

Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado



LÍMITE DE RESPONSABILIDAD

La información y procedimientos técnicos contenidos en el presente manual están estructurados para cubrir el entrenamiento de técnicos a nivel nacional en “Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado”

Los procedimientos técnicos aquí descritos solamente los podrán ejecutar personas que tengan las habilidades y capacitación técnica previa requerida.

Es responsabilidad del técnico seleccionar y aplicar el procedimiento adecuado para realizar el mantenimiento, reparación, reconversión y adecuación de cualquier sistema de refrigeración y aire acondicionado. Asimismo, es responsabilidad del técnico seguir y respetar las recomendaciones y procedimientos establecidos por los fabricantes de los equipos de refrigeración, aire acondicionado y compresores.

DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de autor del presente manual son propiedad de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El uso y reproducción de esta obra por cualquier medio, ya sea en forma total o parcial, se puede realizar notificando previamente a la Unidad de Protección a la Capa de Ozono de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, SEMARNAT, por los siguientes medios:

Por escrito a la siguiente dirección:

Av. Revolución No. 1425, nivel 39 col. Tlacopac San Ángel,
Delegación Álvaro Obregón, Código Postal 01040.

Vía fax al (0155) 56 24 35 83

Correo electrónico:

capa.ozono@semarnat.gob.mx

sissao@semarnat.gob.mx

LÍMITE DE RESPONSABILIDAD	i
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
ACERCA DEL AUTOR.....	1
AGRADECIMIENTOS	2
PRESENTACIÓN.....	5
INTRODUCCIÓN	7
SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO (SAOs)	11
¿QUÉ ES UNA SUSTANCIA QUE AGOTA LA CAPA DE OZONO?.....	12
¿CUÁLES SON LOS USOS MÁS COMUNES DE LAS SAOs?.....	13
EL AGUJERO DE OZONO	17
AGUJERO DE OZONO ANTÁRTICO	17
AGUJERO DE OZONO ÁRTICO.....	18
¿CÓMO SE DESTRUYE EL OZONO?	19
¿CUÁNDO SE VA A RECUPERAR LA CAPA DE OZONO?	20
EL EFECTO INVERNADERO	23
GASES REFRIGERANTES	31
EL PROTOCOLO DE MONTREAL	35
COMPROMISO DE MÉXICO ANTE EL PROTOCOLO.....	37
REFRIGERANTES QUE DAÑAN LA CAPA DE OZONO, UTILIZADOS EN MÉXICO, Y REFRIGERANTES QUE NO DAÑAN LA CAPA DE OZONO, DISPONIBLES EN NUESTRO PAÍS.....	39
REFRIGERANTE	39
CLASES DE REFRIGERANTES.....	40
LOS CLOROFLUOROCARBONOS CFCs.....	40
REFRIGERANTE R-12.....	42
REFRIGERANTE R-11	42
LOS HIDROCLOROFLUOROCARBONOS HCFCs	43
REFRIGERANTE R-22.....	44
LAS MEZCLAS ZEOTRÓPICAS	45
MEZCLAS MP-39 Y MP-66.....	45
REFRIGERANTE R-409A	46
¿SE DEBEN UTILIZAR LAS MEZCLAS O EL R-134a?	47
MEZCLA AZEOTRÓPICA	48
REFRIGERANTE R-502.....	48
LOS HIDROFLUOROCARBONOS (HFCs)	48

REFRIGERANTE R-134a	49
REFRIGERANTE R- 404A	50
REFRIGERANTE R-507	50
NUEVOS REFRIGERANTES LIBRES DE CLORO, DISPONIBLES DURANTE EL AÑO 2006	51
RIESGOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD AL TRABAJAR CON REFRIGERANTES, EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	53
RIESGOS DE SALUD	53
INHALACIÓN	53
PIEL	54
OJOS	54
OTROS RIESGOS	54
PRECAUCIONES	55
ASHRAE STANDARD 34	55
CICLO DE REFRIGERACIÓN	58
EVAPORACIÓN DEL REFRIGERANTE	58
CONDENSACIÓN DEL REFRIGERANTE	59
RELACIONES DE REFRIGERANTES Y ACEITES	60
CICLO SENCILLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN	62
CALOR DE COMPRESIÓN	64
EFECTO DEL CAMBIO DE PRESIÓN EN LA SUCCIÓN	64
EFECTO DEL CAMBIO DE PRESIÓN EN LA DESCARGA	64
LUBRICANTES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	65
LUBRICANTES MINERALES	66
LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILBENCENO	67
LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO POLIOLÉSTER	68
LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILGLICOLES	68
EL USO DE ANTICONGELANTES	69
AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ	71
LOCALIZACIÓN DE FUGAS	73
EQUIPO DE SERVICIO	74
BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN	75
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN	75

PROCEDIMIENTOS, REGLAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE GASES REFRIGERANTES.....	76
PELIGROS DE RECARGAR UN CILINDRO DESECHABLE.....	80
REGLAS DE SEGURIDAD PARA EL TRANSPORTE DE CILINDROS CON GASES REFRIGERANTES	81
CILINDROS PARA RECUPERAR REFRIGERANTE	81
RELLENADO DE CILINDROS	82
PROCEDIMIENTOS PARA DETECTAR FUGAS DE GASES REFRIGERANTES	83
MÉTODO PARA LOCALIZAR FUGAS CON DETECTOR ELECTRÓNICO ...	83
PRUEBA DE JABÓN O BURBUJA	85
DETECTOR DE FUGAS DE FLAMA CON GAS PROPANO	85
TRAZADOR FLUORESCENTE.....	85
PROCESO PARA PROBAR, LIMPIAR Y DESHIDRATAR UN SISTEMA	87
EL SOBRECALENTAMIENTO	99
RECUPERAR, RECICLAR Y REGENERAR UN GAS REFRIGERANTE.....	102
RECUPERAR.	102
RECICLAR.....	102
REGENERAR (<i>RECLAIM</i>).....	102
CONSIDERACIONES DE LA DEFINICIÓN DE REGENERAR O <i>RECLAIM</i>	102
RECUPERACIÓN Y DESTRUCCIÓN	103
RECUPERAR Y REUTILIZAR EL GAS SIN PROCESARLO	104
RECUPERAR Y RECICLAR EN SITIO.....	104
MÉTODOS PARA RECUPERAR GASES REFRIGERANTES	104
PROCEDIMIENTOS PARA RECUPERAR GAS	105
RECUPERACIÓN EN FASE GASEOSA.....	109
RECUPERACIÓN EN FASE LÍQUIDA	110
MÉTODO “PUSH/PULL”	112
MÉTODO LÍQUIDO Y VAPOR.....	115
SEGURIDAD	116
TABLA DE CAMBIOS DE GASES	119
TABLA DE APLICACIÓN DE LOS GASES MÁS COMUNES.....	120
CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA ANTES DE PROCEDER A UN CAMBIO DE GAS	121
PRINCIPALES REGLAS A SEGUIR PARA REALIZAR EL CAMBIO DE GASES CFC A MEZCLAS.....	123

USO DEL REFRACTÓMETRO	131
PRINCIPALES REGLAS A SEGUIR PARA REALIZAR EL CAMBIO DE GASES CFC Y HCFC A HFC	136
LISTA DE GASES REFRIGERANTES ALTERNATIVOS.....	145
FALLAS MECÁNICAS EN LOS COMPRESORES	147
1.- ARRANQUE INUNDADO.....	147
2.- REGRESO DE LÍQUIDO.....	147
3.- ALTA TEMPERATURA EN LA DESCARGA	148
4.- GOLPE DE LÍQUIDO	149
5.- FALTA DE ACEITE	149
6.- QUEMADURA DEL EMBOBINADO DE TRABAJO.....	150
7.- QUEMADURA DEL EMBOBINADO DE ARRANQUE.....	150
8.- QUEMADURA DE LA MITAD DEL EMBOBINADO.....	150
9.- QUEMADURA DE UNA SOLA FASE	151
10.- QUEMADURA GENERAL O UNIFORME	151
11.- UN PUNTO CALIENTE O UN PUNTO QUEMADO.....	151
12.- TERMINALES EN CORTO CIRCUITO.....	152
SECUENCIA DE OPERACIONES PARA HACER UN DIAGNÓSTICO A UNA UNIDAD CONDENSADORA.....	153
SECUENCIA DE OPERACIONES PARA HACER UN DIAGNÓSTICO A UN EVAPORADOR.....	156
BIBLIOGRAFÍA.....	163
GLOSARIO.....	167
AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO	167
AJUSTES	167
AJUSTE DE VIENA.....	167
ARI (AMERICAN REFRIGERATION INSTITUTE)	167
ASIGNACIÓN DE LOS COLORES ARI	167
AZEÓTROPO	168
BROMURO DE METILO.....	168
CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA ATMÓSFERA.....	168
CAPA DE OZONO.....	168
CATARATAS	169
CLOROFLUOROCARBONO CFC.....	169

CONVENIO DE VIENA	169
ENMIENDA	169
ENMIENDA DE BEIJING	170
ENMIENDA DE COPENHAGUE	170
ENMIENDA DE LONDRES	170
ENMIENDA DE MONTREAL	170
ESTRATOSFERA	171
GAS DE EFECTO INVERNADERO	171
HALÓN	171
HIDROBROMOFLUOROCARBONO (HBFC)	171
HIDROCARBUROS	171
HIDROCARBURO COMPLETAMENTE HALOGENADO	172
HIDROCLOROFLUOROCARBONO (HCFC)	172
HIDROFLUOROCARBONO (HFC)	172
MOLÉCULA DE OZONO	172
NÚMERO ASHRAE	172
NÚMERO CAS	173
NÚMERO UN (UNITED NATIONS)	173
ONUDI	173
OZONO SUPERFICIAL	173
PAÍSES QUE OPERAN AL AMPARO DEL ARTÍCULO 5	173
PAÍS QUE NO ES PARTE	174
PAÍS QUE NO OPERA AL AMPARO DEL ARTÍCULO 5 Ó QUE OPERA AL AMPARO DEL ARTÍCULO 2.	174
PARTE	174
POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO (PAO)	174
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)	174
PROTOCOLO DE MONTREAL (PM)	175
RADIACIÓN ULTRAVIOLETA	175
RECICLAR GAS REFRIGERANTE	175
RECUPERACIÓN DE GAS REFRIGERANTE	175
REGENERACIÓN DE GAS REFRIGERANTE	175
RETROADAPTACIÓN O <i>RETROFIT</i>	176
SUSTANCIA QUE AGOTA LA CAPA DE OZONO (SAO)	176
TEAP	176

UNEP	176
UPO – SEMARNAT	176
APÉNDICE – TABLAS DE CONVERSIÓN	177
APÉNDICE – TABLAS DE EQUIVALENCIAS	185
Anexos	189
SANCIONES PENALES	189
Ilustración 1. Los CFCs y los HCFCs dañan la capa de ozono.....	11
Ilustración 2. Moléculas de CFC-11 y CFC-12.....	15
Ilustración 3. Tamaño del agujero de ozono - 22 de septiembre de 2004.....	17
Ilustración 4. Agujero de Ozono Ártico.....	18
Ilustración 5. Destrucción de la capa de ozono.....	20
Ilustración 6. La Antártida.	21
Ilustración 7. Capa natural que retiene parte de la energía solar..	24
Ilustración 8. El sol calienta la superficie de la Tierra.	25
Ilustración 9. El 70% de la energía solar es devuelta al espacio. .	26
Ilustración 10. Por el efecto invernadero la Tierra se mantiene caliente.....	27
Ilustración 11. Envases con CFC-12 y mezclas CFC/HCFC (R-500 y R-502).....	41
Ilustración 12. Cilindros con HCFCs.	43
Ilustración 13. Cilindros con R-134a y mezcla R-404A.	49
Ilustración 14. Evaporación del refrigerante.....	59
Ilustración 15. Condensación del refrigerante.....	60
Ilustración 16. Diagrama que muestra que el aceite circula por el sistema.....	61
Ilustración 17. Sistema de refrigeración.....	65
Ilustración 18. Esquema para cargar lubricante usando bomba.	69
Ilustración 19. Equipo para servicio de A/C automotriz.....	74
Ilustración 20. Cilindro señalando el disco de ruptura.....	79
Ilustración 21. Componentes de un cilindro para recuperar refrigerante.....	82

Ilustración 22. Detector de fugas de flama con gas propano.	85
Ilustración 23. Bomba de vacío.....	91
Ilustración 24. Regulador de Nitrógeno.	93
Ilustración 25. Proceso de vacío.	94
Ilustración 26. Esquema del barrido con nitrógeno.....	96
Ilustración 27. Bomba de vacío con manómetro electrónico de vacío.	97
Ilustración 28. Manómetro electrónico de vacío.....	98
Ilustración 29. Diagrama para medir el sobrecalentamiento en un compresor.....	99
Ilustración 30. Diagrama para recuperar gas con compresor que no funciona.	107
Ilustración 31. Diagrama para recuperar gas con compresor que si funciona.....	108
Ilustración 32. Diagrama para recuperar gas en fase gaseosa....	110
Ilustración 33. Diagrama para recuperar gas en conexión Push/Pull.....	112
Ilustración 34. Diagrama para recuperar gas en conexión líquido y vapor.	115
Ilustración 35. Almacenamiento seguro de tanques.	118
Ilustración 36. Diagrama de cambio de aceite en un compresor semihermético enfriado por aire.	125
Ilustración 37. Diagrama para cargar gases zeotrópicos (serie 400).....	128
Ilustración 38. Refractómetro.....	132
Ilustración 39. Prisma de un refractómetro.	132
Ilustración 40. Escala interior vista en un refractómetro.	133
Ilustración 41. Grafica índice de refracción Vs. contenido de aceite mineral.	135
Ilustración 42. Esquema para cargar lubricante usando bomba..	139
Ilustración 43. Diagrama para cargar gases zeotrópicos (serie 400).....	142
Ilustración 44. Diagrama para cargar gases puros ò azeotrópicos.	144

