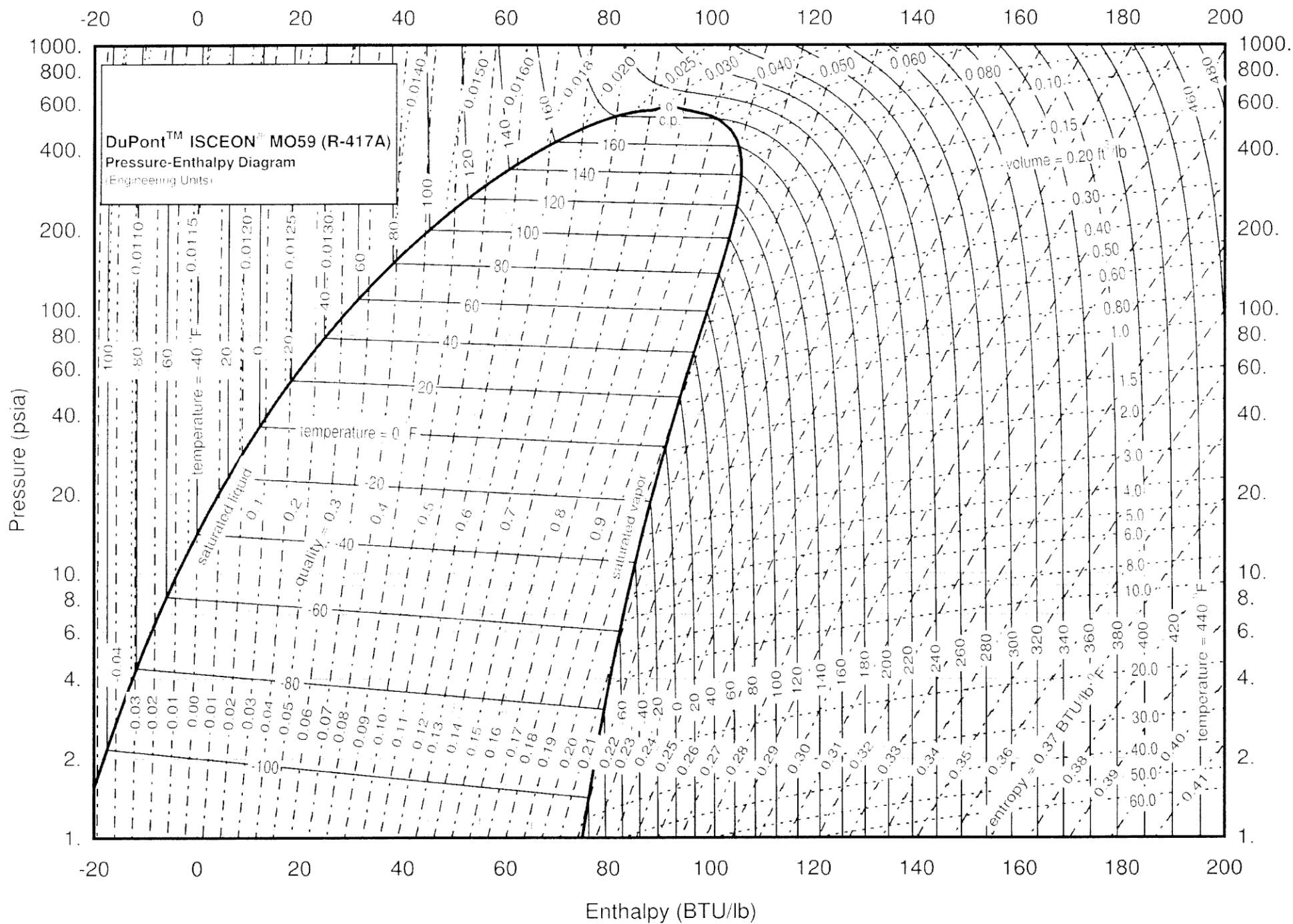


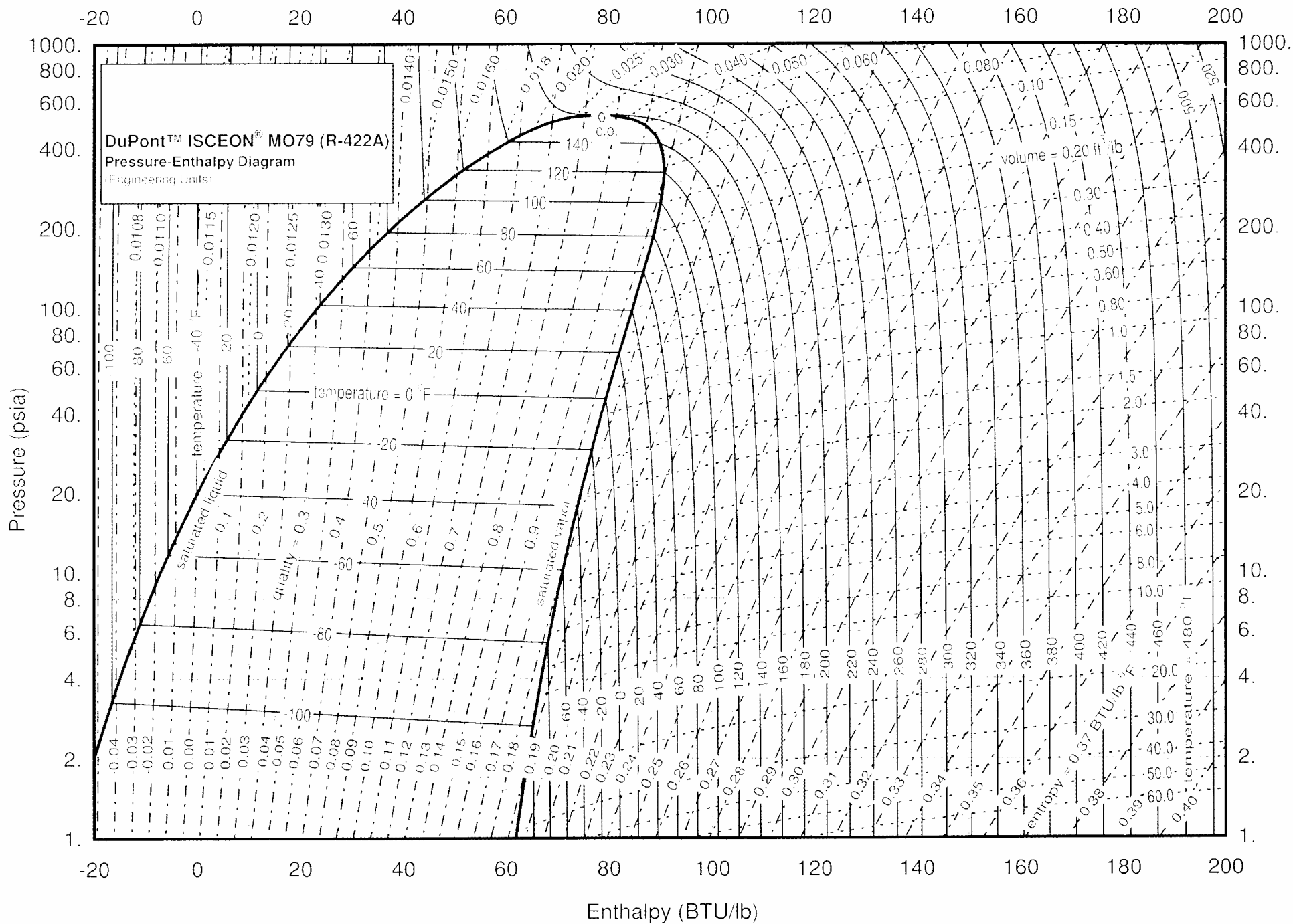
-Tetrafluoroethane - (CF₃ - CH₂F) - R134a

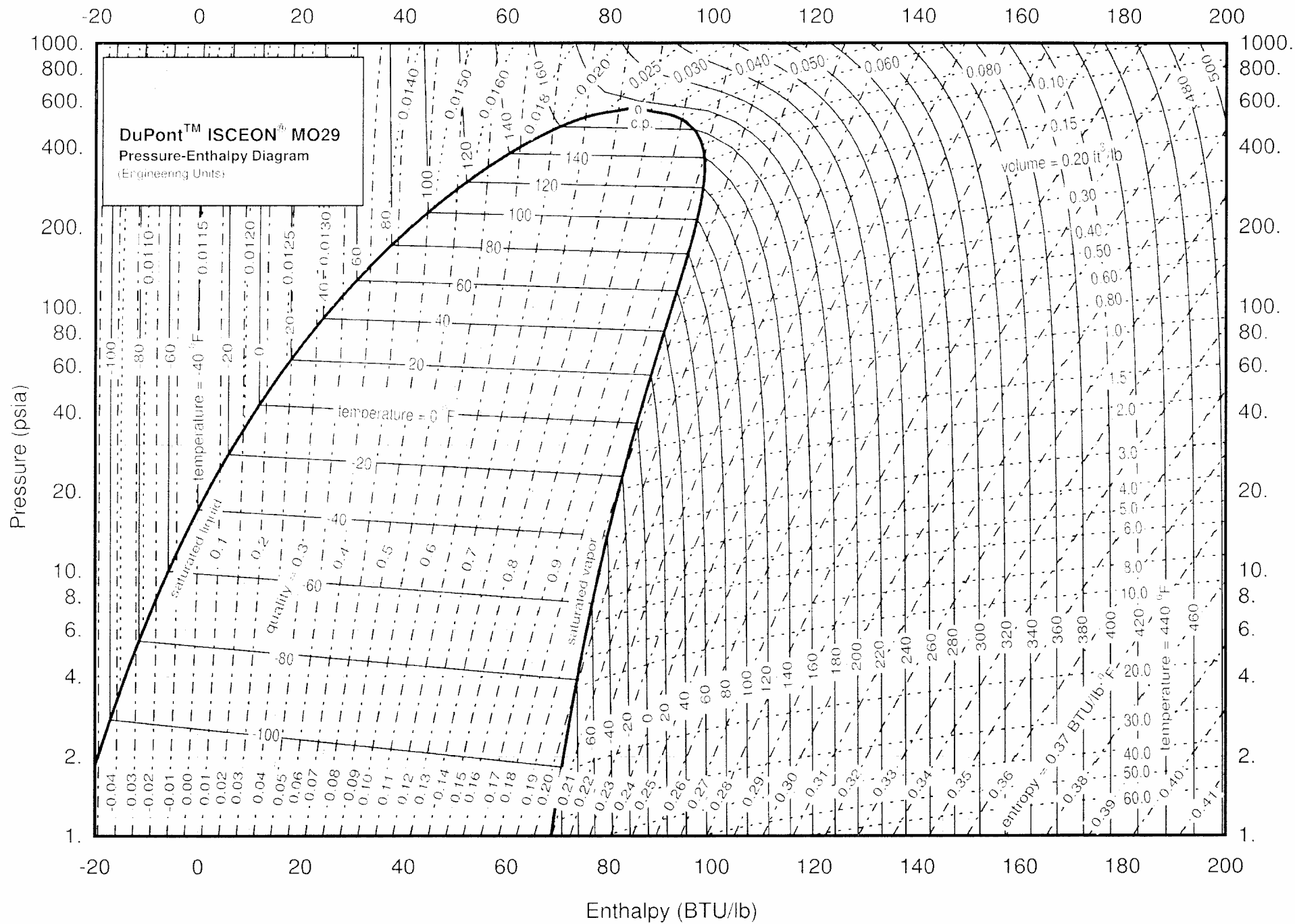


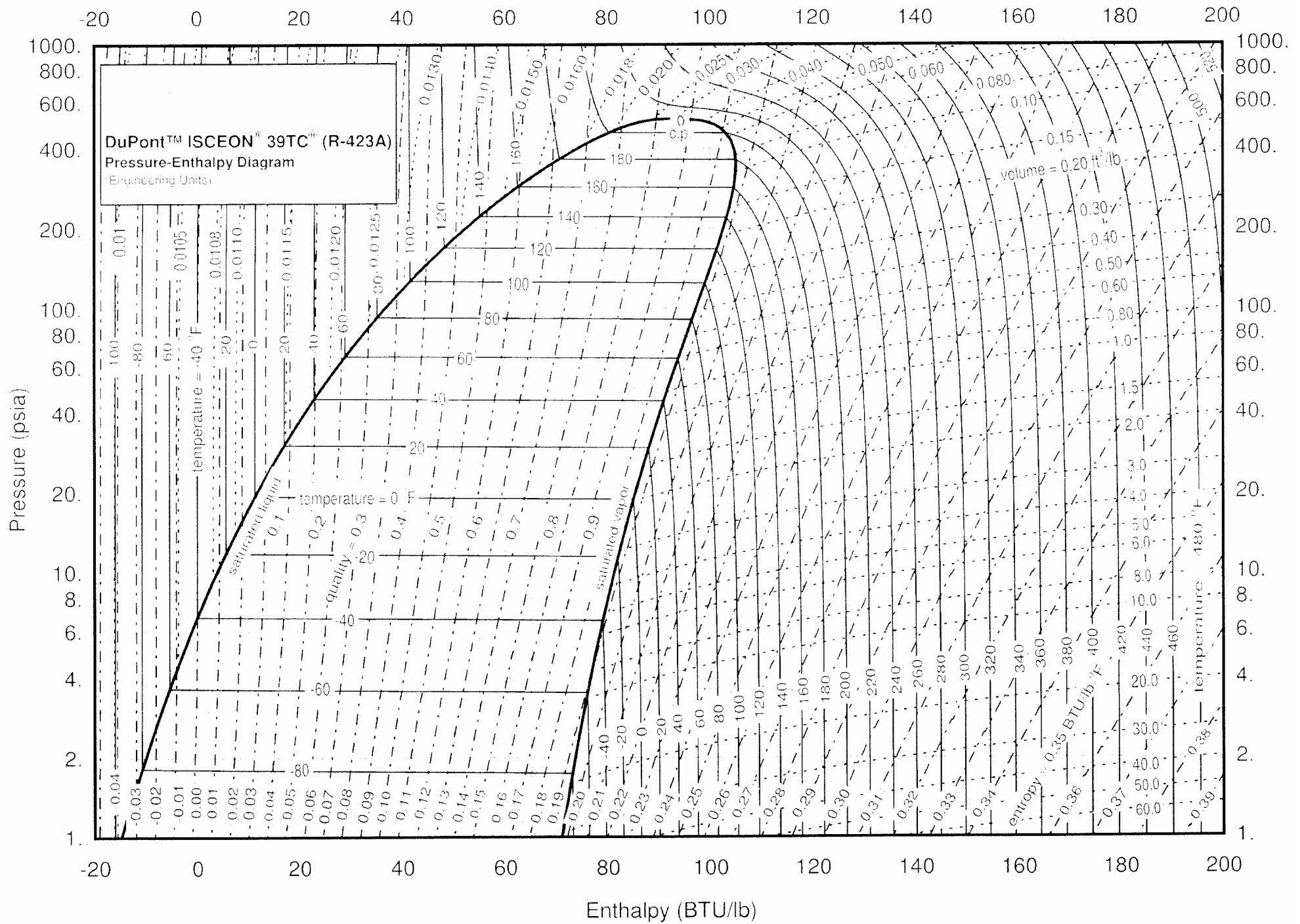


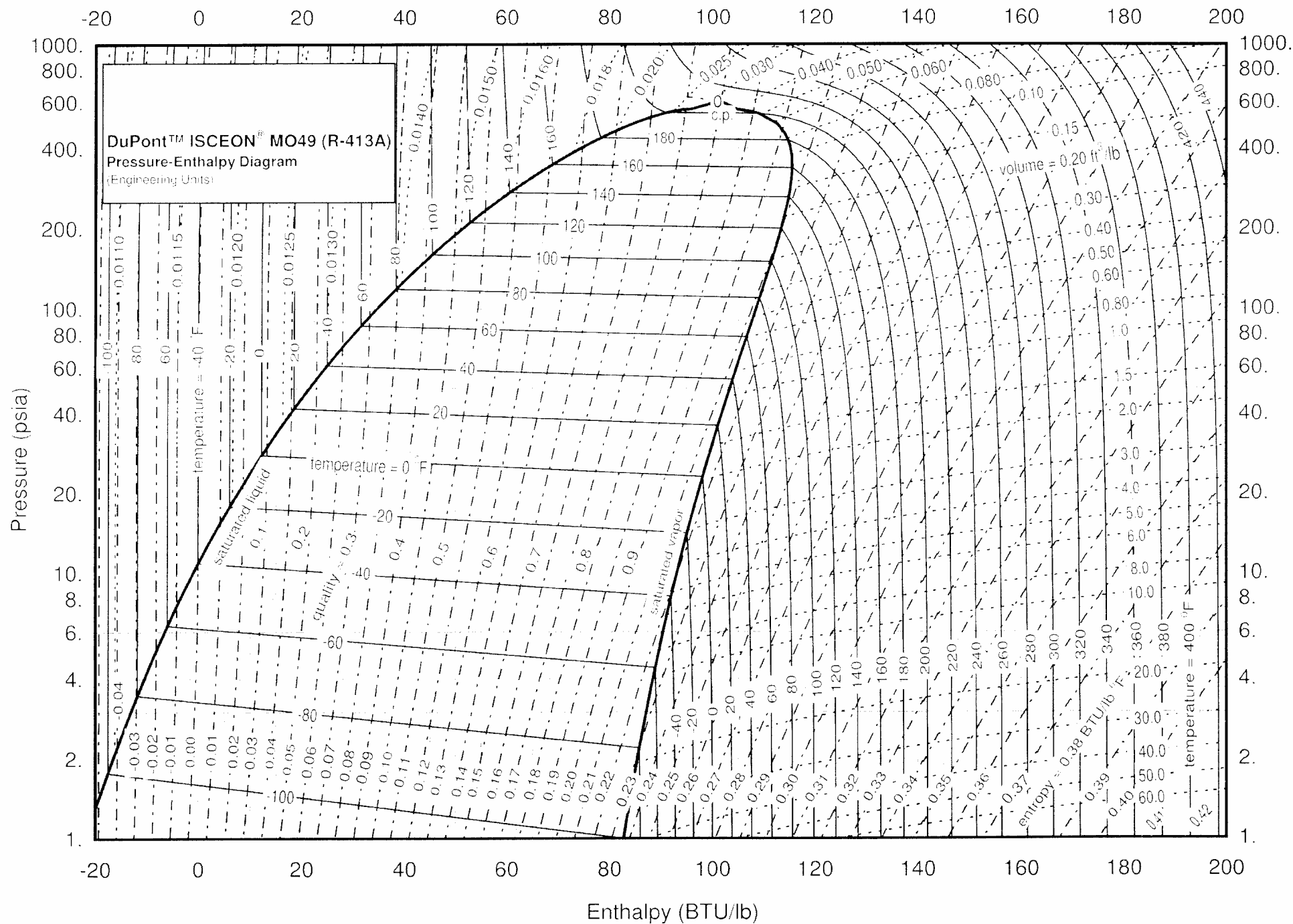


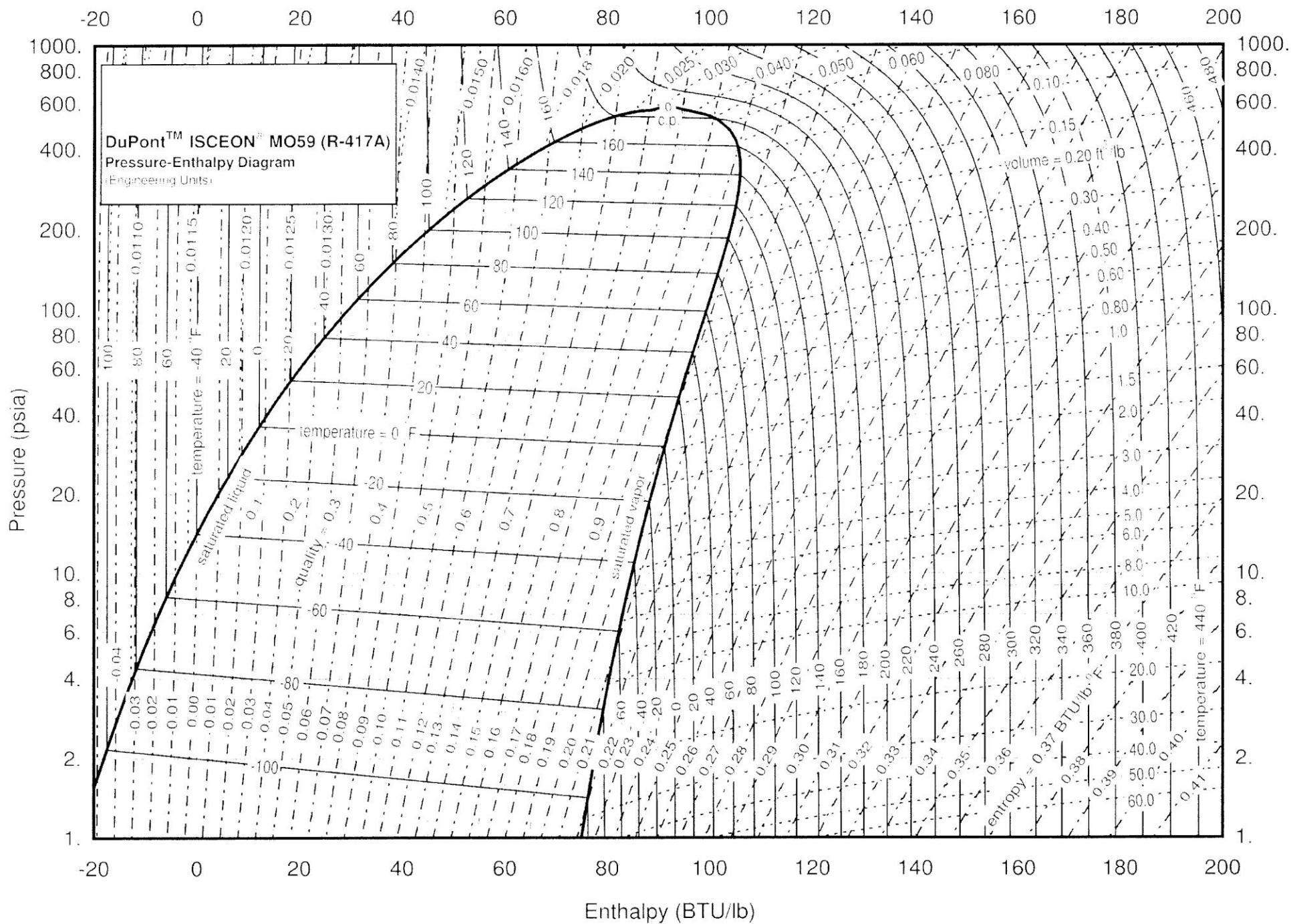


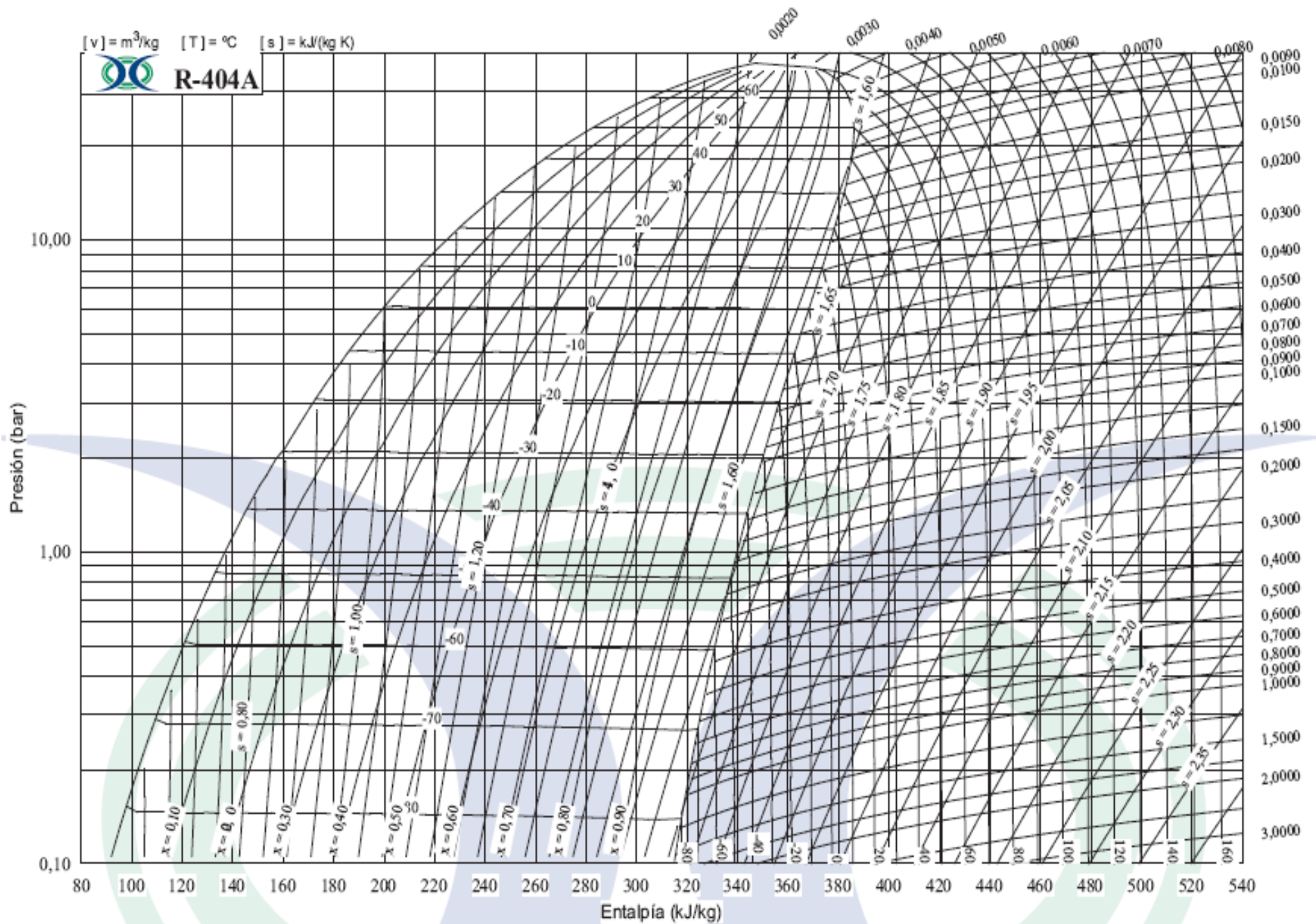












SELECCIÓN DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA

1. Determine la temperatura del refrigerante líquido que entra la válvula

Las tablas de capacidad en este ejemplo son basadas en líquido a 40°C para R-12, R-22, R-134a, R-401A, R-402A, R-404A, R-407A, R-407C, R-409A, R-410A, R-502, y R-507. Las capacidades para R-717 (amoníaco) son basadas en líquido a 30°C. Para otras temperaturas de líquido, hay que aplicar el factor de corrección en las tablas para cada refrigerante (Tabla B).

2. Determine la caída de presión a través de la válvula

Reste la presión de evaporador de la presión de condensador. La presión de condensación que debe usarse en este cálculo debe ser la presión de condensación mínima de operación del sistema. De este valor, reste todas las otras pérdidas de presión para obtener la caída de presión a través de la válvula. Asegúrese de considerar todas las posibles fuentes de caída de presión:

- (1) Caídas por fricción en las líneas de refrigeración incluyendo evaporador y condensador.
- (2) Caída de presión a través de accesorios de la línea de líquido tales como válvula solenoide y filtro-deshidratador.
- (3) Caída (subida) de presión estática debida a un ascenso (descenso) vertical de la línea de líquido.
- (4) Caída de presión a través del distribuidor de refrigerante, en caso de usarse.

3. Seleccione la válvula de las tablas de capacidad – Seleccione una válvula en base a la temperatura de evaporación de diseño. Si es posible, la capacidad de la válvula debe ser igual o exceder ligeramente al valor de capacidad de diseño del sistema. Asegúrese de aplicar los factores de corrección por temperatura de líquido y por caída de presión apropiados a los valores de capacidad de válvulas mostrados en las tablas de selección. Una vez que el valor de capacidad ha sido encontrado, determine la capacidad nominal de la válvula de la segunda columna de las tablas de selección. En los sistemas de evaporadores múltiples seleccione cada válvula en base a la capacidad individual de cada evaporador.

4. Determine si se requiere un ecualizador externo

La cantidad de caída de presión entre la salida de la VET y el lugar donde está ubicado el bulbo determinará si se requiere un ecualizador externo, generalmente los fabricantes de evaporadores lo especifican en sus catálogos.

5. Seleccione el tipo de unión

Seleccione el tipo de unión que puede ser de tipo flare, soldar o bridado

6. Seleccione la Carga Termostática Selectiva

Seleccione la carga de acuerdo a la temperatura de evaporación de diseño de la tabla.

Ejemplo de Selección – Refrigerante R-22

Aplicación: **Refrigeración de baja temperatura**

Temperatura de evaporador de diseño -30°C

Temperatura de condensador de diseño 38°C

Temperatura de líquido refrigerante 30°C

Capacidad de diseño del sistema 1 ton

Caída de presión disponible a través de la VET:

Presión de condensación (psig) 200

Presión de evaporación (psig) 9

Caída en línea de líquido y accesorios (psi) 5

Caída en distribuidor y tubos (psi) 35

total 151

Factor de corrección por caída de presión **Nota:(1)** 0.93
(caída de presión de 151 $\approx$ 150 psi y -30°C temp evap., vea Tabla C.)

Factor de corrección por temperatura de líquido . . . 1.11
(líquido entrando a la VET a 30°C. Vea tabla B.)

En la tabla de capacidades para R-22 bajo la temperatura de evaporación de -30°C encontramos una capacidad 1.12 tons, que corresponde a una válvula Tipo EF con capacidad nominal de 1-1/2 tons. (Tabla A)

Carga termostática **Nota:(2)** VZ (Tabla D)

Selección: EFVE- 1-1/2 -Z - 3/8" x 1/2" x 1/4" ODF x 30" Ver Tabla E

En las condiciones dadas, esta válvula tiene una capacidad real:

$$C \text{ Real} = C \text{ Tabla} \times FC \text{ Presión} \times FCL\text{íquido} = 1.12 \times 0.93 \times 1.11 = 1.15 \text{ tons}$$

El porcentaje de carga de la válvula es: % de carga = $1.00 / 1.15 = 0.87$ ó 87%

Nota: (1) Debe usarse una VET ecualizada externamente en sistemas con evaporadores que usan un distribuidor de refrigerante. Esto debido a la caída de presión creada por el distribuidor. Además, debe usarse una VET ecualizada externamente en aplicaciones de aire acondicionado para reducir la posibilidad de migración de carga termostática.

Nota: (2) Por favor observe que la designación de refrigerante en la carga termostática (en este caso "V") se omite cuando es incorporada en la designación del modelo.

selectivas Sporlan.

CAPACIDADES DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA TONELADAS DE REFRIGERACION						
APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO						
VALVULA TIPO	CAPACIDAD NOMINAL (Tons)	22				
		CARGA TIPO				
		VC, VCP100, VGA VZ, V2				
		TEMPER.				
		5°	0°	-10°	-20°	-30°
F-EF-G-EG	1/5	0.20	0.19	0.21	0.19	0.16
NI	1/4	0.30	0.30	0.32	0.30	0.24
F-EF-G-EG	1/3	0.34	0.34	0.36	0.32	0.25
Ni-F-EF-G-EG	1/2	0.44	0.44	0.46	0.41	0.32
G-EG	3/4	0.74	0.73	0.77	0.72	0.62
Ni-F-EF-G-EG	1	0.98	0.97	1.02	0.95	0.78
F-EF-G-EG	1-1/2	1.57	1.55	1.64	1.45	1.12
F&EF(Ext)-C-G&EG(Ext)-S	2	1.96	1.94	2.05	1.99	1.79
F&EF(Int)-G(Int)&EG	2-1/2	2.45	2.42	2.56	2.39	2.01

Tabla A

Tabla A