Tabla 1.	Principales Clorofluorocarbonos e Hidrofluorocarbonos controlados por el Protocolo de Montreal.	12
Tabla 2.	PAO de algunas SAOs.....	13
Tabla 3.	PAO Y PCG de Gases Refrigerantes.....	31
Tabla 4.	Compromisos de México ante el Protocolo de Montreal	38
Tabla 5.	Algunos CFCs regulados por el Protocolo de Montreal .	42
Tabla 6.	Refrigerante R-22.....	44
Tabla 7.	Refrigerante R-134a.....	49
Tabla 8.	Refrigerantes libres de cloro.	51
Tabla 9.	Algunas características de clasificación del estándar	34.56
Tabla 10.	Clasificación de seguridad de los refrigerantes.....	57
Tabla 11.	Código de colores ARI para los cilindros de gas refrigerante.....	77
Tabla 12.	Tecnologías evaluadas y aprobadas por el TEAP para destrucción de CFCs y HCFCs.	103
Tabla 13.	Gases refrigerantes usados para sustituir a los CFCs ..	119
Tabla 14.	Aplicación de los refrigerantes más comunes.....	120
Tabla 15.	Reemplazos a largo plazo en refrigeración comercial de temperatura media y baja	145
Tabla 16.	Reemplazos provisionales en refrigeración comercial de temperatura media y baja	145
Tabla 17.	Reemplazos a largo plazo de refrigeración y temperatura media.....	145
Tabla 18.	Reemplazos provisionales de refrigeración comercial de temperatura media.....	146
Tabla 19.	Reemplazos a largo plazo de aire acondicionado residencial y comercial.....	146
Tabla 20.	Presión-Temperatura Gases Refrigerantes que contienen CFC	159
Tabla 21.	Presión-Temperatura Gases Refrigerantes alternativos.....	160
Tabla 22.	Presión Temperatura Gases Refrigerantes Alternativos	161
Tabla 23.	Medidas de longitud	177

Tabla 24. Medidas de Volumen	178
Tabla 25. Para medidas de peso	179
Tabla 26. Para medidas de superficie	180
Tabla 27. Fórmulas Eléctricas	181
Tabla 28. Fórmulas Eléctricas para Circuitos	182
Tabla 29. Propiedades del Vapor Saturado	183
Tabla 30. Conversión de Centígrados a Fahrenheit	184
Tabla 31. Sistema Métrico	185
Tabla 32. Sistema Imperial	186
Tabla 33. Medidas de Presión	187
Tabla 34. Tonelada Americana de Refrigeración.....	187
Tabla 35. Índice de refracción vs. Contenido de aceite mineral....	191
Tabla 36. Selección tubo capilar R-12 en media temperatura	192

ACERCA DEL AUTOR

Gildardo Yañez es Ingeniero Industrial Electricista, con Maestría en Administración. Tiene 24 años de experiencia en el servicio de refrigeración técnica de campo, en la instalación, reparación y servicio a equipos de refrigeración y de baja temperatura, es especialista en el diagnóstico de compresores de refrigeración.

Actualmente trabaja como Gerente Técnico-Capacitación en la empresa Refrigerantes Tlalnepantla, S.A. de C.V., dando soporte técnico y capacitación al departamento de servicio, a la fuerza de ventas y a los técnicos en refrigeración.

Algunas de las principales empresas capacitadas por el autor han sido: Nueva Wallmart; restaurantes Vips y Mc Donald's; tiendas OXO; Grupo Modelo; embotelladoras Pepsi PBG, Coca-Cola y Pascual Boing; hoteles Four Seasons, Fiesta Americana y JW Marriot; Grupo Carso: Sears, Samborns y Pastelerías El Globo; Procter & Gamble, Grupo Bimbo, Grupo Vitro, Jumex, FrioCima; entre otras.

Imparte conferencias y publica artículos técnicos en el Boletín Mensual de ASHRAE, Capítulo Ciudad de México, desde el 2003.

Miembro de la American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE®, capítulo "Ciudad de México". Presidente del Comité de Refrigeración y Coordinador del Comité Web Master 2005 / 2006.

Miembro y Master Trainer en la Asociación Mexicana de Empresas el Ramo de Instalaciones para la Construcción A.C. AMERIC A.C.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los asesores por formar este equipo. Algunos de ustedes me dieron dirección. Otros me ayudaron en las últimas etapas. Lo cierto es que, sin sus opiniones, este trabajo jamás hubiera llegado a ser a lo que hoy es.

Manifiesto mi agradecimiento a todos aquellos que fueron muy gentiles en proporcionar su apoyo y su tiempo en la elaboración y revisión del presente manual:

Ing. Rodrigo de Bengoechea.- Miembro ASHRAE; Catedrático de la UNAM en donde es Titular de la materia de Aire Acondicionado.

Ing. Marco Antonio Calderón.- Miembro ASHRAE, Comité de Transferencia de Tecnología 2005/2006; Gerente Técnico de Fluoroproductos Dupont México.

Ing. Armando Cardoso.- Miembro ASHRAE, Comité de Refrigeración 2005/2006. Director de Servicio y Control de Sistemas, SA de CV

Ing. Carlos Chang Velázquez.- Instituto Tecnológico de Tapachula.

Lic. Marcela González Nolazco.- Asesora de Proyectos del Protocolo de Montreal, ONUDI México.

Dr. Tamás Gróf.- Gerente de Programas de la División de Acuerdos Multilaterales Ambientales, ONUDI.

Ing. Arturo Hernández Vázquez.- Subdirector Técnico del Centro Mexicano para la Producción más Limpia, del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

M. en C. Eduardo Meza Olvera.- Coordinador de Vinculación (IPN).

Ing. David Murillo Herrera.- Gerente de Soporte Técnico en Quimobásicos S.A. de C.V.

Ing. Martín Salas Martínez.- Coordinador del Plan Nacional de Manejo de Refrigerantes, UPO-SEMARNAT.

Lic. Agustín Sánchez Guevara.- Coordinador de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono, UPO-SEMARNAT.

Ing. Enrique Villanueva Luna.- Gerente de Ventas de Tecnología en Sistemas de Refrigeración S.A. de C.V. (TECSIR).

Tonatiú Cruz.- Diseño Gráfico.

Mariana Ferreira.- Diseño Gráfico.

Marcela Merino.- Diseño Gráfico.

Marco Antonio Merino.- Corrección de Estilo.

Asimismo, además de las personas arriba mencionadas, externo mi reconocimiento a aquellos fabricantes y asociaciones que me sirvieron de fuente de información para reproducir datos que complementan este manual:

ASHRAE, AC&R Training Institute Inc, CPS, Fluoroproductos Dupont, Emerson Climate Technologies, Bohn de México, JB, NASA, OPROZ, PNUMA, Quimobásicos, revista Mundo HVAC & R, Ritchie Engineering, RSES, Sporlan Valves, TEAP, UPO SEMARNAT y UNEP.

PRESENTACIÓN

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tiene, entre sus grandes retos, la ejecución de programas y proyectos encaminados a la implementación del Protocolo de Montreal para la protección a la capa de ozono.

Nuestro país ha instrumentado el Plan Nacional de Eliminación de Clorofluorocarbonos (CFCs) en el sector de servicio de refrigeración, por medio del cual se reducirá el uso de dichas sustancias que tanto daño causan a la frágil capa de ozono que nos protege de los letales rayos ultravioleta del sol. Este plan tiene, entre sus objetivos, la capacitación de más de cuatro mil técnicos en refrigeración de todos los estados de la República Mexicana.

Nos hemos dado a la tarea de desarrollar el primer manual en nuestro país para técnicos profesionales en “Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado”. Esta herramienta es la base para el programa de entrenamiento que lleva a cabo la SEMARNAT, con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

La misión de este manual es acercar al técnico profesional en refrigeración a las mejores prácticas y técnicas de servicio y recuperación de refrigerantes que, además de generar en él la cultura de la recuperación y reciclado, le permita perfeccionar sus técnicas de servicio, toda vez que se le explica en términos claros las prácticas exitosas adoptadas a nivel internacional.

Este manual está dirigido tanto a los técnicos con experiencia que requieren aumentar sus conocimientos teóricos y prácticos en el manejo correcto de los gases refrigerantes, como a los técnicos con poca experiencia o que inician su desarrollo laboral en este ramo.

Considerando la magnitud que representa la emisión de gases CFC a la atmósfera, los cuales están contenidos en millones de equipos

de refrigeración y aire acondicionado, es una gran responsabilidad, tanto de SEMARNAT como de los técnicos en refrigeración y de los usuarios finales, evitar la fuga de sustancias dañinas, por lo que es imperativo que, en todos los ámbitos, actuemos de manera ambientalmente responsable al realizar nuestras labores cotidianas.

Estoy segura de que este será un material muy útil en el desarrollo de sus labores. Sus comentarios y sugerencias serán de gran valor para el mejor desempeño de nuestra tarea en la protección de la capa de ozono.

M. en C. Ana María Contreras Vigil

Directora General de Gestión de la Calidad del Aire y
Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
SEMARNAT

INTRODUCCIÓN

En 1974, los destacados científicos Sherwood Rowland, Paul Crutzen y Mario Molina, científico mexicano este último, derivado de sus investigaciones advirtieron el daño que estaba sufriendo la capa de ozono, la cual protege a nuestro planeta de los rayos ultravioleta provenientes del sol, debido a los gases emanados desde la Tierra. Esta teoría permitió detectar el peligro inesperado causado por la emisión de clorofluorocarbonos, mejor conocidos como CFCs, los cuales son compuestos químicos muy estables y biológicamente inertes que resultan ideales para su uso en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, entre muchas otras utilidades industriales.

De no haber dado estos científicos la señal de alerta, el ecosistema terrestre hubiera sufrido un daño irreparable, ya que los CFCs permanecen en la alta atmósfera (estratosfera) durante décadas enteras. Por esta aportación al mundo, estos tres investigadores recibieron el premio Nobel de Química en 1995.

Cada molécula de estos compuestos que escapan de algún sistema de refrigeración o de aire acondicionado tiene la capacidad de destruir miles de moléculas de ozono estratosférico, el cual absorbe una enorme cantidad de rayos ultravioleta del sol, los cuales son causantes del incremento en la incidencia del cáncer en la piel, cataratas en los ojos, baja en el sistema inmunológico, daños a cosechas y ecosistemas marinos y terrestres. Por ello, la capa de ozono es fundamental para preservar la vida sobre la superficie terrestre.

En la década de los años 80, investigadores de diversas instituciones científicas organizaron expediciones a los lugares más afectados y confirmaron la hipótesis sobre la vulnerabilidad de la capa de ozono a la emisión de CFCs. Con todas estas evidencias,

un grupo de naciones tomó la decisión de firmar el Protocolo de Montreal, acto que se llevó a cabo el 16 de septiembre de 1987, en Montreal, Canadá, y cuyo objetivo es la regulación y reducción de la producción y consumo de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono (SAOs). Actualmente el Protocolo de Montreal cuenta con 191 países afiliados, y es considerado el acuerdo internacional más exitoso en la historia de la Organización de las Naciones Unidas.

El proceso de reducción progresiva de la producción y el consumo de SAOs se inició a principios de 1996 en los países desarrollados. Por su parte, el Protocolo contempla plazos de reducción gradual del consumo de SAOs para los países en desarrollo, aplicando el principio de responsabilidad compartida pero con compromisos diferenciados. Particularmente, la disminución del consumo de CFCs se determinó tomando en cuenta como base el consumo promedio de los años 1995-97, y a partir de ese consumo las reducciones se fijaron de la siguiente forma:

El 50% de reducción en 2005. El 85% de reducción para 2007 y en 2010 está prevista la eliminación definitiva.

En nuestro país, el sector que más usa CFCs es el dedicado a la refrigeración comercial y doméstica. Las deficiencias durante el servicio de reparación y mantenimiento de los equipos son precisamente las causantes de la emisión directa de un gran volumen de gases y sustancias que se escapan a la atmósfera, por lo que resulta de gran importancia la capacitación y aplicación de buenas practicas para evitar dicha emisión.

Las investigaciones muestran que en los países con alto nivel de consumo de SAOs, el responsable es en gran parte el uso de refrigerantes; entre el 75 y 80% se debe a las actividades de servicio y mantenimiento. Estos porcentajes pueden sufrir una reducción sustancial gracias a la mejora de las prácticas de trabajo y a la

introducción del uso de gases refrigerantes con un bajo o nulo potencial de agotamiento de la capa de ozono.

La utilización de gases refrigerantes que dañan la capa de ozono fluctúa de un país a otro, dependiendo del tamaño de mercado, del nivel de desarrollo económico que se ve reflejado en mejores condiciones de vida, tanto al interior de las casas, en autos mejor equipados, así como en la necesidad de mantener y transportar alimentos y bienes en refrigeración y congelados.

La estructura del mercado de refrigeración consiste en: refrigeración y aire acondicionado, en los sectores doméstico, comercial e industrial, en las siguientes categorías:

- La cadena de producción, almacenamiento, distribución, venta y conservación en casa, de alimentos fríos y congelados.
- Refrigeración comercial o industrial a base de aire o fluidos.
- Aire acondicionado en construcciones domésticas o comerciales (oficinas, hoteles, centros comerciales, cines, etcétera).
- Aire acondicionado de automóviles, autobuses, camiones y maquinaria agrícola.

Si bien el equipo de refrigeración puede variar dentro de cada sector, los principios de buenas prácticas de servicio mencionadas en el presente manual son aplicables a todos los sistemas y usos de refrigeración y aire acondicionado.

Las emisiones de CFCs a la atmósfera son una de las causas, tanto del agotamiento de la capa de ozono, como de otro fenómeno ambiental global: cambio climático, lo cual afecta la salud humana y los ecosistemas. Tanto en países desarrollados, como los países en desarrollo, sufren esas alteraciones ambientales y la respuesta mundial debe ser de la magnitud necesaria para enfrentar los problemas actuales y atenuar su impacto en el largo plazo.

Está comprobado que el mejor sistema de reducción progresiva del uso de los CFCs, en el sector de refrigeración y aire acondicionado, consiste en una estrategia global que integre las opciones técnicas, entre las que está el sustituir o convertir equipos viejos al uso de sustancias que no agotan la capa de ozono, así como la aplicación de buenas prácticas para la recuperación, reciclado y disposición final de dichas sustancias.

En este contexto, el presente documento tiene como objetivo brindar los conocimientos adecuados para el buen manejo de los refrigerantes utilizados en los campos de la refrigeración doméstica, de la comercial y del aire acondicionado, de tal manera que se pongan en práctica los métodos y procedimientos correctos que ayuden a regenerar nuestra frágil capa de ozono.

El objetivo del Programa de Buenas Prácticas en Refrigeración y Aire Acondicionado es brindar a los profesionales y técnicos del sector, la información y capacitación para realizar los procedimientos y desarrollar las habilidades necesarias, a fin de reducir las emisiones de refrigerantes que agotan la capa de ozono.

Detectar y corregir fugas, recuperar y reciclar refrigerantes de manera apropiada, y el uso de refrigerantes alternativos en unidades existentes que utilicen aún CFCs, son esenciales para evitar la emisión de los mismos.

SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO (SAOs)

En el Protocolo de Montreal están listadas y clasificadas las sustancias que agotan la capa de ozono, entre las que se encuentran los Clorofluorocarbonos (CFCs), Halones, Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) y Bromuro de Metilo, utilizadas como gases refrigerantes, propelentes de aerosoles, solventes industriales, sustancias extintoras de fuego, y la última utilizada como plaguicida. Estas son las tres categorías más importantes que actualmente se utilizan en mayores cantidades, siendo asimismo, las más dañinas.

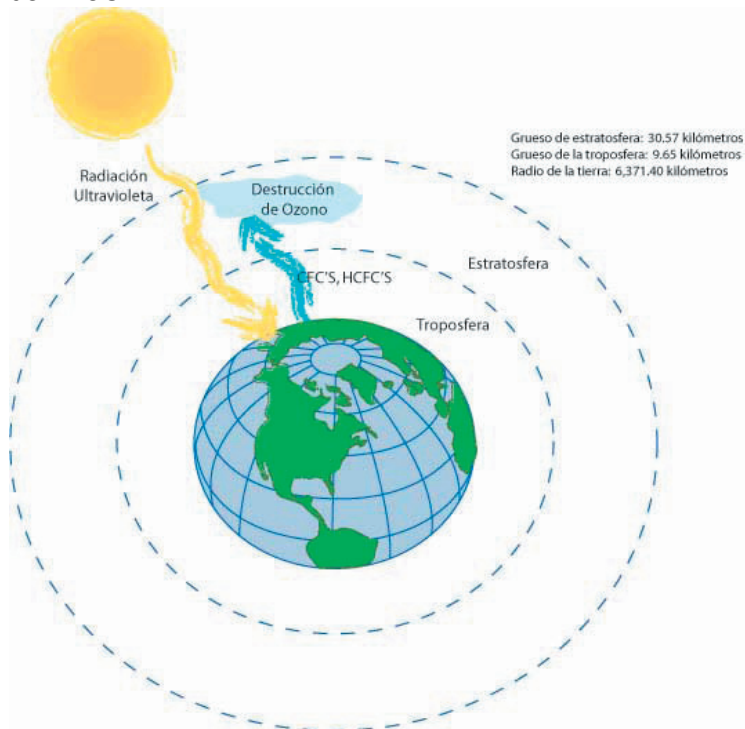


Ilustración 1. Los CFCs y los HCFCs dañan la capa de ozono.

Tabla 1.
Principales Clorofluorocarbonos e Hidrofluorocarbonos controlados por el Protocolo de Montreal.

Anexo	Tipo de SAO	Nombre	PAO*
Anexo A grupo 1	Clorofluorocarbono CFC	CFC-11	1.0
		CFC-12	1.0
		CFC-113	0.8
		CFC-114	1.0
		CFC-115	0.6
Anexo B grupo 1	Clorofluorocarbono CFC	CFC-13	1.0
		CFC-111	1.0
		CFC-112	1.0
		CFC-211	1.0
		CFC-212	1.0
		CFC-213	1.0
		CFC-214	1.0
		CFC-215	1.0
		CFC-216	1.0
CFC-217	1.0		
Anexo C grupo 1	Grupo de Hidroclorofluorocarbono HCFC	HCFC-21	0.04
		HCFC-22	0.055
		HCFC-31	0.02
		HCFC-121	0.01-0.04
		HCFC-141b	0.11
		HCFC-142b	0.065

Notas:

PAO* Potencial de Agotamiento del Ozono

¿QUÉ ES UNA SUSTANCIA QUE AGOTA LA CAPA DE OZONO?

Las sustancias que agotan la capa de ozono (SAOs) están compuestas de elementos químicos que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera. Las SAOs son básicamente hidrocarburos clorados, fluorados o bromados:

- ⊗ clorofluorocarbonos (CFCs)
- ⊗ hidroclorofluorocarbonos (HCFCs)
- ⊗ halones
- ⊗ hidrobromofluorocarbonos (HBFCs)
- ⊗ bromoclorometano
- ⊗ metilcloroformo
- ⊗ tetracloruro de carbono
- ⊗ bromuro de metilo

La habilidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como Potencial de Agotamiento del Ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor de 1.

Tabla 2.
PAO de algunas SAOs.

SUSTANCIA	PAO
CFC-11	1.0
CFC-12	1.0
Halon-1301	10.0
Tetracloruro de carbono	1.1
HCFC-22	0.055
HBFC-22B1	0.74
Bromoclorometano	0.12
Bromuro de Metilo	0.6

¿CUÁLES SON LOS USOS MÁS COMUNES DE LAS SAOS?

En la mayoría de los países en desarrollo, el sector más grande que aún sigue empleando SAOs es el de mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, donde los CFCs y los HCFCs se utilizan como refrigerantes en los sistemas de refrigeración.

Las SAOs también se emplean como agentes espumantes en la fabricación de espumas, como solventes de limpieza en la industria

de la electrónica, como propulsores en los productos en aerosol, como esterilizantes, como agentes para combatir el fuego, como fumigantes para controlar plagas y enfermedades y como materias primas.

Las SAOs se emplean como refrigerantes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en los de bombas de calor. Los refrigerantes CFC se están reemplazando gradualmente por refrigerantes que son menos nocivos para la capa de ozono:

- ⊗ Refrigerantes HCFC (PAO y PCG>0)
- ⊗ Refrigerantes HFC (PAO=0 y PCG>0)
- ⊗ Refrigerantes Hidrocarburos (PAO y PCG=0)

Muchos refrigeradores domésticos emplean CFC-12. Los sistemas de refrigeración comercial que se usan para exhibir y almacenar alimentos frescos y congelados, pueden utilizar como refrigerantes R-12 y R-502 (mezcla de CFC-115 y HCFC-22).

Muchos refrigerantes en uso actualmente contienen, carbono, flúor, cloro, y en algunos casos hidrógeno. La excepción son el amoníaco y los HFCs (hidrofluorocarbonos).

La reducción de sustancias que agotan la capa de ozono en la atmósfera se está realizando a través del cierre de la producción en los países industrializados, a partir del año 1990 y mediante compromisos, también en países en desarrollo que tenían alta producción.

Moléculas de CFC

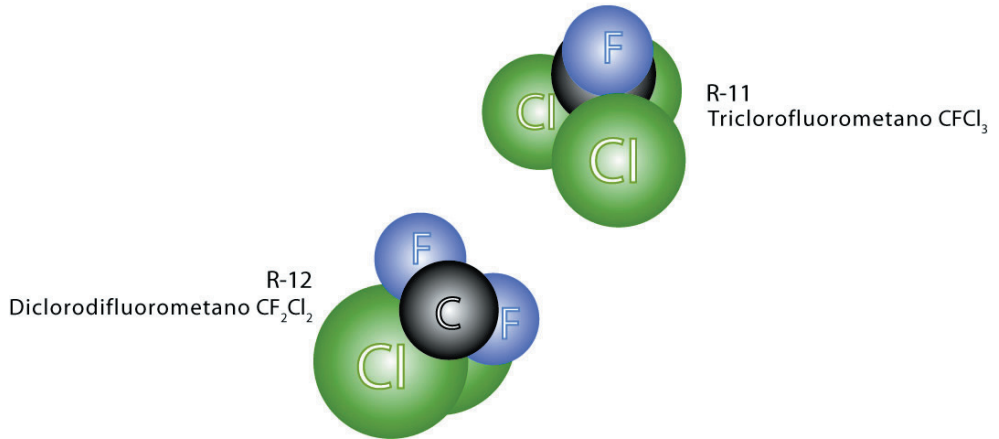


Ilustración 2. Moléculas de CFC-11 y CFC-12.

EL AGUJERO DE OZONO

AGUJERO DE OZONO ANTÁRTICO

En los años setenta, los científicos mencionados en la Introducción de este manual, descubrieron que las SAOs liberadas dañan la capa de ozono. La concentración de ozono sobre la Antártida (Hemisferio Sur) disminuyó entre los años 70 y 90 hasta en un 70%, comparada con la concentración que normalmente se encuentra en dicho continente. Este fenómeno de gran escala se llama habitualmente agujero de ozono.

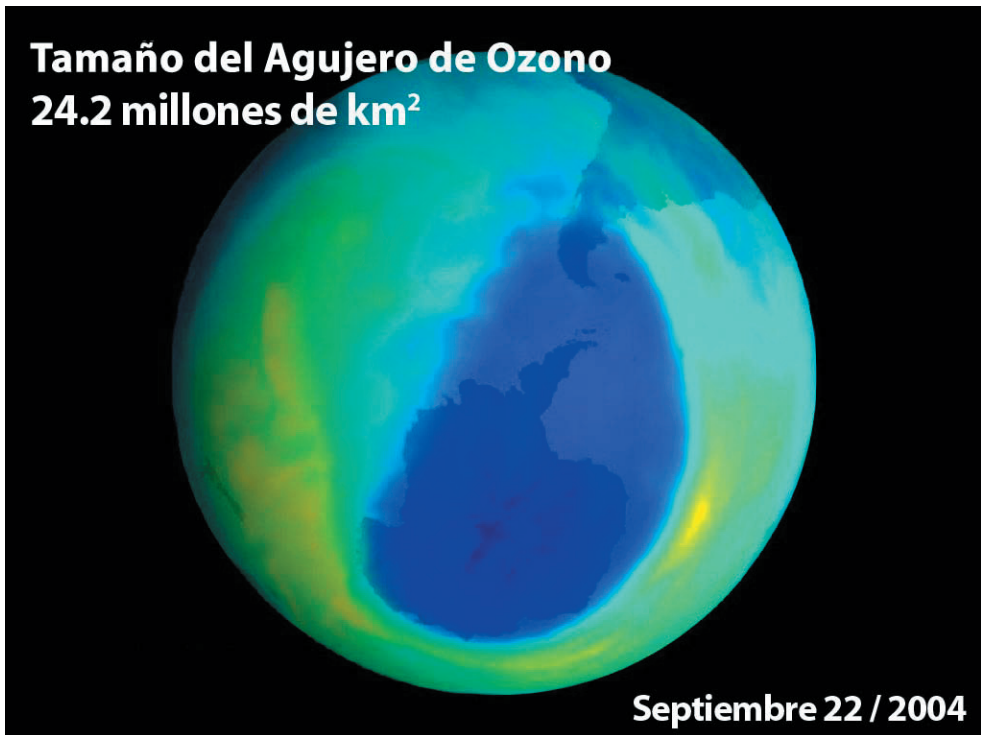


Ilustración 3. Tamaño del agujero de ozono - 22 de septiembre de 2004.

AGUJERO DE OZONO ÁRTICO

Observaciones recientes muestran que las condiciones de la parte superior de la atmósfera, en el Hemisferio Norte, se están asemejando a las de la Antártida. La pérdida misma de ozono y el efecto invernadero están haciendo que la parte superior de la atmósfera se enfríe, lo que facilita la destrucción del ozono. Esto podría dar como resultado la formación de un “Agujero de ozono ártico” o un “evento de bajo ozono” en los próximos 20 años.

La diferencia alarmante es que existen más de 700 millones de personas, animales y fauna que viven en el área expuesta a esta radiación creciente de UV-B. Un “evento de bajo ozono” en el Ártico podría ser trasladado fácilmente hacia el sur por los vientos que se producen a gran altura, y aparecer sobre áreas pobladas de los Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia.

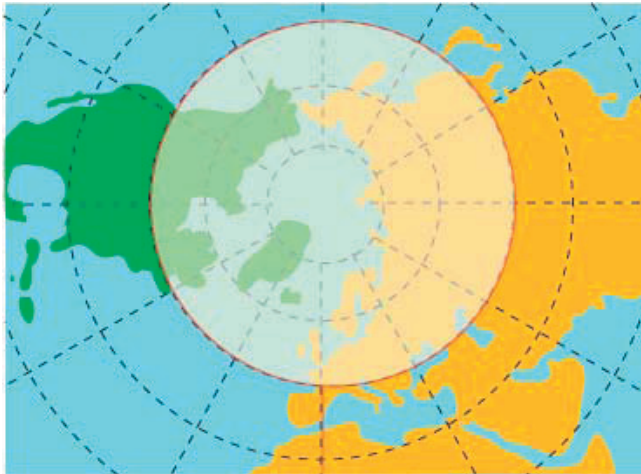


Ilustración 4. Agujero de Ozono Ártico.

Sitio Web: <http://www.theozonehole.com/arcticozone.htm>

¿CÓMO SE DESTRUYE EL OZONO?

El equilibrio dinámico entre la creación y la descomposición de las moléculas de ozono depende de la temperatura, la presión, las condiciones energéticas y la concentración de las moléculas. El equilibrio se puede perturbar, por ejemplo, por la reacción de otras moléculas con las moléculas de ozono, produciendo la consecuente destrucción de estas últimas. Si este proceso de destrucción es rápido y la creación de nuevas moléculas de ozono es demasiado lento, como para reponer las moléculas destruidas, se perderá el equilibrio. Como resultado, disminuirá la concentración de las moléculas de ozono. Ilustración 5.