La capacidad de la válvula debe ser igual o exceder ligeramente la capacidad o tonelaje del sistema.
(Refiérase a la página 6 para tabla de capacidad completa para R-22)

Temperatura de Evaporador de Diseño

REFRIGERANTE	TEMPERATURA DE LIQUIDO (°C)					
	0°	10°	20°	30°	40°	50°
22	1.42	1.32	1.21	1.11	1.00	0.89
407A	1.57	1.44	1.30	1.15	1.00	0.84
407C	1.60	1.46	1.31	1.16	1.00	0.84

Tabla B

Caída de Presión Disponible a la VET

TEMPERATURA EVAPORADOR °C	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VET (PSI)							
	40	60	80	100	125	150	175	200
5° , 0°	0.63	0.77	0.89	1.00	1.12	1.22	1.32	1.41
-10°	0.57	0.69	0.80	0.89	1.00	1.10	1.18	1.26
-20°	0.52	0.63	0.73	0.82	0.91	1.00	1.08	1.15
-30° , -40°	0.48	0.59	0.68	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07

Tabla C

APLICACION	12 409A	22 407A	410A
AIRE ACONDICIONADO	FCP60	—	—
	—	VCP100	—
	—	VGA	ZGA
	—	—	—
REFRIGERACION COMERCIAL 10°C a -25°C	FC	—	—
	—	VC	—
	—	—	—
	—	—	—
REFRIGERACION DE BAJA TEMPERATURA -20°C a -40°C	FZ	—	—
	FZP	—	—
	—	VZ	—
	—	VZP40	—
	—	—	—
	—	—	—
	—	—	—
	—	—	—
TEMPERATURA EXTREMADAMENTE BAJA -40°C a -70°C	—	VX	—
	—	—	—

Tabla D

S	V	E	-	5	-	GA	1/2" ODF Soldar	x	7/8" ODF Soldar	x	1/4" ODF Soldar	x	5'
Tipo de Cuerpo	Código Sporlan - Refrigerante - Código de Color en Etiqueta de Elemento		"E" especifica ecualizador externo. Omisión de la letra "E" indica una válvula con ecualizador interno. Por Ejemplo: SV-5-C	Capacidad Nominal en tons	Carga Termostática	Tamaño y Estilo de Conexión de Entrada	Tamaño y Estilo de Conexión de Salida	x	Tamaño y Estilo de Conexión de Conexión de Ecualizador Externo	x	Tamaño y Estilo de Conexión de Ecualizador Externo	x	Longitud del Tubo Capilar (pies o pulgadas)
	F para 12 - Amarillo E para 13 - Azul V para 22 - Verde G para 23 - Azul M para 124 - Azul J para 134a - Azul X para 401A - Rosa L para 402A - Arena S para 404A - Naranja	V para 407A - Verde N para 407C - Café S para 408A - Morado F para 409A - Amarillo Z para 410A - Rosa R para 502 - Morado W para 503 - Azul P para 507 - Azul Claro W para 508B - Azul A para 717 - Blanco											

Tabla E

REFRIGERANTE (Código de Sporlan)	TIPO F		TIPO EF		CAPACIDAD NOMINAL Toneladas de Refrigeración	Cargas Termostáticas	Longitud Est. Tubo Capilar Pulgadas	CONEXIONES – Pulgadas SAE Roscar / ③ ODF Soldar Los valores en azul son estándar y serán suministrados a menos se especifique de otra manera	
	SAE Roscar		ODF Soldar					ENTRADA	SALIDA
	Ecualizador Interno	Ecualizador Externo	Ecualizador Interno	Ecualizador Externo					
22 (V) 407C (N) 407A (V)	FV-1/5	FVE-1/5	EPV-1/5	EFVE-1/5	1/5	la Página 4	30	1/4 ó 3/8	3/8 ó 1/2
	FV-1/3	FVE-1/3	EPV-1/3	EFVE-1/3	1/3				
	FV-1/2	FVE-1/2	EPV-1/2	EFVE-1/2	1/2				
	FV-1	FVE-1	EPV-1	EFVE-1	1				
	FV-1-1/2	FVE-1-1/2	EPV-1-1/2	EFVE-1-1/2	1-1/2			3/8 ⑮	1/2 ⑰
	–	FVE-2	–	EFVE-2	2				
	FV-2-1/2	–	EPV-2-1/2	–	2-1/2				
	–	FVE-3	–	EFVE-3	3				
–	FVE-5	–	EFVE-5	5					

CONDENSADOR

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
Presión excesiva Enfriamiento agua y aire	1. Aire o gases no condensables en la instalación de refrigeración.	1. Purgar el condensador, arrancar y dejar trabajar hasta alcanzar temperatura de operación.
	2. Superficie demasiado pequeña.	2. Sustitución por uno más grande.
	3. La instalación contiene demasiado refrigerante. (acumulación de refrigerante en el condensador).	3. Sacar refrigerante hasta presión de condensación normal. El visor ha de estar siempre lleno.
	4. La regulación de la presión de condensación regulada a una presión alta.	4. Regular a la presión correcta.
Enfriados por aire	1. Suciedad en la superficie exterior del condensador	1. Limpiar el condensador
	2. Motor de ventilador o aspas con defecto	2. Cambiar aspas o motor o ambas
	3. Acceso de aire al condensador demasiado restringido	3. Mejorar circulación de aire o reubicar condensador.
	4. Temperatura ambiente demasiado alta	4. Reubicar condensador, mejorar ventilación.
	5. Dirección contraria del aire a través del condensador	5. Cambiar sentido rotación del motor del ventilador. Corriente de aire se dirige al condensador y luego al compresor.
Enfriados por agua	1. La temperatura del agua de enfriamiento es demasiado alta	1. Bajar temperatura del agua.
	2. El caudal de agua es demasiado pequeño	2. Aumentar el caudal. Estudiar si se puede utilizar una válvula automática
	3. Sedimentos suciedad en interior tuberías	3. Limpiar tuberías desacidificación.
	4. Bomba de agua de enfriamiento defectuosa o fuera de servicio	4. Cambiar la bomba de agua de enfriamiento en caso necesario
Presión baja Enfriados aire o agua	1. Superficie demasiado grande	1. Establecer regulación de condensación
	2. Baja carga del evaporador	2. Establecer regulación de condensación
	3. Presión de aspiración demasiado baja, debido a la falta de líquido en el evaporador	3. Encontrar la avería en el tramo entre condensador y válvula termostática (ver "Presión de aspiración baja")
	4. Las válvulas de succión o de descarga del compresor tengan posibles fugas	4. Reemplazar válvulas y en caso necesario platos de válvulas
	5. El control de presión de condensación ajustado a una	5. Ajustar el control de presión de condensación a su presión correcta.
	6. Recipiente no aislado y situado en posición fría con relación al condensador. (El recipiente actúa como condensador)	6. Cambiar recipiente de lugar o proveerlo de una cubierta aislante adecuada.

Enfriados por aire	1. Temperatura de aire de enfriamiento demasiado baja	1. Regular presión de condensación.
	2. Gasto de aire hacia el condensador demasiado grande	2. Reemplazar ventilador por uno más pequeño, regular velocidad del motor.
Presión baja Enfriados por agua	1. Caudal de agua demasiado grande	1. Montar válvula presostática de agua o regular la existente
	2. Temperatura del agua demasiado baja	2. Reducir flujo de agua, eventualmente con válvula presostática de agua.
Presión inestable	1. Presostato de arranque/parada del ventilador con diferencial grande. Podrá producir vapor en línea de líquido después de arranque, a causa de refrigerante en el condensador	1. Diferencial a valor más bajo; usar regulación con válvula de control de condensación o utilizar variador de velocidad del ventilador
	2. La válvula termostática es inestable	2. Ajustar la válvula a más recalentamiento o cambiar el orificio a uno menor.
	3. Presión de aspiración inestable	3. Ver "Presión de aspiración inestable"
Temperatura de línea de descarga alta	1. Presión de aspiración demasiado baja, por: a. Falta de líquido en el evaporador. b. Carga del evaporador demasiado baja c. Fugas en los platos de las válvulas de succión y descarga del compresor. d. Recalentamiento alto: intercambiador de calor o acumulador de succión	1. Localizar la avería en el tramo desde el recipiente hasta la línea de succión (Ver "Presión de succión baja") Cambiar platos de válvulas en el compresor. Suprimir intercambio de calor seleccionar uno más pequeño
	2. Presión de condensación demasiado alta	2. Ver "Presión de condensación alta"
Temperatura de línea de descarga baja	1. Paso de refrigerante líquido al compresor (válvula termostática ajustada a un recalentamiento bajo o bulbo mal situado)	Ver "Presión de condensación demasiado baja"
	2. Presión de condensación demasiado baja	2. Ver control de operación ventiladores
Nivel de líquido en el recipiente bajo	1. Falta de líquido refrigerante en la instalación	1. Averiguar causa (fuga, sobrecarga evaporador) Subsanan averías y recargar la instalación si es necesario.

	2. Sobrecarga del evaporador	2. Situar recipiente junto al condensador. Condensadores enfriados por aire: Establecer la regulación de presión de condensación regulando velocidad del ventilador utilizando un convertidor de frecuencia
Nivel de líquido recipiente alto. Enfriamiento normal	Demasiada carga de líquido en la instalación	Vaciar refrigerante, de modo que la presión de condensación siga normal y la mirilla del visor esté sin burbujas.
Enfriamiento pequeño	1. Obstrucción parcial de un componente en la línea de líquido	Localizar el componente, limpiarlo o cambiarlo.
Filtro secador frío, posibles gotas de rocío o escarcha	1. Obstrucción parcial del filtro deshidratador 2. Filtro deshidratador saturado total o parcialmente con agua o ácidos	1. Averiguar si hay impurezas en la instalación, limpiar si es necesario y cambiar el filtro deshidratador. 2. Averiguar si hay humedad o ácidos en la instalación, limpiar si es necesario, cambiar filtro deshidratador ("burn-out") varias veces si es necesario. En caso de contaminación por ácidos: cambiar el líquido refrigerante y la carga de aceite, montar un filtro deshidratador con cartucho intercambiable en la línea de succión.
Visor de líquido descolorido amarillo	Humedad en la instalación	1 Averiguar si hay presencia de fugas en la instalación. Reparar y recargar si es necesario. 2. Averiguar si hay presencia de ácidos en la instalación. Cambiar el filtro deshidratador varias veces si es necesario. 3. En casos extremos, puede ser necesario cambiar el líquido refrigerante e incluso el aceite. Limpieza completa de la instalación si es necesario
Visor de líquido marrón o negro	Impurezas en forma de pequeñas partículas en la instalación.	Cambiar el visor de líquido y el filtro deshidratador

	Burbujas de vapor en el visor delante de la válvula termostática	1. Subenfriamiento pobre por caída de presión en línea de líquido, puede ser causada por: a. Extrema longitud de línea de líquido en relación con su diámetro. Línea de líquido con diámetro demasiado pequeño b. Curvas en línea del líquido c. Obstrucción parcial del filtro deshidratador.	a. Cambiar la línea de líquido por otra de diámetro conveniente. b. Cambiar curvas c. Buscar impurezas en instalación, limpiar si es necesario y cambiar filtro deshidratador.
		2. Falta de subenfriamiento de líquido a causa de penetración de calor en la línea de líquido, que puede ser ocasionada por alta temperatura alrededor de la misma.	2. Reducir temperatura ambiente; instalar intercambiador de calor líquido y succión; aislar línea de líquido del entorno junto a la línea de succión.
		3. Condensadores enfriados por agua: Subenfriamiento demasiado pequeño a causa de dirección contraria del caudal del agua de enfriamiento.	3. intercambiar la entrada y la salida del agua de enfriamiento. (Tiene que haber corrientes opuestas entre el agua y el líquido refrigerante).
		4. Presión de condensación demasiado baja	4. Ver "Presión de condensación baja"
		5. Válvula de salida del recipiente pequeña o no abierta completamente.	5. Reemplazar la válvula o abrirla completamente.
		6. Demasiada caída de presión hidrostática en la línea de líquido (demasiado desnivel entre la válvula termostática y el recipiente)	6. Instalar un intercambiador de calor entre la línea de líquido y la de succión antes de la subida de línea de líquido.
		7. Presión de condensación defectuosa: acumulación de líquido en el condensador. Si se regula la presión de condensación con arranque/parada del ventilador del condensador, puede aparecer vapor en la línea de líquido durante algún tiempo después de la puesta en marcha del ventilador.	7. Reemplazar o ajustar el regulador de condensación a su valor correcto. Si es necesario, cambiar la regulación instalando válvulas reguladoras de presión de condensación o con un variador de velocidad.
	Burbujas de vapor en el visor delante de la válvula termostática	Falta de líquido en la instalación	Recargar refrigerante, primero asegurarse que ninguna de las averías citadas en 1,2,3,4,5,6 y 7 estén presentes. En caso contrario, hay riesgo de sobrecarga.
ORADOR	PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
	Enfriadores de aire.	1. La operación de deshielo no se ha realizado o no es eficiente.	1. establecer un sistema de deshielo o ajustar la operación actual.

EVAP	Evaporador bloqueado de escarcha	2. Humedad de aire en cámara frigorífica excesiva por entrada de humedad de: a. Productos no empacados. b. Entrada de aire en las cámaras a través de rendijas o puertas abiertas	a. Recomendar empaque de productos o ajustar la operación de deshielo. b. Sellar rendijas. Recomendar que la puerta se mantenga cerrada.
	Evaporador dañado	Aletas o láminas deformadas	Enderezar aletas: mediante peinador de aletas
	Excesiva humedad de aire en la cámara. T. ambiente normal	1. Superficie del evaporador excesivo causando un funcionamiento a una temperatura de evaporación excesiva con periodos cortos de funcionamiento.	1. Reemplazar el evaporador por uno más pequeño.
		2. Baja carga térmica en la cámara. (deshumificación insuficiente a causa del corto funcionamiento por cada 24 h)	2. Establecer regulación humedad con un higrómetro, elementos de calor y un termostato de seguridad
	Humedad del aire en la cámara baja	1. La cámara está mal aislada	1. Recomendar mejor aislamiento.
		2. Gran consumo interno de energía	2. Menor consumo interno de energía.
		3. Evaporador pequeño, funcionamiento a temperatura de	3. Reemplazar el evaporador por uno más grande.
	Temperatura de aire en la cámara frigorífica demasiado alta	1. Capacidad compresor demasiado pequeña	Ver "Compresor"
		2. Carga térmica de la cámara demasiado grande a causa de: a. Introducción de productos a temperatura más alta de la diseñada b. Gran consumo interno de energía, por ej: alumbrado y ventiladores c. Cámara mal aislada d. Gran infiltración de aire	a. Menos productos en cámaras o aumento capacidad de la instalación. b. Disminuir consumo de energía o aumento capacidad de la instalación c. Mejor aislamiento. d. Cámara más hermética y apertura mínima de las puertas.
		3. Evaporador demasiado pequeño	3. Reemplazar por uno más grande.
		4. Flujo de líquido refrigerante hacia el evaporador muy pequeño o inexistente.	4. Ver "Burbujas de vapor en el visor"
		5. Regulador de presión de evaporación ajustado a una presión de evaporación demasiado alta.	5. Ajustar el regulador de presión de evaporación. Usar manómetro.

		6. Presostato de baja presión ajustado a una presión de corte demasiado alta.	6. Ajustar el presostato a su valor correcto de presión de corte. Usar manómetro.
		7. Válvula de regulación de capacidad, abre a una presión de evaporación demasiado alta	7. Ajustar válvula a una presión de apertura más baja.
		8. Válvula de regulación de presión de succión ajustada a una presión de apertura demasiado baja.	8. Ajustar la válvula de presión de succión a una presión de apertura más alta, si el compresor lo admite.
	Temperatura de la cámara demasiado baja	Avería en el termostato de la cámara: Temperatura de corte ajustada a un valor demasiado bajo. Temperatura ambiente demasiado baja	Si es absolutamente necesario: Establecer un calentamiento eléctrico controlado por termostato.
	Presión de succión demasiado alta	1. Compresor demasiado pequeño	1. Cambiar el compresor por uno mayor.
		2. Platos de válvulas del compresor con fuga.	2. Reemplazar platos de válvulas.
		3. Regulación de capacidad defectuosa o mal ajustada.	3. Cambio o ajuste del regulador de capacidad.
		4. Carga de la instalación demasiado grande.	4. Menor carga; compresor mayor; válvula presión de succión.
		5. Válvula de deshielo por gas caliente tiene fuga	5. Cambiar la válvula
	Presión de succión demasiado alta y baja temperatura del gas de	1. Termostática ajustada a un recalentamiento demasiado bajo o bulbo mal situado.	1. Ajustar termostática a niveles adecuados
		2. Orificio de la válvula termostática	2. Reemplazar el orificio por uno más
		3. Fugas en el intercambiador de calor entre las líneas de líquido de	3. Reemplazar el intercambiador de calor
	Presión de succión baja, funcionamiento constante	Presostato de baja presión mal ajustado o defectuoso.	Ajustar o cambiar el presostato de baja presión o combinado
	Presión de succión baja,	1. Carga de la instalación baja	1. Regular capacidad aumentar presión diferencial presostato de baja presión.

	funcionamiento normal funcionamiento irregular	2. Falta líquido refrigerante en el evaporador	a. Falta de refrigerante en el recipiente	Ver "nivel líquido en el recipiente bajo"
		b. Línea de líquido demasiado larga.	c. Línea de líquido demasiado estrecha.	Ver "Burbujas de vapor en el visor"
			d. Curvas pronunciadas línea de líquido.	Ver "Burbujas de vapor en el visor"
			e.	Ver "Burbujas de vapor en el visor"
		3. Evaporador demasiado pequeño	3. Reemplazar el evaporador	
		4. Ventilador del evaporador defectuoso.	4. Cambiar o reparar el ventilador.	
		5. Demasiada caída de la presión en el evaporador y / o en la línea de succión.	5. Si es necesario, cambiar evaporador y / o la línea de succión.	
		6. Deshielo no realizado o insuficiente.	6. Ajuste deshielo existente o nuevo.	
		7. Congelación en el enfriador de salmuera.	7. Aumentar concentración de salmuera	
		8. Aire o Salmuera insuficiente	8. Ver "enfriadores de aire - líquido"	
	9. Acumulación de aceite en el evaporador.	9. Ver "nivel de aceite en carter bajo"		
	Presión de succión inestable, trabajando válvula de expansión termostática	1. Recalentamiento de válvula termostática demasiado pequeño.	1. Ajustar termostática a niveles adecuados	
		2. Orificio de la válvula demasiado grande.	2. Reemplazar la válvula de regulación de capacidad por una más pequeña	
		3. Fallo de regulación de capacidad a. Válvula regulación de capacidad grande b. Presostato(s) para regulación por etapas mal ajustado(s).	3. Ajustar a mayor diferencial de presión de conexión y de desconexión.	
	Temperatura del gas de succión elevada.	Alimentación del refrigerante hacia el evaporador demasiado pequeña, a causa de: avería en la línea de líquido o en sus componentes.	Ver "Nivel de líquido en el recipiente" , "Filtro deshidratador frío" , "burbujas de aire en el visor" , "presión de succión baja".	
	Temperatura del gas de succión baja	Demasiada alimentación de refrigerante hacia el evaporador a causa de :		
a. Válvula termostática ajustada con un recalentamiento demasiado bajo.		a. Ajustar recalentamiento de válvula de expansión		
b. Bulbo de la válvula termostática mal situado (en un lugar demasiado caliente o con mal contacto con la		b. Colocar correctamente el bulbo.		