En el marco del Protocolo de Montreal se identificó un número de **Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAOs)**. El poder destructivo de estas sustancias es enorme porque reaccionan con las moléculas de ozono en una reacción fotoquímica en cadena. Una vez destruida una molécula de ozono, la SAO está disponible para destruir otras más.

La duración de la vida de una SAO puede extenderse entre los 100 y los 400 años, dependiendo del tipo de SAO. Por consiguiente, una molécula de SAO puede destruir cientos de miles de moléculas de ozono.

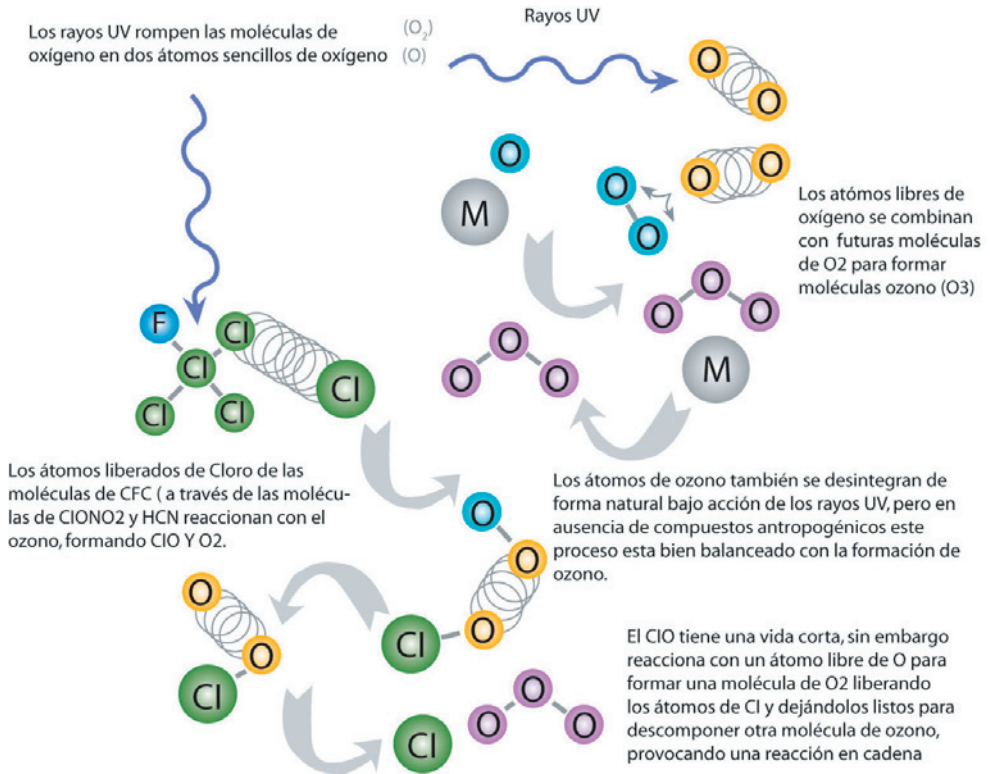


Ilustración 5. Destrucción de la capa de ozono.

¿CUÁNDO SE VA A RECUPERAR LA CAPA DE OZONO?

No existen previsiones exactas de cuándo se recuperará la capa de ozono. Los científicos presumen que la concentración de las moléculas de ozono en la estratosfera va a alcanzar niveles “normales” a mediados de este siglo, si todas las partes del Protocolo de Montreal y sus enmiendas cumplen con las obligaciones de eliminación. Esto se debe, parcialmente, a la larga

vida de las SAOs y al tipo de reacción en cadena que destruye las moléculas de ozono.

Se anticipa que las incidencias de cáncer de piel y de cataratas demorarán en disminuir hacia niveles “normales” de 20 a 50 años, es decir, hacia finales de siglo. Independientemente del tipo de piel, las personas, para evitar daños en la salud, deberán de aplicarse una protección efectiva para la piel y ojos. Esto es especialmente importante para bebés y niños.

Es posible que los efectos del calentamiento global de la atmósfera retarden el proceso de recuperación de la capa de ozono. Por lo tanto, se debe prestar atención también en las emisiones de gases de efecto invernadero. Las investigaciones recientes sugieren que el hielo que se está derritiendo en la Antártida va a liberar cantidades significativas de SAOs y de gases de efecto invernadero.



Ilustración 6. La Antártida.

Hace veinte años, la comunidad mundial no tenía conciencia del agotamiento de la capa de ozono estratosférica, ni de los efectos

negativos que eso provocaría en la salud de los seres humanos y en el medio ambiente.

Hoy, la importancia de la protección de la capa de ozono es reconocida en todo el mundo, tanto en los países desarrollados como en los que están en desarrollo y, como antes se mencionó, son alrededor de 189 las naciones que han ratificado el Protocolo de Montreal.

EL EFECTO INVERNADERO

De todas las capas que tiene la atmósfera, sólo en la más baja, llamada troposfera, hay clima. Esta capa tiene algunas peculiaridades: en ella está contenida toda el agua atmosférica y, como la mitad del clima está constituido por la humedad en forma de nubes, precipitación, heladas, etcétera, en las capas superiores de la atmósfera no hay clima.

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del Sol. El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2), proveniente del uso de combustibles fósiles, ha provocado la intensificación del fenómeno y el consecuente aumento de la temperatura global, el derretimiento de los hielos polares y el aumento del nivel de los océanos, ya que el calentamiento mayor se da en las latitudes altas.

Los gases traza (GT) de la atmósfera son numerosos, sobresaliendo el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFCs). El metano es producido principalmente por el ganado y los arrozales; el óxido nitroso, por las bacterias y fertilizantes. Los CFCs son famosos porque destruyen la capa de ozono (O_3) estratosférica, que protege a la Tierra de la radiación ultravioleta, como ya se vio, pero también son responsables del efecto invernadero.

Los GT, en conjunto, están presentes en la atmósfera en una proporción cien veces menor que el CO_2 . Sin embargo, la rapidez con que están aumentando y su eficiencia radiacional son tales, que producirán un calentamiento similar al causado por el CO_2 . Es decir, si la duplicación del CO_2 causaría por sí sola un aumento de temperatura de 2°C , todos los GT se incrementarían también, reforzando el calentamiento con dos grados adicionales, resultando,

finalmente, en un aumento de temperatura de aproximadamente 4°C.

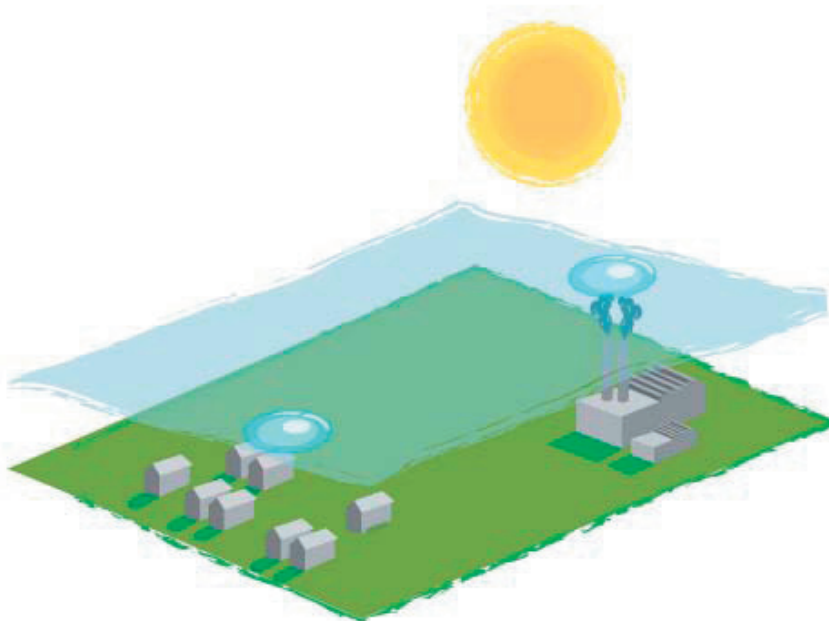


Ilustración 7. Capa natural que retiene parte de la energía solar.

El vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2) y el gas metano forman una capa natural en la atmósfera terrestre que retiene parte de la energía proveniente del Sol. El uso de combustibles fósiles y la deforestación han provocado el aumento de las concentraciones de CO_2 y metano, además de otros gases, como el óxido nítrico, los que han incrementado el efecto invernadero.

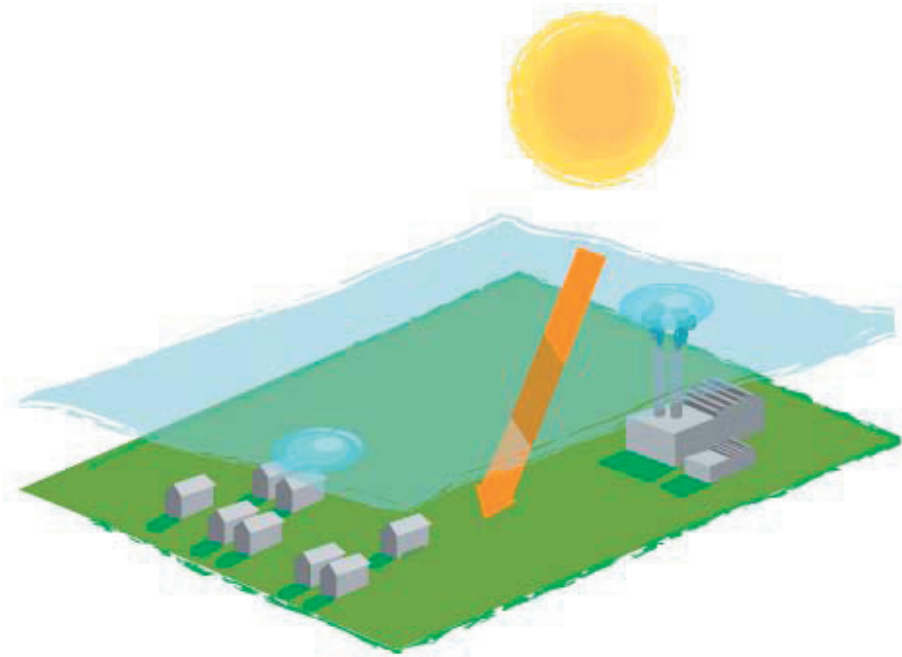


Ilustración 8. El sol calienta la superficie de la Tierra.

La superficie de la Tierra es calentada por el Sol. Pero ésta no absorbe toda la energía, sino que refleja parte de ella de regreso hacia la atmósfera.

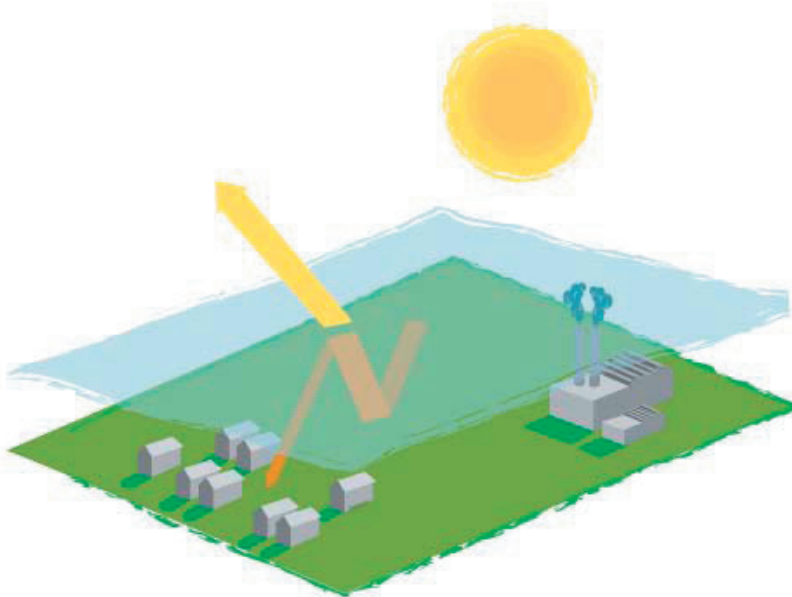


Ilustración 9. El 70% de la energía solar es devuelta al espacio.

Alrededor del 70% de la energía solar que llega a la superficie de la Tierra es devuelta al espacio. Pero parte de la radiación infrarroja es retenida por los gases que producen el efecto invernadero, y se queda en la superficie terrestre.

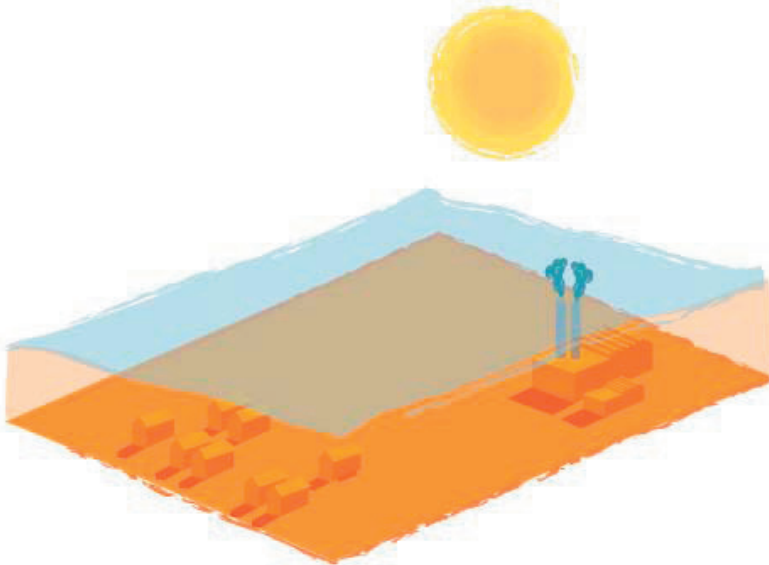


Ilustración 10. Por el efecto invernadero la Tierra se mantiene caliente.