COMPRESOR

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
Funcionamiento irregular (desconexión por presostato de baja presión)	1. Capacidad del compresor demasiado grande en relación con la carga de la instalación a cualquier momento dado.	1. Regulación de la capacidad mediante válvula de regulación de capacidad o compresores conectados en paralelo.
	2. Compresor demasiado grande.	2. Reemplazar por uno más pequeño.
	3. Regulador de presión de evaporación ajustado a una presión demasiado alta.	3. Ajustar el regulador a su valor correcto usando un manómetro.
Funcionamiento irregular (desconexión por presostato de alta presión)	1. Presión de condensación excesiva.	1. Ver "Presión de condensación alta".
	2. Avería en el presostato de alta presión.	2. Cambiar presostato de alta o el presostato combinado.
	3. Presostato de alta presión ajustado a una presión de corte demasiado baja.	3. Ajuste presostato valor correcto. Usar presostato alta con reset.
Temperatura de la línea de descarga demasiado alta	Válvulas de succión o de descarga (platos de válvulas del compresor) posiblemente con fugas.	Cambiar válvulas o plato de válvulas. Ver "Temperatura de línea de descarga demasiado alta"
Compresor frío	Paso de líquido refrigerante desde el evaporador hacia la línea de succión o posiblemente hacia el compresor, debido a un ajuste de la válvula termostática incorrecto.	Ajustar la válvula termostática a un mayor recalentamiento.
Compresor caliente.	1. sobrecarga del compresor y posiblemente del motor, a causa de una excesiva carga del evaporador y por consiguiente una presión de succión demasiado alta.	1. Reducir la carga del evaporador o reemplazarlo por otro más grande.
	2. Mal enfriamiento del motor y los cilindros a causa de: a. Válvulas de succión y de descarga con fugas (plato de válvulas del compresor). b. Recalentamiento en el	2. Encontrar la avería en la línea entre el condensador y la válvula termostática. A. Cambiar válvulas (compresor) b. Quitar el intercambiador de calor o escoger un intercambiador de calor mas
	3. Presión de condensación demasiado alta.	3. Ver presión de condensación excesiva.
Sonido de golpeo a. Constantemente	a. Golpes de líquido en el cilindro a causa de entrada de líquido al compresor	a. Ajustar la válvula termostática a un recalentamiento menor.

	nite b. Al arrancar	b. Aceite de ebullición a causa de absorción de líquido refrigerante en el aceite del cárter. c. Desgaste en partes móviles del compresor, especialmente los rodamientos	b. Montar elementos de calor en el compresor o bajo el cárter c. Reparar o cambiar el compresor
	Nivel de aceite en el cárter demasiado alto. Con gran carga o sin ella. Durante el paro o el arranque	Demasiada cantidad de aceite al retorno del evaporador cuando la carga del sistema es baja. Absorción del líquido refrigerante por el aceite del cárter a causa de una temperatura ambiente demasiado baja.	Vaciar aceite hasta el nivel correcto, asegurarse de que el alto nivel de aceite no sea debido a una absorción de líquido refrigerante en el aceite del cárter. Realizar una adecuada instalación de línea de succión. Montar elementos de calor en el compresor o debajo del cárter del compresor.
	Nivel de aceite en el cárter demasiado bajo.	Mal retorno aceite del evaporador, a causa de : a. Líneas verticales de succión con excesivo diámetro. b. Falta de filtro de aceite. c. Falta de inclinación en la línea horizontal de succión	Trampas de aceite en líneas verticales de succión, tramo de 3m a 4m. Si la alimentación de líquido se da por debajo del evaporador, puede ser necesario intercambiar las líneas de entrada y salida (alimentación de líquido por arriba)
		Desgaste de pistón / anillos pistón / cilindro En compresores conectados en paralelo: a. Con tubo de igualación de aceite: los compresores no están en mismo plano horizontal. Tubo de igualación estrecho. b. Con regulación de nivel de Retorno de aceite del separador de aceite bloqueado total o parcialmente, o la válvula de flotadores se queda atorada.	Cambiar los componentes desgastados En todos casos: el compresor que arranca último es el más expuesto a la falta de aceite. Nivelar compresores para que todos estén al mismo plano horizontal. Montar línea de igualación de presión del cárter. Limpiar o cambiar carcasa de nivel y válvula de flotador. Limpiar o cambiar línea de retorno de aceite; cambiar válvula de flotador o todo el separador de aceite.
	Aceite en ebullición en el arranque.	1. Gran absorción de líquido refrigerante en el aceite del cárter a causa de una temperatura ambiente demasiado baja. 2. Instalaciones con separador de aceite: Demasiada absorción de líquido refrigerante en el aceite del separador durante el paro.	1. Montar elementos de calentamiento en el compresor o debajo del cárter del compresor. 2. Separador demasiado frío en paro. Instalar elementos de calentamiento control termostático; solenoide con efecto retardado en retorno de aceite.
	Aceite en ebullición en el funcionamiento	1. Paso de líquido refrigerante desde el evaporador hacia el cárter del compresor.	1. Aumentar recalentamiento de la termostática.

	2. Instalaciones con separador de aceite: La válvula de flotador no	2. Cambiar la válvula del flotador o de todo el separador de aceite.
Aceite descolorido	Instalación contaminada debido a:	En todos los casos:
	1. Limpieza insuficiente durante el montaje	1. ¡¡Cambiar el aceite y filtro deshidratador!!
	2. Descomposición del aceite a causa de humedad en la instalación	2. Limpiar el sistema de refrigerante
	3. Descomposición del aceite a causa de temperatura demasiado alta en línea de descarga	3. Encontrar y subsanar la causa de la elevada temperatura. Ver "Temperatura demasiado alta en la línea de descarga" . Si es necesario, limpieza completa del sistema de refrigeración.
	4. Partículas de desgaste de componentes móviles	4. Limpiar el sistema de refrigerante.
	5. Limpieza insuficiente después de quemarse el motor eléctrico.	5. Montar un filtro "anti-ácido" . Si es necesario, cambiar el filtro varias veces.
Compresor no arranca	1. Producción termostática del motor cortada o defectuosa a causa de: por ej: Presión de succión excesiva Presión de condensación excesiva Suciedad o revestimiento de cobre en rodamientos del compresor, etc. Devanados del motor en cortocircuito (motor quemado)	1. Localizar la avería y subsanarla o cambiar la protección térmica. Ver "Presión de aspiración excesiva" Ver "Presión de condensación excesiva" Limpiar sistema de líquido refrigerante y cambiar el compresor y el filtro deshidratador. Limpiar el sistema de refrigerante y cambiar el compresor y el filtro deshidratador.
	2. Protectores de devanados del motor abiertos a causa de consumo excesivo de energía.	2. Arrancar instalación cuando las bobinas se hayan enfriado suficientemente
	3. Contactos de arranque del motor quemados a causa de: a. Corriente de arranque excesiva. b. Contactor demasiado pequeño.	3. Averiguar la causa de sobrecarga del motor, subsanarla y cambiar el contactor.
	4. Otro equipo de seguridad cortado, mal ajustado o defectuoso a. Presostato diferencial de aceite (falta de aceite, aceite en ebullición) b. Presostato de alta presión c. Presostato de baja presión	4. Averiguar la causa y subsanarla antes de poner la instalación en marcha: a. Ver "compresor, nivel de aceite bajo" y "aceite en ebullición" b.Ver "Presión de condensación alta" c.Ver "Presión de succión baja"
	5. Interruptor de flujo (Concentración de salmuera demasiado baja, averías de la bomba de salmuera, filtro bloqueado en el circuito de salmuera, T. de evaporación demasiado baja)	5. Averiguar y subsanar la causa del caudal reducido o la falta de éste en el circuito de salmuera. Ver "Enfriadores líquido"

		6. Termostato de protección a congelación (concentración de salmuera, demasiado baja, averías de bomba de salmuera, filtro bloqueado en el circuito de salmuera, temperatura de evaporación demasiado baja)	6. Averiguar y subsanar la causa de la baja temperatura en el circuito de salmuera. Ver "Enfriadores de líquido"
		7. Equipo de regulación cortado, mal ajustado o defectuoso: Presostato de baja presión. Termostato de la cámara.	7. Localizar y subsanar la avería. Arrancar la instalación. Ver "Presión de succión baja"
		8. Devanados del motor quemados Compresor abierto: a. Sobrecarga del compresor y del motor. b. Motor demasiado pequeño. Compresor hermético y semihermético: c. Sobrecarga del compresor y del motor. d. Formación de ácidos en el sistema de refrigeración.	8. Localizar y subsanar. Cambiar el motor. Reemplazar el motor por uno más grande. Localizar y subsanar la causa de la sobrecarga y cambiar el compresor. Localizar y subsanar la causa de formación de ácidos, desmontar el compresor, limpiar el sistema de refrigeración si es necesario, montar un nuevo filtro "anti-ácido", cargar con aceite y refrigerante nuevos, instalar un
		9. Atoramiento en los rodamientos y cilindros debido a: a. Partículas de suciedad en el sistema de refrigeración b. Revestimiento de cobre en partes lisas en consecuencia de formación de ácidos en el sistema de refrigeración. c. Insuficiencia o falta de lubricación como consecuencia de: Bomba de aceite defectuosa Aceite en ebullición en el cárter Insuficiente cantidad de aceite Acumulación de aceite en el evaporador	9. Limpiar el sistema y montar un filtro deshidratador y compresor nuevos. a. Limpiar el sistema y montar un filtro deshidratador y compresor nuevos. b. En todos los casos: localizar y subsanar la avería y cambiar los componentes defectuosos o instalar un compresor nuevo. c. Ver "Compresor aceite en ebullición" Ver "Compresor. Aceite en el cárter bajo" Ver "Compresor. Aceite en el cárter bajo" Ver "Compresor. Aceite en el cárter bajo"
El compresor enfría, pero no		1. Control termostato y Presostato	Mal regulado-defectuoso, reparar-sustituir.
		2. Bulbo del termostato	Examinar buen contacto con el evaporador.