Como resultado del efecto invernadero, la Tierra se mantiene lo suficientemente caliente como para hacer posible la vida sobre el planeta. De no existir ese efecto, las fluctuaciones climáticas serían intolerables. Sin embargo, una pequeña variación en el delicado balance de la temperatura global puede causar estragos. En los últimos 100 años la Tierra ha registrado un aumento de entre 0.4 y 0.8° C en su temperatura promedio.

Los CFCs dañan la capa de ozono y son gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global de la atmósfera, por lo cual es importante evitar su emisión a la atmósfera. El calentamiento global de la atmósfera puede provocar otras alteraciones en nuestro planeta, tal vez la más llamativa es la elevación del nivel del mar, calculada entre 30 centímetros y 1 metro, debido a las siguientes causas:

1. La fusión parcial de los casquetes polares.
2. La expansión térmica de los océanos (éstos se dilatan al calentarse).
3. La explotación masiva de los mantos freáticos (insuficientemente recargados), cuyas aguas finales van a dar al mar.

Por tales motivos, el mar cubriría algunas regiones costeras bajas, provocando pérdida de terrenos cultivados o habitados, también demandaría ajustes en instalaciones portuarias, etcétera.

Otras consecuencias climáticas, de gran impacto socioeconómico, son las relativas a la humedad. El aumento de CO₂, CFCs y GT producirían, según algunos investigadores, más precipitaciones en ciertos lugares y épocas del año, y menos en otras. Otros efectos del aumento del CO₂ son de tipo dinámico, parece que un clima más caliente produce fenómenos meteorológicos más vigorosos.

El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos, y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y calor.

Los países más pobres, que están peor preparados para enfrentar cambios rápidos, son los que sufrirán las peores consecuencias.

Se predice la extinción de animales y plantas, ya que los hábitats cambiarían tan rápido que muchas especies no podrían adaptarse a tiempo.

La Organización Mundial de la Salud ha advertido que la salud de millones de personas podría verse amenazada por el aumento de la malaria, la desnutrición y las enfermedades transmitidas por el agua.

En particular se espera que las zonas ciclogénicas (donde nacen los huracanes) se amplíen algo hacia los polos, pues el mar será más cálido y la temperatura mínima necesaria para que se formen los huracanes, se presentará en zonas que ahora no la tienen. Por la misma razón, los huracanes podrán ser más numerosos e intensos, y alcanzarían latitudes mayores que las actuales, ya que las altas temperaturas del mar, requeridas para mantenerlos, se extenderían geográficamente.

Según algunos investigadores, una posible consecuencia del calentamiento global es un clima más irregular e incluso extremo, habría más episodios, más cálidos y gélidos que ahora, más sequías e inundaciones, etcétera.

Algunos científicos dicen que las reservas de bacalao en lugares como el Mar del Norte (Europa) están disminuyendo con mucha rapidez, algo que no se puede atribuir a la pesca intensiva. Agregan que la razón puede ser el cambio climático. La composición del plancton está cambiando, reduciendo las reservas alimentarias del bacalao en fase larvaria. El plancton está constituido por organismos microscópicos que flotan en océanos, lagos y ríos. El declive en la cantidad de individuos de algunas especies de fitoplancton en el Mar del Norte está haciendo que sufran, entre ellas el bacalao.

De acuerdo con estudios recientes, la temperatura promedio anual en el Ártico ha aumentado casi dos veces más que la del resto del planeta, aunque hay variaciones a lo largo de la región. Se teme que esto pueda conducir a la extinción de especies como el oso polar y que cambie la forma de vida de quienes viven allí.

De acuerdo con cifras compiladas por el Centro de Análisis de Información del Dióxido de Carbono (CO₂), los Emiratos Árabes Unidos tienen las mayores emisiones de CO₂ per cápita, con 6.17 toneladas métricas de carbono. Le siguen Kuwait con 5.97; EE.UU., con 5.4; Australia, con 4.91.

Un acuerdo internacional, el Protocolo de Kyoto, compromete a los países industrializados a cumplir metas específicas para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

El protocolo sufrió un gran golpe cuando Estados Unidos, responsable en una cuarta parte de las emisiones globales, lo abandonó en 2001.

Sin embargo, en 2004 Rusia decidió ratificarlo, lo que permitió su entrada en vigor.

Aunque muchos países ya han tomado medidas para reducir sus emisiones, se cree que las metas de Kyoto no son más que una fracción de las reducciones necesarias para frenar de forma significativa el calentamiento global.

GASES REFRIGERANTES

**Tabla 3.
PAO Y PCG de Gases Refrigerantes**

Refrigerante No. ASHRAE	Marca	Potencial de Agotamiento de Ozono *	Potencial de Calentamiento Global. Horizonte a 100 Años **	Años de vida en la atmósfera ***
CFCs				
R-11		1.000	4600	45.0
R-12		0.820	10600	100.0
R-13		1.000	14000	640.0
R-113		.900	6000	85.0
R-114		0.850	9800	300.0
R-115		0.400	7200	1700.0
HCFCs				
R-22		0.034	1700	11.9
R-123		0.012	120	1.4
R-124		0.026	620	6.1
R-141b		0.086	700	9.3
R-142b		0.043	2400	19.0
HFCs				
R-23		0	12000	260.0
R-32		0	550	5.0
R-125		0	3400	29.0
R-134a		0	1300	13.8
R-143a		0	4300	52.0
R-152a		0	120	1.4
ZEOTROPOS				
R-401A	MP39	0.027	1100	
R-401B	MP66	0.028	1200	
R-402A	HP81	0.013	2700	
R-402B	HP80	0.020	2300	
R-403A	RP69S	0.026	3000	
R-403B	RP69L	0.019	4300	

Refrigerante No. ASHRAE	Marca	Potencial de Agotamiento de Ozono*	Potencial de Calentamiento Global** Horizonte a 100 Años	Años de vida en la atmósfera***
ZEOTROPOS				
R-404A		0	3800	
R-407A		0	2000	
R-407B		0	2700	
R-407C		0	1700	
R-407D		0	1500	
R-408A	FX10	0.016	3000	
R-409A		0.039	1500	
R-409B		0.033	1500	
R-410A	AZ20	0	2000	
R-413A	RP49	0	1900	
R-414B		0.031	1300	
AZEÓTROPOS				
R-500		0.605	7900	
R-502		0.221	4500	
R-503		0.599	13000	
R-507A		0	3900	
R-508A		0	12000	
R-508B		0	12000	

Notas:

***PAO (Potencial de Agotamiento de Ozono):** medición de la capacidad de una sustancia de destruir el ozono estratosférico, sobre la base de su vida atmosférica, su estabilidad, su reactividad y el contenido de elementos que pueden atacar el ozono, como el cloro y el bromo. Todos los PAO se basan en la medición de su referencia de 1 para el CFC-11.

****PCG (Potencial de Calentamiento Global):** define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂ está basado en un tiempo horizonte de 100 años, por ejemplo la emisión de 1 Kg. de R-134a es equivalente a la emisión de 1300 Kg. de CO₂.

*****Años de vida en la atmósfera:** no aparecen con los zeotropos ni con los azeótropos, debido a que estos refrigerantes están formados por dos o más gases, siendo el tiempo de vida en la atmósfera diferente en cada uno de los compuestos que forman la mezcla.

Fuente: 2002 Report of the Refrigeration, Air Conditioning, and Heat Pumps Technical Options Committee. 2002 Assessment.

EL PROTOCOLO DE MONTREAL

El 16 de septiembre de 1987, en la ciudad de Montreal, Canadá, 24 países y la Comunidad Económica Europea (CEE) firmaron el Protocolo de Montreal. Este acuerdo estableció las fechas y los programas para la eliminación de las sustancias agotadoras de la capa de ozono. Al reconocer el problema de naturaleza global, casi todos los países convocados a esa reunión, y que eran considerados como los mayores productores y consumidores de CFCs y halones en el mundo, firmaron el acuerdo.

En 1990, en la reunión de Londres, los Estados Unidos y otras 55 naciones firmaron el acuerdo que actualizó y reforzó las condiciones iniciales del protocolo. El programa para la eliminación de los CFCs se expandió y se agregó también la cláusula donde los HCFCs quedaron incluidos. En 1992, en la reunión de Copenhague, se hicieron otras revisiones y actualizaciones al Protocolo. En esa ocasión, más de 90 países asistieron, quedando de manifiesto el interés de la comunidad internacional por solucionar el problema del agujero de ozono en nuestra atmósfera.

La Convención de Viena define las enmiendas como los cambios en alguna o algunas de las disposiciones del tratado, que afecta a todos los Estados firmantes del convenio.

Las enmiendas se realizan cuando surge la necesidad de agregar o modificar los documentos en los que se plasman acuerdos que, con anterioridad, fueron tomados en las Asambleas de las Partes.

Algunas enmiendas se hacen para agregar especificaciones, plazos de vigencia o eliminación de Sustancias Agotadoras de la capa de ozono (SAOs) y de esta manera obtener acuerdos más completos y exactos, dándole un enfoque global a las soluciones que se esperan llevar a cabo con la aplicación del Protocolo.

Al Protocolo de Montreal se le han hecho cuatro enmiendas:

- ⊗ Enmienda de Londres.
- ⊗ Enmienda de Copenhague.
- ⊗ Enmienda de Montreal.
- ⊗ Enmienda de Beijing.

A la fecha, son 189 los países que han firmado el Protocolo, que tiene como objetivo eliminar la producción y el uso de los CFCs en el año 2010 en países en desarrollo, entre los que se encuentra México.

México ha sido pionero en la protección de la capa de ozono, pues en los últimos 15 años redujo en más del 90 por ciento su consumo de CFCs, mediante la ejecución de más de 110 proyectos realizados en coordinación con organismos internacionales.

El Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal otorgó a nuestro país apoyos económicos para realizar los proyectos de eliminación de la producción y consumo de estas sustancias.

El protocolo de Montreal se basa en el “principio preventivo” que permite a la comunidad mundial tomar medidas para tratar el principal problema ambiental, aún antes de que las preguntas científicas, económicas y técnicas hayan sido resueltas en su totalidad.

Para aplicar este enfoque, las partes en el Protocolo han acordado seguir un procedimiento para que el tratado mismo evolucione con el tiempo, y refleje los últimos descubrimientos en cuanto al estado de la capa de ozono y repercuta en el desarrollo y la ejecución de tecnologías alternativas. Esta característica evolutiva está dada por la evaluación frecuente y completa de las medidas de control

adoptadas conforme al Protocolo de Montreal y a sus enmiendas o ajustes subsiguientes.

La Unidad de Protección a la Capa de Ozono–Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (UPO-SEMARNAT), en coordinación con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI), tiene en marcha el Plan Nacional de Eliminación de CFCs en el sector de refrigeración y aire acondicionado. Dentro de este plan se encuentra la capacitación y certificación de técnicos a nivel nacional en “Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado”.

COMPROMISO DE MÉXICO ANTE EL PROTOCOLO

Con la firma y ratificación del Protocolo de Montreal en 1987 y 1988, respectivamente, México adquirió derechos y obligaciones para cumplir con los compromisos de reducción de consumo de las Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono que entonces utilizaba.

El Protocolo de Montreal divide en dos grandes grupos a los países miembros: países desarrollados (artículo 2 del Protocolo de Montreal) y países en desarrollo (artículo 5). Cada grupo posee obligaciones diferentes, basándose en el principio de responsabilidades comunes pero compromisos diferenciados. Los países desarrollados tienen calendarios de reducción acelerados y la obligación de contribuir con recursos financieros para el “Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal”.

Los países en desarrollo están comprometidos con la eliminación de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono, pero con calendarios de eliminación menos acelerados a los que tienen los países desarrollados. Reciben recursos del Fondo Multilateral para la ejecución de proyectos de preparación, demostrativos, de fortalecimiento institucional, capacitación, asistencia técnica y de inversión, con el objetivo de eliminar el consumo de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono.

Tabla 4.
Compromisos de México ante el Protocolo de Montreal

Sustancia Agotadora de la capa de Ozono	Listadas en el Anexo-Grupo del Protocolo de Montreal	Línea Base	Compromiso de Reducción
CFCs	A-I	Consumo promedio de los años 1995-1997	50% a partir de 2005 85% a partir de 2007 100% a partir de 2010
Halones	A-II	Consumo promedio de los años 1995-1997	50% a partir de 2005 100% a partir de 2010
Bromuro de Metilo	E-I	Consumo promedio de los años 1995-1998	20% a partir de 2005 100% a partir de 2015
Otros CFCs	B-I	Consumo promedio de los años 1998-2000	20% a partir de 2003 85% a partir de 2007 100% a partir de 2010
HCFCs	C-I	Consumo promedio del año 2015	100% a partir de 2040

Fuente: SEMARNAT, Unidad de Protección a la Capa de Ozono

Asimismo, en México existen disposiciones en el Código Penal que sancionan a quien ilícitamente, o sin aplicar las medidas de prevención y seguridad, realice actividades con Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono. Para más detalles, consulte en los Anexos al final de este manual.

REFRIGERANTES QUE DAÑAN LA CAPA DE OZONO, UTILIZADOS EN MÉXICO, Y REFRIGERANTES QUE NO DAÑAN LA CAPA DE OZONO, DISPONIBLES EN NUESTRO PAÍS

REFRIGERANTE

Un gas refrigerante es una sustancia que puede absorber y transportar grandes cantidades de calor. Lo puede hacer debido a que cambia de estado. El líquido absorbe calor cuando tiene una baja presión y cambia de fase (líquido a vapor) y lo libera cuando está en alta presión y en fase gaseosa.

En la refrigeración mecánica se requiere un proceso que pueda transmitir grandes cantidades de calor, económica y eficientemente, y que pueda repetirse continuamente. Los procesos de evaporación y condensación de un líquido son, por lo tanto, los pasos lógicos en el proceso de refrigeración.

Un refrigerante debe satisfacer dos importantes requisitos:

1. Debe absorber el calor rápidamente, a la temperatura requerida por la carga del producto.
2. El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente, por razones de economía y para enfriamiento continuo.