	para o funciona demasiado tiempo	3.El refrigerante no circula en forma debida a causa de: a. Válvula de líquido cerrada en parte b. Filtro deshidratador de líquido bloqueado c. Válvula de solenoide de poco paso d. Línea líquido parcialmente interrumpida por aplastamiento u obstrucción e. Línea de líquido de poco paso f. Succión parcialmente interrumpida por aplastamiento u obstrucción pequeña g. Falta refrigerante h. Válvula de expansión demasiado abierta o bien, demasiado cerrada i. Válvula de expansión o filtro de la	a. Abrirla bien b. Cambiarlo c. Cambiarla d. Eliminar la obstrucción o cambiar la línea e Colocar tubería de mayor diámetro f. Eliminar la obstrucción o cambiar la tubería por una de mayor diámetro g. Comprobar fuga y añadir, después de eliminada, refrigerante necesario. h. Compruebe por manómetro presión de baja; ajuste válvula expansión. i. Limpiar la válvula; instalar un filtro deshidratador; Cambiar el aceite por otro de menor viscosidad; Limpiar el filtro. j. Cambiar la válvula de expansión k. Cambiar la ubicación de la válvula de expansión
		4. Compresor ineficaz, debido a; a. Equipo compresor de baja capacidad	a. Cambiar polea si es tipo abierto o compresor mayor.
		5. El equipo trabaja sobrecargado por: a. Entrada de producto caliente b. Puertas abiertas continuamente c. Aislamiento térmico insuficiente	a. Dar instrucciones al usuario b. Dar instrucciones al usuario c. Mejorarlo d. Cambiarlos
	El compresor no para y enfria poco	1. Las correas del compresor resbalan	1. Tensar las correas
		2. El refrigerante no circula en cantidad suficiente, debido a obstrucciones: a. Válvula de servicio de líquido parcialmente cerrada o muy pequeña. b. Filtro de líquido o deshidratador obstruidos o pequeños c. Válvula de solenoide de poco paso d. Línea de líquido cerrada en parte por un aplastamiento u obstrucción e. Línea de poco diámetro f. Succión parcialmente interrumpida por un aplastamiento u otras obstrucciones g. Línea de succión pequeña h. Falta de refrigerante i. válvula de expansión parcialmente obstruida por hielo, cera o suciedad j. Válvula de expansión cerrada por falla mecánica k. Válvula de expansión desajustada	2. a. abrirla o cambiarla b. Cambiar el filtro deshidratador. c. cambiar d. Eliminar la obstrucción o cambiar la tubería. e. Cambiar por otra mayor f. Eliminar la obstrucción o cambiarla g. Colocar otra de mayor diámetro h. Buscar fuga después de repararla añadir refrigerante necesario i. Limpiar la válvula; instalar filtro deshidratador; usar aceite desparafinado j. Repararla o cambiarla k. Ajustarla l. Cambiar la válvula de expansión m. Cambiar la ubicación de la válvula de expansión n. Determinar la causa de la alta presión y cambiar el flotador

		3. La válvula de expansión queda abierta y entra tanto refrigerante que no puede evaporarse a una	3. Repararla o cambiarla
		4. Compresor ineficaz debido a: a. Válvulas que fugan. b. Fugas por las juntas. c. Equipo compresor de poca capacidad.	4. a. Repararlas b. Repararlas c. Cambiar de polea, si es de tipo abierto, cambiar a un compresor mayor.
		6. Compresor sobrecargado, debido a: a. Entradas de producto caliente o superiores a lo previsto b. Puertas continuamente abiertas c. Aislamiento térmico insuficiente d. Compresor y evaporador pequeños e. Defectuosa circulación de aire en el interior de la cámara o nevera	6. a. Dar instrucciones al cliente b. Avisar debidamente al usuario c. Mejorarlos d. Cambiarlos por capacidad adecuada e. Colocar producto de forma que no se restrinja la circulación del aire
		7. Compresor funciona a baja velocidad	7. Comprobar voltaje. Si el voltaje es normal, revisar velocidad del compresor correcta para obtener rendimiento
		8. El evaporador no trabaja bien a causa de: a. Exceso de escarcha en el mismo b. El serpentín está taponado por	8. a. Dehielo b. Comprobar si el evaporador está obstruido y desmontarlo para sacar el
El compresor se para y se pone en marcha en intervalos muy cortos		1. Diferencial de control muy justo, a causa de mal ajuste o defecto	1. Aumentar diferencial. Si no responde el control, sustituir por otro
		2. La válvula de expansión termostática falla por alguna de las causas siguientes: a. Hielo, cera suciedad cierra parcialmente la válvula de expansión o el filtro. b. Orificio pequeño c. Bulbo descargado	2. a. Limpiar válvula-Filtro; Instalar filtro deshidratador; menor viscosidad aceite b. Cambiar otra de orificio adecuado c. Cambiar la válvula d. Cambiar su ubicación a un lugar menos frío
		3. Si se dispara el dispositivo de sobrecarga del motor será debido a: a. Correas muy tensas b. Bajo voltaje c. Motor pequeño d. Cojinetes desgastados o no lubricados e. Cortocircuito	3. a. Aflojar las correas b. Corregir voltaje. c. Cambiarlo por otro mayor d. Sustituir o lubricar e. Reparar o cambiar

	4. Obstrucción en línea de líquido o aspiración a. Línea de líquido pequeña o demasiada elevación hasta el evaporador b. Filtro deshidratador de líquido obstruido c. Línea de líquido de succión parcialmente cerrada por causa de algun aplastamiento u otra obstrucción d. Línea de succión pequeña e. Válvula de servicio de líquido	4. a. Cambiar por mayor. b. Limpiar filtros o cambiarlos c. eliminar obstrucciones o cambio d. Cambio por mayor diámetro e. Abrirla o cambiarla f. Cambiarla g. Buscar fuga y añadir refrigerante
	5. La presión de succión es baja debido a que el evaporador es	5. Cambiarlo por uno de mayor superficie
	6. Falta de salmuera	6. Si se trata de un tanque, comprobar que no está completo el baño de salmuera, reparar posibles fugas y reponer.
Hace demasiado frio	1. Presostato o termostato ajustado a frio	1. Ajuste a la presión o temperatura de paro correspondiente.
	2. Presostato o termostato no desconecta	2. Revisar los contactos, cambiando el control en ultimo caso.
	3. Hielo, cera o suciedad en la válvula de expansión	3. Limpiar la válvula, instalar filtro deshidratador; emplear aceite menos
	4. Válvula de expansión desajustada	4. Ajustarla
	5. El bulbo de la válvula de expansión no hace buen contacto	5. Asegurar dicho contacto
Elevado consumo de corriente	El compresor funciona demasiado tiempo Motor defectuoso	Examinar con un amperimetro si el motor, por defecto del mismo, consume mas de lo normal, cambiando en caso necesario
Se escarcha la línea de succión	1. Valvula de expansión demasiado abierta	1. Ajuste la operación de la válvula. En las instalaciones a bajas temperaturas la tubería de succión, si no esta aislada, se escarcha.
	2. Control de temperatura desajustado	2. Regular el paro del mismo
	3. El bulbo de control de temperatura no hace buen contacto	3. Comprobar que haga buen contacto con el tubo del evaporador.
Protección de máxima intensidad se dispara	Defecto de la parte eléctrica, por a. Bajo voltaje	Comprobar caída de tensión a. Corregir voltaje.
	b. Motor pequeño	b. Sustituir por otro adecuado
	c. Cojinetes no lubricados o desgastados	c. Engrasar o cambiarlos si hay desgaste

	d. Maxima intensidad defectuoso e. Sobrecarga calentamiento del motor f. Bobina de máxima intensidad de capacidad distinta al consumo del motor. g. Cortocircuito en bobinado motor h. Arranque motor monofásico defectuoso i. Condensador motor monofásico, defectuoso	d. Revise y sustituya en caso necesario. e. Corregir potencia, presión y consumo f. Compruebe y sustituya por la que corresponda. g. Reparar o cambiar h. Examine el dispositivo, reparar-sustituir i. Comprobar cortocircuito y cambiar
Protección de máxima intensidad se dispara	Alta presión en el sistema a causa de: a. Válvula descarga parcialmente b. Condensador de aire sucio c. Temperatura del aire ambiente d. Mala circulación de aire en el e. Condensador refrigerado por agua no hay agua o caudal escaso f. T. del agua de condensación muy g. Tubos del condensador de agua taponados de cal o suciedad. h. Irrigadores de condensador i. Bomba de circulación del condensador evaporativo no j. Superficie sucia de serpentín del condensador evaporativo k. Aspiración o descarga de aire del condensador evaporativo obstruidas l. Ventilador del condensador m. Aire en el sistema n. excesiva carga de refrigerante, dificultad de arranque del compresor o. Condensador pequeño	a. Abrirla b. Limpiarlo c. Condensador de agua o evaporativo d. Libre circulación de aire o conductos e. Eliminar obstrucción o aumentar la presión y tamaño de la tubería f. Aumentar el caudal g. Limpiarlos h. Limpiarlos i. Buscar la causa de la anomalía y repararla j. Limpiarlo k. Eliminar la obstrucción l. Reparado m. Purgar n. Reducir la carga o. Cambiar a otro de mayor superficie
T. Refrigerador o.k. pero no se hielan los cubitos rapidamente	1. Control ajustado a temperatura alta 2. Falta de refrigerante 3. Empleo de agua sucia en los cubitos 4. Ciclo de parada muy largo, deshielo 5. Temperatura exterior muy alta 6. Evaporador ha acumulado aceite	1. Ajustese el control 2. Compétese la carga del mismo 3. Utilizar agua pura 4. Regule el control acortando diferencial 5. Compruebe ventilación adecuada 6. Desmontar evaporador, limpiar-secar

Los cubitos de hielo se producen bien pero no hay bastante frío en la nevera	1. Evaporador aislado por una capa de hielo	1. Deshielar el evaporador
	2. Defectuosa circulación de aire en el interior del refrigerador	2. Modifique la colocación de los alimentos evitando cubrir los estantes con papeles
	3. Colocación de alimentos calientes o apertura excesiva de las puertas	3. Llamar la atención del cliente sobre ambos puntos
	4. El cliente desconecta la nevera cada noche	4. Esto no debe hacerse en modo alguno
	5. Temperatura exterior muy alta	5. Compruebe ventilación adecuada
Las cremas o postres helados no se hielan (en una nevera doméstica)	1. El ciclo de paradas es demasiado largo	1. Ajustese el diferencial del control
	2. Demasiada cantidad de extractos en la confección de las cremas ¿alcohol?	2. Utilizar con cuidado dichos extractos poniendo la cantidad justa
	3. No se emplea suficiente tiempo para conseguir la congelación	3. Mas tiempo para congelar las cremas que el corriente para los cubitos de hielo
Malos olores en el interior de la nevera o mal sabor de los alimentos	1. Mueble sucio	1. Limpiar con solución de agua y sosa
	2. Alimentos en malas condiciones	2. Ventilar y limpiar con solución anterior
	3. El desagüe no tiene sifón	3. Instalarlo
	4. Fuga de refrigerante	4. Localizarla y repararla
	5. Fuga de salmuera, si es con tanque	5. Localizarla y repararla
	6. La superficie del evaporador está sucia	6. Limpiar una solución de agua y sosa
	7. Correa quemada por resbalar	7. Tensarla, sustituirla si es necesario
	8. Motor sobrecargado	8. Instalar dispositivo protector de máxima carga.
	9. Circulación de aire defectuosa	9. Modificar la colocación del producto.
Ruido	Compresor no descansa sobre muelles	Compresor completamente flotante.
	El compresor bombea aceite	Compruebe cantidad suficiente de aceite
	Cojinetes defectuosos	Repare construyendo nuevos cojinetes
	Bielas gastadas	Desmontar y reparar en taller
	Silbido (en compresores de tipo abie	Correa. Cambiarla y ajustar tensión
	Presión elevada en la unidad condensadora	Prensaestopas. Carga de gas o aire
	Presión por ventilación o condensador sucio	Limpiar el condensador
	Polea del motor floja o mal alineada con el volante	Ajustese el tornillo de sujeción o corríjase la alineación.
	Correa rota o deshilada	Cambiarla
	Volante del compresor flojo	Apretarle la tuerca de fijación
	Las válvulas de descarga hacen ruido	Revisar, sustituir por nuevas
	Vibraciones metálicas	Tubos bien sujetos en sus grapas

Nombre de Usuario: _____
Nombre del Técnico: _____

Hoja De Datos Del Sistema Domestico

☐ RECONVERSION

☐ CAMBIO

☐ REEMPLAZO

Refrigerador: _____
Marca del equipo: _____
No. de modelo: _____
No. de serie: _____

Refrigerador actual : ☐ R-12 ☐ R-502 ☐ R

Volumen de carga: _____ Lbs oz/g.

Tipo de lubricante: AM ☐ _____
Volumen de carga: _____ lts.
Marca del deshidratador: _____
No. de modelo: _____
Tipo de deshidratador (seleccione uno): _____
Rellenable: _____
Centro sólido: _____

Lugar: _____
Marca del compresor: _____
No. de modelo: _____
No. de serie: _____

Refrigerador nuevo: ☐ R-401A ☐ R-406A
☐ R-134a ☐ R-409A ☐ R-413A ☐ R-

Volumen de carga: _____ Lbs oz/g.