No existe el refrigerante perfecto, y hay una gran variedad de opiniones sobre cuál es el más apropiado para aplicaciones específicas.

CLASES DE REFRIGERANTES

Existen muchos tipos de refrigerantes, algunos de los cuales se usan comúnmente. En las primeras instalaciones de refrigeración se empleaban, por lo general, el amoniaco, bióxido de azufre, propano, etano y cloruro de etilo, los cuales aún se usan en varias aplicaciones. Sin embargo, debido a que estas sustancias son tóxicas, peligrosas o tienen características no deseadas, han sido reemplazadas por otras creadas especialmente para usarse en refrigeración.

En trabajos a temperaturas extra bajas o en instalaciones con grandes compresores centrífugos, se usan refrigerantes especiales, pero en refrigeración comercial y aire acondicionado, que utilizan compresores recíprocos, los usuales son R-12, R-22 y R-502.

Muchos refrigerantes, en uso actualmente, contienen carbono, flúor, cloro y, en algunos casos, hidrógeno. La excepción son el amoniaco y los HFCs (hidrofluorocarbonos).

LOS CLOROFLUOROCARBONOS CFCs

Como su nombre lo indica, los clorofluorocarbonos (CFCs) consisten en cloro, flúor y carbono. Como no contienen hidrógeno, los refrigerantes CFC son químicamente muy estables, inclusive cuando son liberados a la atmósfera. Pero debido a que contienen cloro en su composición, están dañando la capa de ozono. Permanecen en la atmósfera de 60 a 1700 años.

Al final de este capítulo se muestra un cuadro con aquellos refrigerantes, libres de cloro, que estarán disponibles durante el año 2006.

Clorofluorocarbonos (CFC's)

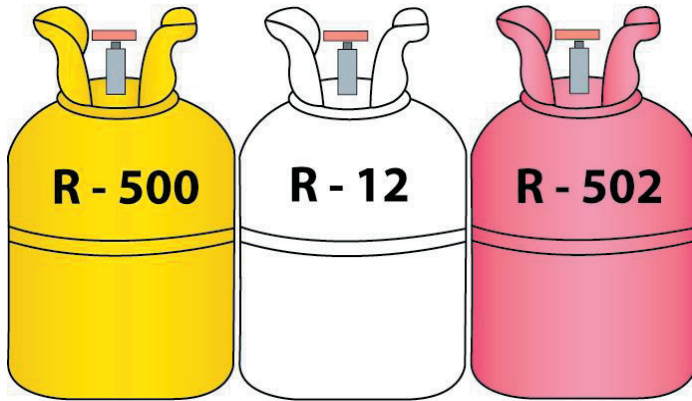


Ilustración 11. Envases con CFC-12 y mezclas CFC/HCFC (R-500 y R-502).

El Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono de los clorofluorocarbonos varía de 0.5 a 1.0

Nuestro país tiene el compromiso de eliminar el consumo al 100% de estas sustancias para el año 2010. Actualmente ha reducido en más del 90% el consumo, y un logro importante es que, a partir de septiembre del 2005, en México ya no se producen estas sustancias.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los CFCs que están regulados por el Protocolo de Montreal desde el 1 de julio de 1989. De estos, el R-11 y el R-12 se usaron comúnmente en enfriadores de líquido de baja presión y sistemas de refrigeración.

Tabla 5.
Algunos CFCs regulados por el Protocolo de Montreal

Gas	Nombre	Fórmula
R-11	Triclorofluorometano	C Cl ₃ F
R-12	Diclorodifluorometano	C Cl ₂ F ₂
R-113	Triclorotrifluoroetano	C Cl ₂ F C Cl F ₂
R-114	Diclorotetrafluoroetano	C ₂ F ₄ Cl ₂
R-115	Cloropentafluoroetano	C Cl F ₂ C F ₃

REFRIGERANTE R-12

Es utilizado ampliamente en la refrigeración doméstica y comercial, así como en aire acondicionado. En temperaturas inferiores a su punto de ebullición es un líquido transparente y casi sin olor, no es tóxico ni irritante y es apropiado para aplicaciones en alta, media y baja temperatura. Esta sustancia está regulada por el Protocolo de Montreal y tiene un potencial de agotamiento PAO de 1, su consumo en los países en desarrollo se debe eliminar al 100% en el año 2010.

REFRIGERANTE R-11

Refrigerante para enfriadores de líquido centrífugos (*Chillers*), que operan con bajas presiones.

Tiene una presión tan baja que se puede envasar y manejar en tambores en lugar de cilindros. Se requiere operar a bajo vacío para poder evaporar al CFC-11 a las temperaturas necesarias, y producir refrigeración. Además de ser usado como refrigerante, se utilizaba como solvente de limpieza en sistemas de refrigeración. Actualmente, con las nuevas disposiciones y por ser un refrigerante que daña la capa de ozono, no se debe de utilizar más como agente

limpiador en los sistemas de refrigeración y de aire acondicionado. También se utilizó como espumante, y en la limpieza de componentes electrónicos. Esta sustancia está regulada por el Protocolo de Montreal y tiene un potencial de agotamiento PAO de 1. Su consumo en los países en desarrollo se debe eliminar al 100% en el año 2010.

LOS HIDROCLOROFLUOROCARBONOS HCFCs

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) son la segunda categoría de refrigerantes que están vigentes actualmente. Aunque contienen cloro, que daña la capa de ozono, los refrigerantes HCFCs también contienen hidrógeno, que los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera. Su potencial de agotamiento es muy bajo y varía de 0.001 a 0.11. Para los países en desarrollo está permitido su uso hasta el año 2040.

Hidroclorofluorocarbonos (HCFC's)

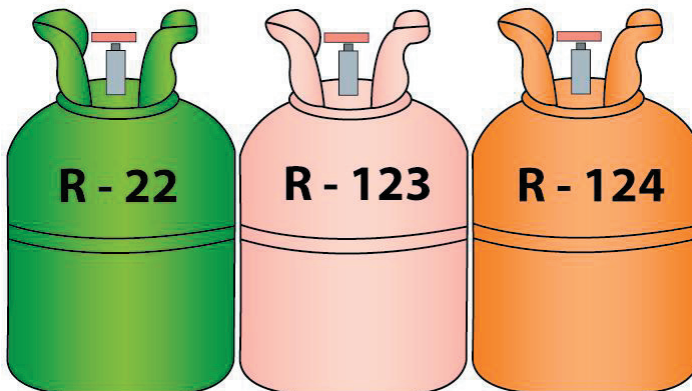


Ilustración 12. Cilindros con HCFCs.

El R-22 es un ejemplo de un refrigerante HCFC que se ha utilizado en todo el mundo, por muchos años. La mayoría de los equipos pequeños de aire acondicionado, por ejemplo el tipo ventana o el sistema dividido (*mini-split*), utilizan el R-22.

REFRIGERANTE R-22

Este refrigerante es similar al R-12 en sus características; sin embargo, tiene presiones de saturación más altas para temperaturas equivalentes. Tiene un calor latente de evaporación mucho mayor y un volumen específico inferior.

Por lo anterior, tiene una capacidad de refrigeración mucho mayor que otros. Esto permite el uso de menor desplazamiento en el compresor y, en algunos casos, se utilizan compresores más pequeños para obtener resultados comparables con R-12.

Por sus características a bajas temperaturas de evaporación y alto índice de compresión, la temperatura del vapor R-22 comprimido es tan alta, que frecuentemente daña el compresor. Por tal motivo, se recomienda para sistemas de un solo paso.

Tabla 6.
Refrigerante R-22

Gas	Nombre	Composición química
R-22	Hidroclorofluorocarbono	C H Cl F ₂

LAS MEZCLAS ZEOTRÓPICAS

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con el número 4, seguido de una letra mayúscula para diferenciar diversas proporciones de mezcla.

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 define 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 requiere 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, alquilbenceno o polioléster, según sea el caso, facilitando las adecuaciones.

Ejemplos: R-404A, R-407C, R-401A, R-401B o R-409A.

MEZCLAS MP-39 Y MP-66

Las mezclas MP-39 y MP-66 son alternativas de refrigerantes, para reemplazar CFC-12, en muchos de los sistemas de refrigeración de temperatura media.

Estas mezclas contienen hidroc fluorocarbonos (HCFCs), productos químicos que actualmente están reglamentados por ley en países industrializados. Ambos productos son mezclas de HCFC-22, HFC-152a y HCFC-124.

El MP-39 (R-401A) es un refrigerante de adecuación, recomendado para vitrinas de supermercado, cuartos de refrigeración, máquinas expendedoras de bebidas, distribuidoras automáticas de alimentos, enfriadores de agua y refrigeradores domésticos. El uso del MP-39 deberá limitarse a aplicaciones en las que la temperatura de evaporación media se encuentre por encima de los -23°C (-10°F).

El MP-66 (R-401B) está diseñado principalmente para reemplazar al CFC-12 como refrigerante de adecuación, en refrigeración de transporte. Es adecuado para aplicaciones de congeladores domésticos y comerciales en los que la temperatura del evaporador se encuentre por debajo de -23°C (-10°F) y -40°C (-40°F).

Sin embargo, en casos en que existan relaciones de alta presión, el uso del MP-66 puede provocar serias reducciones de capacidad y temperaturas de descarga excesivas.

Es importante comunicarse con el fabricante del equipo para solicitar recomendaciones sobre la adecuación del CFC-12.

REFRIGERANTE R-409A

Es un refrigerante alternativo diseñado para reemplazar al CFC-12 en sistemas de refrigeración de temperaturas media y baja. Los sistemas para los cuales se recomienda el uso del R-409A incluyen: exhibidores en supermercados, máquinas de venta de bebidas, enfriadores de agua, congeladores domésticos y comerciales, y transportes refrigerados.

El R-409A es una mezcla que contiene hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), su uso está actualmente regulado por la ley y su consumo es controlado en los países desarrollados. La mezcla es una combinación de HCFC-22, HCFC-124 y HCFC-142b.

El R-409A no es un reemplazo directo del CFC-12, así que los técnicos de servicio deben familiarizarse con los procedimientos para llevar a cabo las conversiones de equipo.

Al hacer el cambio de R-409A para sustituirlo por el CFC-12, se deben cumplir las dos siguientes recomendaciones:

- 1) El aceite mineral que se utiliza con el CFC-12 es menos miscible con el R-409A, por lo que es importante que si se hace el cambio de CFC-12 a R-409a éste se utilice como lubricante el alquilbenceno.
- 2) Al cargar el sistema con R-409A, siempre debe incluirse refrigerante en fase líquida y nunca en la fase de vapor, ya que el R-409a es una mezcla de refrigerantes que se separa.

¿SE DEBEN UTILIZAR LAS MEZCLAS O EL R-134a?

El CFC-12 es un refrigerante regulado por el Protocolo de Montreal y su consumo en los países en desarrollo se debe eliminar al 100%, por lo que debe seleccionarse adecuadamente, para cada diferente equipo de refrigeración, el refrigerante sustituto del CFC-12.

El HFC-134a es un refrigerante que no daña la capa de ozono y es una de las mejores opciones que se están utilizando actualmente en México para sustituir al CFC-12 en la mayoría de las aplicaciones OEM (“Original Equipment Manufacturer”, fabricante de equipo original).

No se recomienda utilizar el HFC-134a para sustituir al CFC-12 en equipos de refrigeración que tienen compresor hermético, ya que hacerlo implica un proceso tardado y difícil en el que se debe retirar el 95% del aceite mineral o alquilbenceno del sistema.

La mejor opción para sustituir al CFC-12 en dichos equipos son los refrigerantes formados de mezclas como el MP-39 y el MP-66.

En conclusión, para hacer la sustitución del CFC-12 debe seleccionarse primero cuál es el mejor refrigerante alternativo a utilizar para cada diferente equipo. Es aconsejable verificar en las tablas de refrigerantes recomendados.

MEZCLA AZEOTRÓPICA

Se identifica por un número de tres cifras que comienza con el 5. Está formada por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura, logrando mejores características de desempeño.

REFRIGERANTE R-502

Es una mezcla azeotrópica del R-22 y el R-115. Esta mezcla tiene características diferentes a las de sus componentes y puede evaporarse y condensarse sin cambiar su composición. Este refrigerante es muy eficiente en bajas temperaturas por sus excelentes propiedades, y también en todas las aplicaciones de un sólo paso, donde la temperatura de evaporación sea inferior a -17.8° C (0° F). Se utiliza, sobre todo, en cámaras de refrigeración, máquinas de hielo, vitrinas de supermercado, etcétera. También es muy satisfactorio su uso en sistemas de doble paso y en aplicaciones para temperaturas extra bajas. No obstante lo anterior, el R-502 contiene CFC-115, por lo que su uso está regulado por el Protocolo del Montreal y su consumo debe eliminarse para el 2010. Se lubrica con aceite mineral o con aceite alkilbenceno.

LOS HIDROFLUOROCARBONOS (HFCs)

Son sustancias que contienen hidrógeno, flúor y carbono. No contienen cloro y por consiguiente no dañan la capa de ozono, su PAO es igual a cero. El HFC que se utiliza comúnmente en nuestro país es el R-134a.

Hidrofluorocarbonos (HFC's)

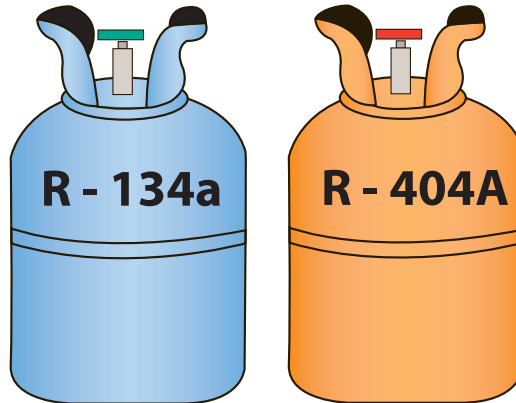


Ilustración 13. Cilindros con R-134a y mezcla R-404A.

REFRIGERANTE R-134a

El gas R-134a ha sido seleccionado como el refrigerante alternativo para reemplazar al CFC-12 o al R-12 en aparatos automotrices de aire acondicionado, y es el candidato líder para ser usado en aparatos y aplicaciones selectas de equipos estacionarios de aire acondicionado. Además, puede ser de utilidad en aplicaciones distintas a las del acondicionamiento de aire y refrigeración. El R-134a tiene un PAO de cero, por lo que no afecta la capa de ozono. Se lubrica con aceite poliéster.

Tabla 7.
Refrigerante R-134a

Gas	Nombre	Composición química
R-134a	Tetrafluoroetano	C F ₃ C H ₂ F

REFRIGERANTE R- 404A

Es una mezcla (HFC-125 / HFC-143a / HFC-134a) desarrollada para servir como refrigerante alternativo a largo plazo del R-502 y del HCFC-22, en aplicaciones comerciales de temperatura baja y media. Este producto es un HFC y por lo tanto no está programado para su discontinuación gradual bajo la presente regulación. El R-404A es recomendado para hacer la adecuación de congeladores de supermercados, máquinas expendedoras de bebidas, exhibidores de productos refrigerados, máquinas para fabricar hielo y transportes con cámara de refrigeración. Se lubrica con aceite polioléster.

REFRIGERANTE R-507

Es un azeótropo (HFC-125 / HFC-143a) diseñado para servir como una alternativa a largo plazo para el R-502 y el HFC-22, en aplicaciones comerciales de refrigeración de baja y media temperatura. Este producto es un HFC y por lo tanto no está programado para su discontinuación gradual bajo la presente regulación. El R-507 está recomendado para hacer la adecuación de congeladores para supermercados, charolas de exhibición, máquinas para fabricar hielo y se puede utilizar en equipo nuevo. Se lubrica con aceite polioléster.

NUEVOS REFRIGERANTES LIBRES DE CLORO, DISPONIBLES DURANTE EL AÑO 2006

**Tabla 8.
Refrigerantes libres de cloro.**

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

RIESGOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD AL TRABAJAR CON REFRIGERANTES, EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Las siguientes son consideraciones que se deben de tomar en cuenta cuando se trabaja con gases refrigerantes fluorocarbonados. Antes de utilizar o trabajar con cualquier gas refrigerante, el técnico deberá de estar familiarizado con los procedimientos de seguridad relativos a cada uno en especial. Esto toma una relevante importancia cuando se van a cambiar refrigerantes. La hoja de seguridad de cada gas debe ser consultada. Todos los fabricantes las tienen a disposición de los técnicos y algunas de las páginas de internet en las que se pueden consultar son:

www.quimobasicos.com.mx

www.suva.com.mx

www.forane.com

RIESGOS DE SALUD

Debido a que la toxicidad de los refrigerantes fluorocarbonados es baja, la posibilidad de un accidente menor o de sufrir la muerte son de baja probabilidad. Los vapores son generalmente mucho más pesados que el aire. No se debe de trabajar en áreas cerradas, ya que si se tiene un derrame o una fuga grande de gas, va a inhibir la presencia de oxígeno.

INHALACIÓN

Inhalar una gran cantidad de vapores es peligroso y puede llegar a ser mortal. Exponerse a niveles elevados de fluorocarbonados por arriba de los permitidos puede ocasionar síntomas de asfixia,

también es posible que se presente pérdida de coordinación sicomotriz, aumento del pulso cardiaco, sensibilización cardiaca, respiración más profunda o inconciencia. Si se presentan algunos de estos síntomas se debe salir al aire fresco.

PIEL

El contacto del refrigerante líquido sobre la piel puede causar quemaduras por congelación, la cual se manifiesta por palidez o enrojecimiento, pérdida de sensibilidad o hinchazón. Se debe lavar la parte afectada con agua abundante durante 15 minutos.

OJOS

Los mismos efectos y medidas preventivas que para la piel.

OTROS RIESGOS

La mayoría de los compuestos halogenados se descomponen a altas temperaturas. Los químicos que se presentan bajo estas condiciones son ácidos halogenados, y posiblemente halogenuros de carbonilo. También se libera el ácido fluorhídrico. Si el compuesto contiene cloro se liberará el ácido clorhídrico.

Afortunadamente los ácidos halogenados pueden ser detectados, ya que ocasionan picazón en la nariz, y así pueden ser detectados en bajas concentraciones cuando no han alcanzado un nivel en donde puedan ser tóxicos. Estos ácidos sirven como aviso de que una descomposición del gas ha ocurrido. Si son detectados, el área debe ser evacuada y ventilada hasta que se eliminen los productos de la descomposición (acidez en el sistema, quemadura de un compresor hermético o semihermético).

PRECAUCIONES

- ⊗ Leer la hoja de seguridad del gas que se va a utilizar.
- ⊗ Trabajar en un área ventilada.
- ⊗ NO exponer los gases refrigerantes al calor de los sopletes, chispas o a fuentes de calor.
- ⊗ Cuando se haga una prueba de fugas en un sistema de refrigeración, utilizar nitrógeno gaseoso para subir la presión del sistema, después de haber recuperado el refrigerante.
- ⊗ Utilizar siempre un regulador de nitrógeno para elevar la presión de un sistema a un nivel seguro. La presión de prueba no deberá ser mayor a la presión de trabajo máxima, del lado de baja presión, para buscar fugas.
- ⊗ **Nunca utilizar oxígeno o aire comprimido para presurizar sistemas, algunos refrigerantes pueden explotar en un ambiente presurizado y combinado con aire.**

ASHRAE STANDARD 34

La American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ha elaborado una tabla de seguridad para los gases refrigerantes, basada 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, y el 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 estándar 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 9.
Algunas características de clasificación del estándar 34.

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

- ⊗ La letra minúscula denota un gas isómero, ejemplo en el R-134a.
- ⊗ La letra mayúscula denota una mezcla, ejemplo en el R-401A.

Respecto de los dígitos numéricos, el estándar dice:

- ⊗ Primer dígito, de derecha a izquierda = número de átomos de flúor en el compuesto.
- ⊗ Siguiente dígito hacia la izquierda = número de átomos de hidrógeno más 1.
- ⊗ Tercer dígito hacia la izquierda = número de átomos de carbono menos 1 (no se usa cuando es igual a cero).
- ⊗ Cuarto dígito hacia la izquierda = número de enlaces dobles.

Ejemplo: R-22 (CHClF₂)

- ⊗ Número de átomos de Flúor = 2
- ⊗ Número de átomos de Hidrógeno = 2
- ⊗ Número de átomos de Carbono = 0
- ⊗ Puesto que el carbón tiene cuatro ligas y el total de F y H es igual a 3, existe un átomo de Cl.

Tabla 10.
Clasificación de seguridad de los refrigerantes

Inflamabilidad	Inflamabilidad Alta	A3 Hidrocarbonos	B3 Cloruro de Vinilo
	Inflamabilidad Media	A2 R-412b, R-152a	B2 Amoniaco
	Inflamabilidad Baja	A1 R-22, R-134a	B1 R-123
Baja Toxicidad (TLV \geq 400 ppm)		Alta Toxicidad (TLV \leq 399 ppm)	

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

La inflamabilidad también se clasifica:

- ⊗ Clase 1: no propaga la flama
- ⊗ Clase 2: baja propagación de flama
- ⊗ Clase 3: alta propagación de flama

Los refrigerantes se pueden clasificar según la tabla anterior. Como se ve, un gas refrigerante “A1” significa que es uno de los gases más seguros con los que se puede trabajar, y el “B3” es el más peligroso. Los refrigerantes recomendados para las sustituciones, generalmente están clasificados como “A1”.

CICLO DE REFRIGERACIÓN

EVAPORACIÓN DEL REFRIGERANTE

Ante el supuesto de que el refrigerante en un sistema tiene su temperatura equilibrada con la temperatura exterior, y si en vez de cambiar la temperatura exterior se disminuye la presión del sistema, se reducirá el punto de ebullición, por lo que la temperatura del refrigerante líquido se encontrará por encima de su punto de saturación y comenzará a hervir violentamente, absorbiendo calor del proceso y evaporándose conforme se produce el cambio de estado.

Ahora fluirá el calor del exterior del sistema, debido a la baja temperatura del refrigerante, y la ebullición continuará hasta que la temperatura exterior se reduzca a la temperatura de saturación del refrigerante, o hasta que la presión del sistema aumente nuevamente al nivel de saturación equivalente a la temperatura exterior. Si existe un medio, como un compresor para sustraer el vapor del refrigerante para que no aumente la presión –mientras que el refrigerante está siendo inyectado en el sistema – podrá haber una refrigeración continua. Ilustración 14.

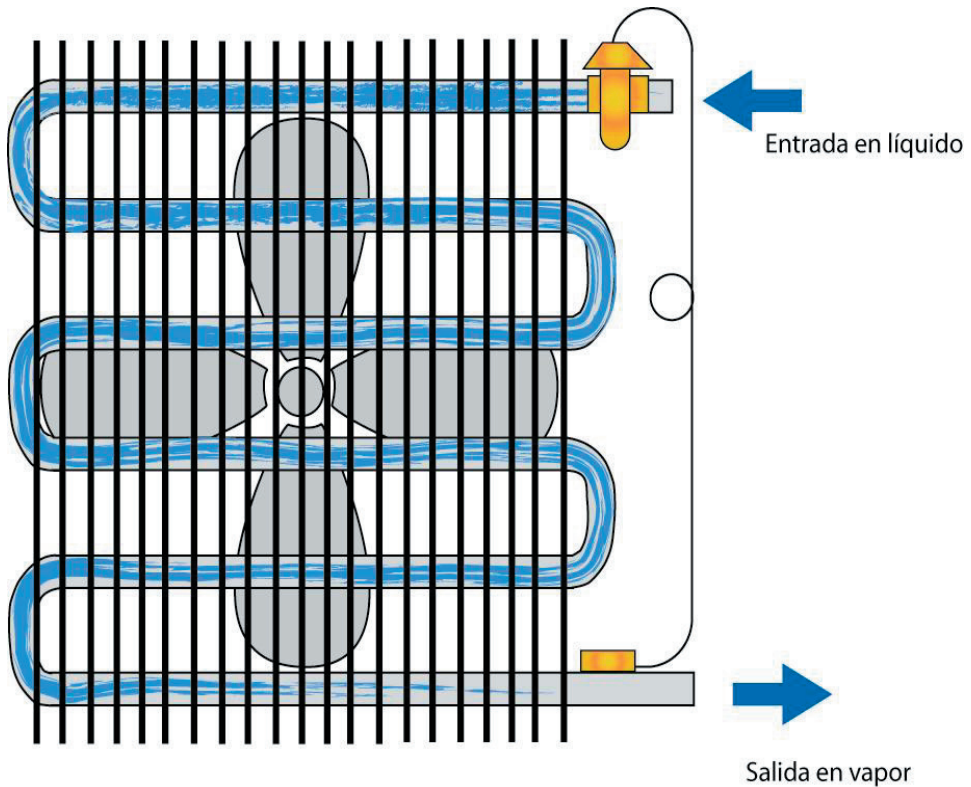


Ilustración 14. Evaporación del refrigerante.

CONDENSACIÓN DEL REFRIGERANTE

Una vez más, supóngase que el refrigerante se encuentra dentro de un sistema con su temperatura igualada a la exterior. Si se introduce gas refrigerante caliente en el sistema, la presión se eleva aumentando el punto de saturación.

El calor originado por el proceso latente de condensación fluye del sistema hacia el exterior hasta que la presión en el sistema se reduce a la presión de saturación, equivalente a la temperatura exterior. Si existe algún medio, tal como un compresor, para mantener una alimentación de gas caliente en alta presión, mientras

que al mismo tiempo el refrigerante líquido es sustraído, ocurrirá una condensación continua. Ilustración 15.

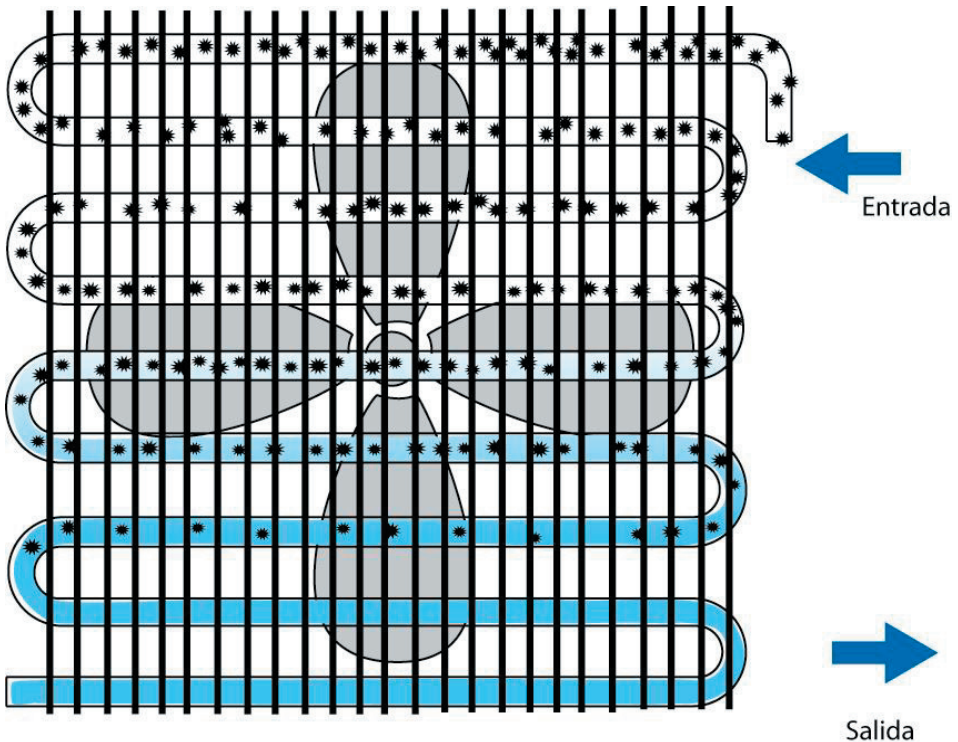


Ilustración 15. Condensación del refrigerante.