Tipo de lubricante: AM ☐ AB ☐ POE ☐
Volumen de carga: _____ lts.
Marca del deshidratador: _____
No. de modelo: _____
Tipo de deshidratador (seleccione uno): _____
Rellenable: _____
Centro sólido: _____

	ANTES	DESPUÉS
Fecha/Hora		
Temperatura ambiente del lugar (°C/ °F)		
Humedad relativa del lugar (%)		
Compresor:		
Temperatura de succión (°C/ °F)		
Presión de succión (psi/kPa/bar)		
Temperatura de descarga (°C/ °F)		
Presión de descarga (psi/kPa/bar)		
Amps del motor: Fase1		
Volts Hz: 50/60		
Evaporador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°C/ °F)		
Temperatura de salida del refrigerante (°C/ °F)		
Temperatura del espacio refrigerado (°C/ °F)		
Condensador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°C/ °F)		
Temperatura de salida del refrigerante (°C/ °F)		
Medio de condensación (Aire)		
Tubo Capilar:		
Modelo		
Capacidad: TR /Longitud/Diámetro Interior		
Marca		
Temperatura de entrada del refrigerante (°C/ °F)		
Temperatura de salida del refrigerante (°C/ °F)		
Sobrecalentamiento ΔT en la Succión Compresor (°F/°C)		

Observaciones: _____

AM: Aceite Mineral

AB: Aceite Alkilbenceno

POE: Aceite Poliester

Nombre de Usuario: _____
Nombre del Técnico: _____

Hoja de Datos del Sistema Comercial

☐ RECONVERSION

☐ CAMBIO

☐ REEMPLAZO

Sistema: _____
Marca del equipo: _____
No. de modelo: _____
No. de serie: _____

Lugar: _____
Marca del compresor: _____
No. de modelo: _____
No. de Serie: _____

Refrigerante actual: ☐ R-12 ☐ R-502 ☐ R-

Refrigerante nuevo ☐ R-401A ☐ R-402A

☐ R-404A ☐ R-406A ☐ R-408A ☐ R-409A

☐ R-413A ☐ R-134a ☐ R-

Volumen de carga: _____ Lbs oz/g.

Volumen de Carga: _____ Lbs oz/g.

Tipo de lubricante: AM ☐ ☐ _____

Tipo de lubricante: AM ☐ AB ☐ POE ☐

Volumen de Carga: _____ lts.

Volumen de Carga: _____ lts.

Marca del deshidratador: _____

Marca del deshidratador: _____

No. de modelo: _____

No. de modelo: _____

Tipo de deshidratador (seleccionar uno):

Tipo de deshidratador (seleccionar uno):

Rellenable: _____

Rellenable: _____

Centro sólido: _____

Centro sólido: _____

	ANTES	DESPUÉS
Fecha/Hora		
Temperatura ambiente del lugar (°F/°C)		
Humedad relativa del lugar (%)		
Compresor:		
Temperatura de succión (°F/°C)		
Presión de succión (psi/kPa/bar)		
Temperatura de descarga (°F/°C)		
Presión de descarga (psi/kPa/bar)		
Arranque y paro (psi/kPa/bar)		
Nivel de aceite		
Amps del motor: Fase 1 / Fase 2 / Fase 3		
Volts Hz: 50/60		
Evaporador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de salida del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de entrada del aire al serpentín (°F/°C)		
Temperatura de salida del aire del serpentín (°F/°C)		
Temperatura del espacio refrigerado (°F/°C)		
Condensador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de salida del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de entrada del aire al serpentín (°F/°C)		
Temperatura de salida del aire del serpentín (°F/°C)		
Medio de condensación (Aire)		
Válvula de Expansión Termostática:		
Modelo:		
Capacidad: (TR)		
Marca:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de salida del refrigerante (°F/°C)		
Sobrecalentamiento ΔT en el Punto de Control (°F/°C)		
Sobrecalentamiento ΔT en la Succión Compresor (°F/°C)		
Lugar y posición del bulbo Sensor		

Observaciones: _____

AM: Aceite Mineral

AB: Aceite Alkilbenceno

POE: Aceite Poliolester

Nombre de Usuario: _____
Nombre del Técnico: _____

Hoja de Datos del Sistema Industrial

☐ RECONVERSION

☐ CAMBIO

☐ REEMPLAZO

Sistema: _____
Marca del equipo: _____
No. de modelo: _____
No. de serie: _____

Lugar: _____
Marca del compresor: _____
No. de modelo: _____
No. de Serie: _____

Refrigerante actual: ☐ R-12 ☐ R-502 ☐ R-

Refrigerante nuevo ☐ R-401A ☐ R-402A

☐ R-404A ☐ R-406A ☐ R-408A ☐ R-409A

☐ R-413A ☐ R-134a ☐ R-

Volumen de carga: _____ Lbs oz/g.

Volumen de Carga: _____ Lbs oz/g.

Tipo de lubricante: AM ☐ ☐ _____

Tipo de lubricante: AM ☐ AB ☐ POE ☐

Volumen de Carga: _____ lts.

Volumen de Carga: _____ lts.

No. de modelo: _____

No. de modelo: _____

Tipo de deshidratador (seleccionar uno):

Tipo de deshidratador (seleccionar uno):

Rellenable: _____

Rellenable: _____

Centro sólido: _____

Centro sólido: _____

	ANTES	DESPUES
Fecha/Hora		
Temperatura ambiente del lugar (°F/°C)		
Humedad relativa del lugar (%)		
Compresor:		
Temperatura de succión (°F/°C)		
Presión de succión (psi/kPa/bar)		
Temperatura de descarga (°F/°C)		
Presión de descarga (psi/kPa/bar)		
Arranque y paro (psi/kPa/bar)		
Nivel de aceite		
Amps. del motor: Fase 1 / Fase 2 / Fase 3		
Volts Hz: 50/60		
Evaporador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de salida del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de entrada del aire al serpentín (°F/°C)		
Temperatura de salida del aire del serpentín (°F/°C)		
Temperatura del espacio refrigerado (°F/°C)		
Condensador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de salida del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de entrada del aire al serpentín (°F/°C)		
Temperatura de salida del aire del serpentín (°F/°C)		
Medio de condensación (Aire / Agua)		
Válvula de Expansión Termostática:		
Modelo:		
Capacidad: (TR)		
Marca:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°F/°C)		
Temperatura de salida del refrigerante (°F/°C)		
Sobrecalentamiento ΔT en la Succión Compresor (°F/°C)		
Sobrecalentamiento ΔT en el Punto de Control (°F/°C)		
Lugar y posición del bulbo Sensor		

Observaciones: _____

AM: Aceite Mineral

AB: Aceite Alkilbenceno

POE: Aceite Poliéster

Nombre de Usuario: _____
Nombre del Técnico: _____

Hoja De Datos del Sistema MAC

☐ RECONVERSION

☐ CAMBIO

☐ REEMPLAZO

Marca del auto: _____
Modelo: _____
Placas: _____
Color: _____
Tipo: _____

Lugar: _____
Marca del compresor: _____
No. de modelo: _____
No. de Serie: _____

Refrigerante actual: ☐ R-12 ☐ R-134a ☐ R-

Refrigerante nuevo ☐ R-406A ☐ R-413A
☐ R-134a ☐ R-

Volumen de carga: _____ Lbs oz/g.

Volumen de Carga: _____ Lbs oz/g.

Tipo de lubricante: AM ☐ POE ☐

Tipo de lubricante: POE ☐ PAG ☐

Volumen de Carga: _____ lts.

Volumen de Carga: _____ lts.

Marca del deshidratador: _____

Marca del deshidratador: _____

No. de modelo: _____

No. de modelo: _____

Tipo de deshidratador (seleccionar uno): _____

Tipo de deshidratador (seleccionar uno): _____

Rellenable: _____

Rellenable: _____

Centro sólido: _____

Centro sólido: _____

	ANTES	DESPUES
Fecha/Hora		
Temperatura ambiente del lugar (°C/°F)		
Humedad relativa del lugar (%)		
Compresor:		
Temperatura de succión (°C/°F)		
Presión de succión (psi/kPa/bar)		
Temperatura de descarga (°C/°F)		
Presión de descarga (psi/kPa/bar)		
Volts C.D.		
Evaporador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°C/°F)		
Temperatura de salida del refrigerante (°C/°F)		
Temperatura de entrada del aire al serpentín (°C/°F)		
Temperatura de salida del aire del serpentín (°C/°F)		
Temperatura del espacio acondicionado (°C/°F)		
Condensador:		
Temperatura de entrada del refrigerante (°C/°F)		
Temperatura de salida del refrigerante (°C/°F)		
Temperatura de entrada del medio de condensación		
Temperatura de salida del medio de condensación		
Medio de condensación (Aire)		
Valv. Exp. Term / Tubo Capilar		
Modelo:		
Capacidad (TR / Long/ Diam. Int)		
Temperatura de entrada del refrigerante (°C/°F)		
Temperatura de salida del refrigerante (°C/°F)		
Marca:		
Sobrecalentamiento ΔT en la Succión Compresor (°F/°C)		
Sobrecalentamiento ΔT en el Punto de Control (°F/°C)		
Lugar y posición del bulbo Sensor		

Observaciones: _____

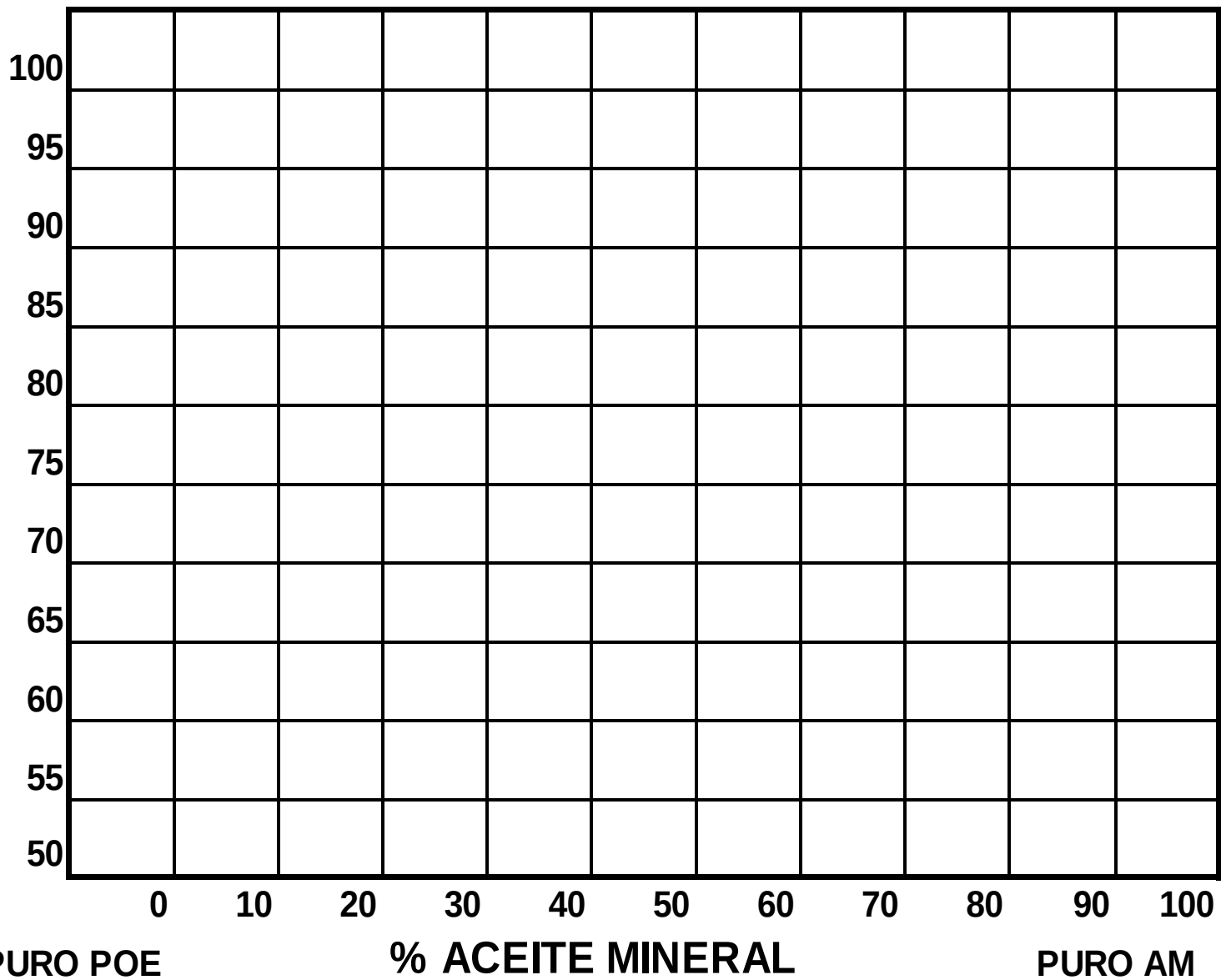
AM: Aceite Mineral

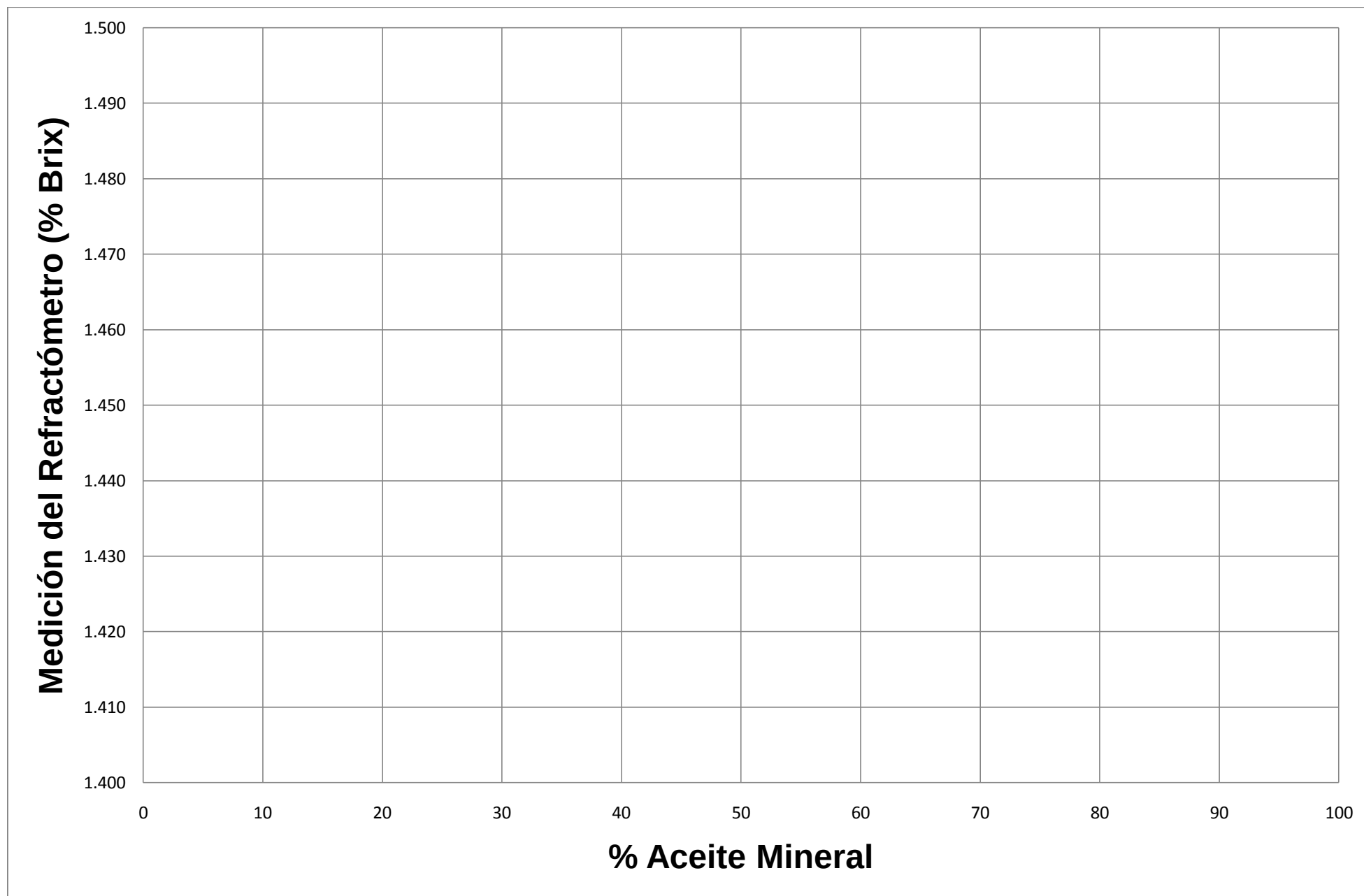
AB: Aceite Alkilbenceno

POE: Aceite Poliolester

PAG: Poli Alkilen Glicol

MEDICION DEL REFRACTOME TRO (% BRIX)





Alkyl Benzene Oil – synthetic refrigeration oil similar to mineral oil; it offers better low temperature mixing with HCFCs.

Appliance – Any device that contains and uses a Class I or Class II substance as a refrigerant and which is used for household or commercial purposes, including any air conditioner, refrigerator, chiller or freezer.

Azeotrope – A mixture of two or more refrigerants that acts as a single fluid. The components of azeotropic mixtures will not separate under normal operating conditions.

Blend – A mixture of two or more refrigerant components.

Brazed – Joined by fusion using very high heat; equivalent of hard soldering.

CFC – Chloro-Fluoro-Carbon; a refrigerant comprised of carbon atoms connected to only chlorine and fluorine atoms. The common CFCs are R-11, R-12, R-13, R-113, R-114, and R-115.

Commercial Refrigeration – The refrigeration appliances used in the retail food and cold storage warehouse sectors. Retail food includes the refrigeration equipment found in supermarkets, convenience stores, restaurants and other food service establishments. Cold storage includes the equipment used to store meat, produce, dairy, and other perishable goods.

Disposal – The process leading to and including (1) the discharge, deposit, dumping or placing of any discarded appliance into or on any land or water, (2) the disassembly of any appliance for discharge, deposit, dumping or placing of its discarded component parts into or on any land or water, or (3) the disassembly of any appliance for reuse of its component parts.

Efficiency – Ratio of the work output to the energy input.

Elastomer – Material which can be stretched or squeezed and, immediately on release of the stress, returns to its approximate dimensions.

Ester Oil – A general term referring to the family of polyol ester lubricants. These complicated chemicals contain ester functional groups that make them more polar, and thus more compatible with HFC refrigerants.

Global Warming or “Greenhouse Effect” – Occurs when carbon dioxide and other gasses, including refrigerants, build up in the atmosphere. These gases allow sunlight to pass through to the Earth; however, the gasses trap heat energy coming away from the Earth and the planet’s average temperature is raised.

HCFC – Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon; a refrigerant comprised of carbon atoms connected to chlorine, fluorine, and hydrogen atoms. The common HCFCs are R-22, R-123, R-124, and R-142b.

HFC – Hydro-Fluoro-Carbon; a refrigerant comprised of carbon atoms connected to fluorine and hydrogen only. The common HFCs are R-134a,

R-125, R-143a, R-152a, R-32, and R-23.

High Pressure Appliance – An appliance that uses a refrigerant with a boiling point between -50 and 10 degrees C at atmospheric pressure. This definition includes, but is not limited to, appliances that use R-12, R-22, R-134a, R-500, R-502, and the blends that are similar to them.

Hygroscopic – A tendency for refrigeration oils to absorb moisture from the atmosphere.

Industrial Process Refrigeration – Complex, customized appliances used in the chemical, pharmaceutical, petrochemical and manufacturing industries. This sector also includes industrial ice machines and ice rinks.

Low-Loss Fitting – Any device that is intended to establish a connection between hoses, appliances, or recovery or recycling machines, which is designed to close automatically or will be closed manually when disconnected, thereby minimizing the release of refrigerant from hoses, appliances, and recovery/recycling machines.

Low-Pressure Appliance – An appliance that uses a refrigerant with a boiling point above 10 degrees C at atmospheric pressure. This definition includes, but is not limited to, equipment utilizing R-11, R-113, and R-123.

Mineral Oil – Traditional refrigeration oil, refined from petroleum products. Generally not compatible with new HFC refrigerants.

Miscibility – Ability of a gas or liquid to dissolve uniformly (mix) in another gas or liquid.

Refrigerant Reference Guide 4th Edition 2006

Motor Vehicle Air Conditioner (MVAC) – Any appliance that is contained on a motor vehicle and is used to cool the driver's or passenger's compartment. MVAC is regulated under the Clean Air Act Section 609.

MVAC-Like Appliance – Air conditioning equipment used to cool the driver's or passenger's compartment of a non-road vehicle. The system is similar in construction to MVAC equipment, however R-22 equipment is excluded from this definition.

Opening an Appliance – Any service, maintenance, or repair on an appliance that could be reasonably expected to release refrigerant from the appliance to the atmosphere, unless the refrigerant was previously recovered from the appliance.

Ozone Depletion – The interruption by free chlorine radicals of the normal ozone creation/breakdown process that occurs in the upper atmosphere. The free chlorine causes ozone molecules to come apart, then ties up the free oxygen used to make more ozone. The result is a net decrease in the ozone concentration.

Poly-Alkylene-Glycol (PAG) Oil – A general term that applies to a family of synthetic oils based on

polyalkylene glycol chemistry. PAGs are used primarily with HFC refrigerants in the automotive air conditioning industry.

Process Stub – A length of tubing that provides access to the refrigerant inside an appliance and that can be resealed at the conclusion of repair or service.

Pump-Down (Out) – The withdrawal of all refrigerant from the low side of a system by pumping it into either the condenser or the liquid receiver.

Reclaim – To reprocess refrigerant to at least the purity specified in the ARI Standard 700, Specifications for Fluorocarbon Refrigerants, and to verify this purity using the specified analytical methods.

Recovery – To remove refrigerant from a system, regardless of condition, and store it in an external container without necessarily testing or processing the refrigerant in any way.

Recovery Efficiency – The percentage of refrigerant recovered compared to the total amount in the appliance.

Recycle – To extract refrigerant from an appliance to attempt to clean water, oil, acidity and particulates from it. These procedures may not necessarily return the refrigerant to ARI 700 purity. The refrigerant may be returned to the same system after recycling.

Self-Contained Recovery Equipment – Recovery equipment that is capable of removing refrigerant from an appliance without the assistance of components within the appliance.

Small Appliances – Any self-contained, hermetic appliance that contains 5 pounds or less of refrigerant.

System-Dependent Recovery Equipment – Recovery equipment that requires the assistance of components contained in an appliance to remove the refrigerant.

Zeotrope – A blend that behaves normally as a mixture of refrigerants. The properties are a combination of the individual component properties, and the vapor composition is different from the liquid, which promotes fractionation and temperature glide effects (see Section II).

BIBLIOGRAFIA

ASHRAE Pocket Guide

I-P Edition 2000

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.

1719 Tulie Circle NE, Atalanta, GA 30329

ASHRAE HANDBOOK

HVAC Applications 2007

S-I Edition & I-P Edition

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.

1719 Tulie Circle NE, Atalanta, GA 30329

ASHRAE HANDBOOK

Refrigeration 2006

I-P Edition & S-I Edition

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.

1719 Tulie Circle NE, Atalanta, GA 30329

RSES JOURNAL

Refrigeration Service Engineers Society

1666 Rand Road, Des Plaines, IL 60016

Technitian Level 1

Technical Training Institute

The Montreal Protocol of Substances that Deplete Ozone Layer

UNEP

United Nations Enviroment Programme

The Montreal Protocol of Substances that Deplete Ozone Layer

UNEP

United Nations Enviroment Programme

Report of Technology and Economic
Assessment Panel

April 2002

Volume 3B

Report of the Task force on destruction
Technologies

**The Montreal Protocol of Substances that
Deplete Ozone Layer**

UNEP

United Nations Environment Programme

2002 Report of the technology and

Economic Assessment Panel

January 2003

2002 Report of the Refrigeration, Air

Conditioning and Heat Pumps Technical

Options Committee

-SUVA MP-39 MP-66

-SUVA HP-80 HP-81

-SUVA 134a

Fluoroproductos Dupont México

Internet

<http://www.ashrae.org>

<http://www.uneptie.org/ozonaction/>

<http://www.rsesjournal.com/>

<http://www.ari.org/>

http://www.nrdc.org/globalwarming/fcpons_sp

<http://www.unep.org/ozone/montreal-protocol/montreal-protocol2000.shtml>

<http://www.theozonehole.com/arcticozone.htm>

<http://www.ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/hole.html>

http://www.news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/2005/kioto/newsid_4232000/4232573.shtml

<http://www.news.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/index.shtml>



*Defiende la vida
Protege el OZONO*
UNIDAD DE OZONO
URUGUAY
www.ozono.gub.uy



DINAMA
Unidad de Ozono
Galicia 1133, piso 3
Montevideo, Uruguay
Tel.: (598) 2917 0710 Int. 4305
Fax.: (598) 2917 0710 Int. 4321
www.ozono.gub.uy