RELACIONES DE REFRIGERANTES Y ACEITES

En compresores recíprocos, el aceite y el refrigerante se mezclan continuamente, los aceites son solubles en refrigerante líquido y, a temperaturas normales en una cámara, se mezclan completamente. La capacidad de un refrigerante líquido para mezclarse con el aceite se llama miscibilidad. Los aceites que se utilizan en esos equipos

son altamente refinados y especialmente preparados para la refrigeración.

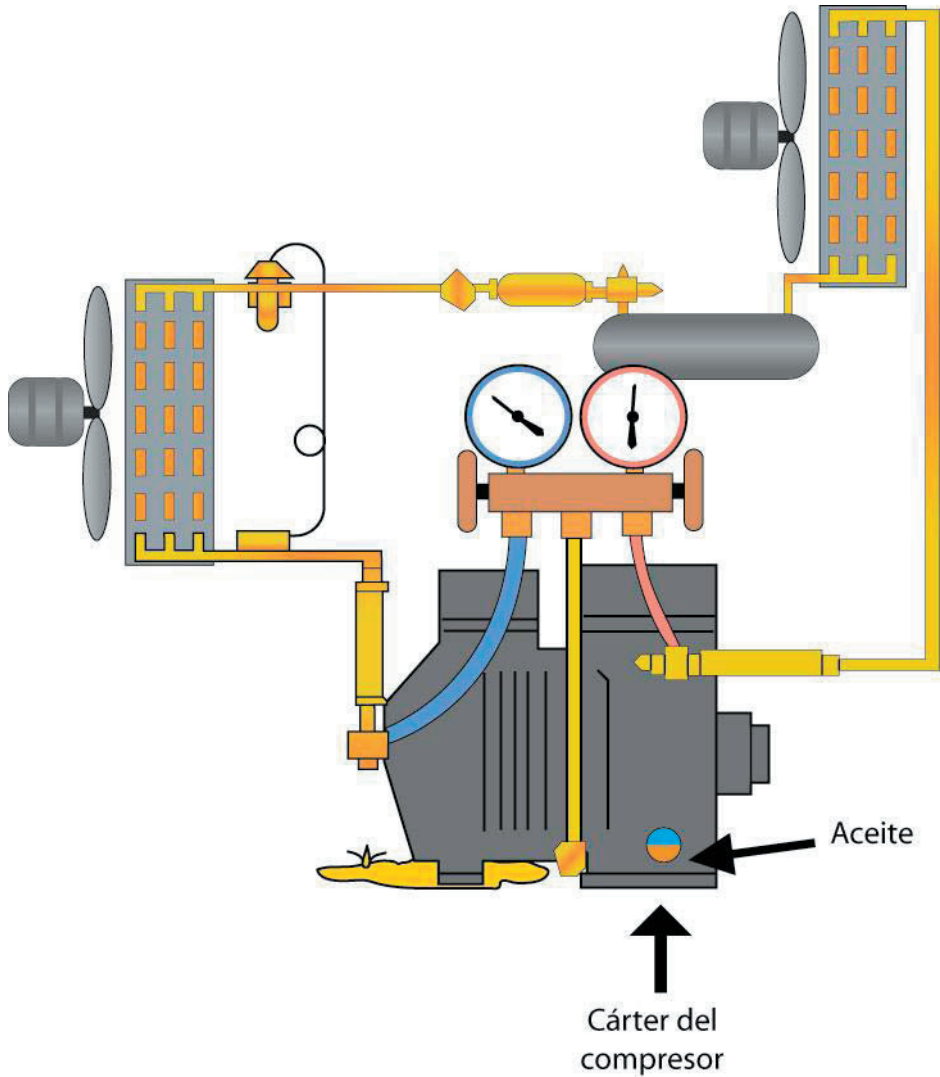


Ilustración 16. Diagrama que muestra que el aceite circula por el sistema.

Puesto que el aceite debe pasar por los cilindros del compresor para lubricarlos, siempre circula una pequeña cantidad de éste con el refrigerante, pero no es fácil que se mezclen, y el aceite solo puede circular correctamente a través del sistema, si la velocidad del gas es suficientemente alta para barrerlo. Si la velocidad no es adecuada, se quedará estacionado en la parte inferior de los tubos, disminuyendo la transmisión de calor y provocando escasez del lubricante en el compresor. El exceso de refrigerante en el cárter del compresor puede dar por resultado una espuma en ebullición violenta, que expulse del cárter todo el aceite causando problemas de lubricación. Por lo tanto, debe tenerse precaución para prevenir la acumulación de refrigerante en el compresor.

CICLO SENCILLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN

Existen dos presiones en el sistema de refrigeración: la de evaporación o de baja presión y la de condensación o de alta presión.

El refrigerante actúa como medio de transporte para mover el calor del evaporador al condensador, donde es despedido a la atmósfera o al agua de enfriamiento, en el caso de sistemas enfriados por agua. Un cambio de estado líquido a vapor, y viceversa, permite al refrigerante absorber y descargar grandes cantidades de calor en forma eficiente.

El ciclo básico opera de la siguiente forma: el refrigerante líquido a alta presión es alimentado al tanque receptor a través de la tubería de líquido, pasando por un filtro desecante al instrumento de control, que separa los lados de alta y de baja presión del sistema.

Existen varios instrumentos de control de flujo que pueden emplearse, pero en la Ilustración 16 se considera únicamente la válvula de expansión, la cual controla la alimentación del

refrigerante líquido al evaporador, y por medio de un pequeño orificio reduce la presión y la temperatura del refrigerante.

La reducción de presión en el refrigerante líquido provoca que éste hierva o se vaporice, hasta que el refrigerante alcanza la temperatura de saturación, correspondiente a la de su presión.

Conforme el refrigerante de baja temperatura pasa a través del evaporador, el calor del elemento a enfriar fluye a través de las tuberías del mismo hacia el refrigerante, haciendo que la acción de ebullición continúe hasta que el refrigerante se encuentre totalmente vaporizado.

La válvula de expansión regula el flujo a través del evaporador para mantener el sobrecalentamiento constante, para mantener la diferencial de temperatura que existe entre la temperatura de vaporización y el vapor que sale del evaporador. Conforme la temperatura del gas que sale del evaporador varía, el bulbo de la válvula de expansión registra variación y actúa para modular la alimentación a través de la válvula de expansión, y así adaptarse a las nuevas necesidades. El vapor refrigerante que sale del evaporador viaja a través de la línea de succión hacia la entrada del compresor. El compresor toma el vapor a baja presión y lo comprime aumentando, tanto su presión, como su temperatura.

El vapor caliente, al alcanzar una alta presión, es bombeado fuera del compresor a través de la válvula de descarga hacia el condensador. Conforme pasa a través de éste, el gas a alta presión es enfriado por algún medio externo. En sistemas enfriados por aire se usa generalmente un ventilador y un condensador aletado. En sistemas enfriados por agua se emplea por lo regular un intercambiador de calor refrigerado por agua.

Conforme el vapor del refrigerante alcanza la temperatura de saturación, correspondiente a la alta presión del condensador, el

vapor se condensa y fluye al receptor como líquido, repitiéndose nuevamente el ciclo.

CALOR DE COMPRESIÓN

Cuando se comprime el refrigerante en el cilindro del compresor, se aumenta la presión y se reduce el volumen. El calor de compresión se define como: “el calor agregado al gas refrigerante que resulta de la energía de trabajo usado en el compresor”. El calor que debe desechar el condensador se llama calor de rechazo y consiste en el total de calor absorbido por el refrigerante en el evaporador, en el compresor, y cualquier calor agregado al sistema debido a ineficiencias del motor (este último aplicable únicamente a compresores herméticos y semiherméticos). Para motocompresores herméticos y semiherméticos, el calor de rechazo es además el que produce la carga de refrigeración.

EFECTO DEL CAMBIO DE PRESIÓN EN LA SUCCIÓN

El volumen específico¹ del gas de retorno al compresor aumenta, si se mantienen constantes todos los factores, al reducirse la presión de succión. La disminución de la densidad del gas de succión merma el peso del refrigerante bombeado, con la consecuente pérdida de capacidad del compresor. Por lo tanto, para obtener la mayor capacidad y economía de operación, es de gran importancia que el sistema de refrigeración opere a las presiones de succión más altas posibles.

EFECTO DEL CAMBIO DE PRESIÓN EN LA DESCARGA

Un aumento en la presión de descarga provoca un incremento en la relación de compresión, con la resultante pérdida de eficiencia volumétrica. Aún cuando la pérdida de capacidad no es tan grande

¹ El **volumen específico** de una sustancia se define como el volumen por unidad de masa.

como la causada por una disminución en la presión de succión equivalente, será de todas maneras bastante perjudicial.

Por economía de operación y para obtener mayor capacidad, la presión de descarga debe mantenerse tan baja como sea posible.

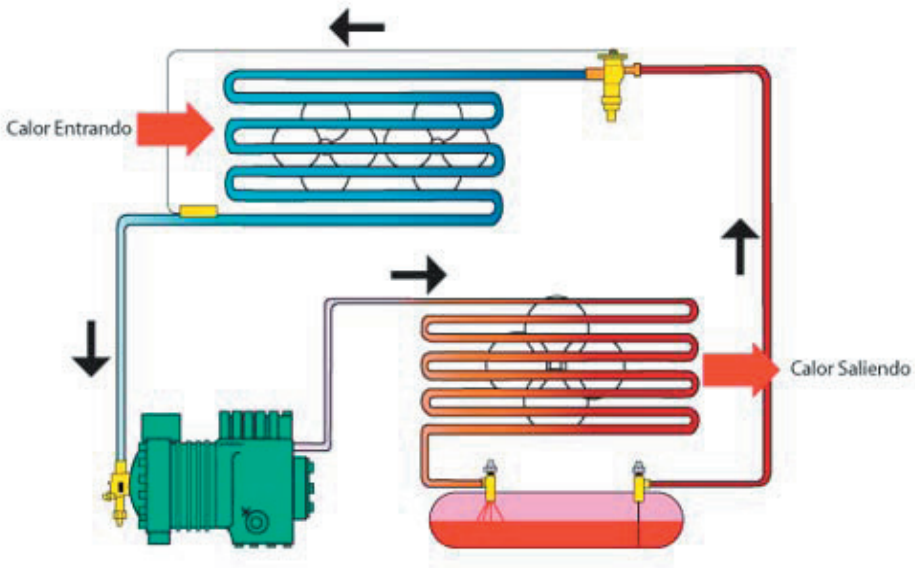


Ilustración 17. Sistema de refrigeración

LUBRICANTES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los compresores de refrigeración requieren de un lubricante que, además de mantener aceitadas las partes mecánicas del compresor, sirva como barrera para separar el gas del lado de la descarga, del de la succión. También actúa como medio enfriante, transfiriendo el calor de los bujes, y de todos los elementos del mecanismo del compresor, al cárter, de donde es enviado a las

paredes del compresor. Generalmente, mientras se tenga una mayor viscosidad en el lubricante, será mejor el sellado y menor el nivel de ruido.

En un sistema hermético o semihermético, en donde el motor eléctrico es expuesto al gas refrigerante y al aceite, se requiere de un lubricante con propiedades dieléctricas. El refrigerante va transportando una pequeña porción de lubricante a lo largo del sistema de refrigeración. Este lubricante debe de regresar al compresor rápidamente y debe de ser capaz de fluir en bajas temperaturas, estar libre de partículas suspendidas o de elementos tales como la cera, que pudieran tapar el control de flujo, o quedarse depositadas en el evaporador y afectar la transferencia de calor.

En el sistema hermético, el lubricante sólo debe de cargarse una vez, y éste debe de durar toda la vida del compresor. La estabilidad química requerida, en la presencia de gas refrigerante, metales, barniz aislante del motor eléctrico del compresor, y contaminantes, es tal vez la característica que hace diferentes a los lubricantes para sistemas de refrigeración, de los usados en otras aplicaciones.

LUBRICANTES MINERALES

Los lubricantes minerales, obtenidos por destilación del petróleo, deben ser especialmente seleccionados para poder:

- ⊗ Soportar diversas condiciones de trabajo.
- ⊗ Ser un excelente lubricante a altas temperaturas.
- ⊗ Permanecer estable en un amplio rango de temperaturas.
- ⊗ Tener la capacidad de mezclarse adecuadamente con el refrigerante (miscibilidad) de manera que la proporción de aceite que viaja por el sistema, transportado por el gas refrigerante, permanezca unido a él y regrese al cárter del compresor.
- ⊗ Tener un índice de viscosidad alto, sin que al bajar su temperatura en el evaporador, aumente su viscosidad y

tienda a quedarse atorado en el mismo, separándose del refrigerante que vuelve al compresor.

- ⊗ Tener un punto de floculación bajo (temperatura a la cual el componente parafínico de un aceite mineral se solidifica, depositándose como sedimento, lo cual invariablemente se produce en el dispositivo de expansión, creándose, como consecuencia, una restricción al flujo de refrigerante, que puede llegar a convertirse en obstrucción permanente).
- ⊗ Tener higroscopicidad, definida como la capacidad de retener humedad mediante la interacción de fuerzas de atracción molecular de una sustancia con el agua.

Estas son las principales propiedades que se deben buscar en un aceite lubricante de refrigeración.

LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILBENCENO

Los lubricantes sintéticos tipo alquilbenceno, debido a sus características sobresalientes en propiedades lubricantes y sobre todo a su alta estabilidad química y térmica, y la ausencia de parafinas, han sustituido a los aceites minerales en sistemas operados con gases CFC ó gases HCFC. El hecho de ser altamente higroscópicos es considerado por los fabricantes de compresores como una variable manejable, mediante la implementación de medidas de control de humedad durante la producción y carga del lubricante, y la creación de las condiciones aceptables en un sistema, para alcanzar niveles de deshidratación máximos, que se logran mediante el empleo de filtros secadores de suficiente capacidad, y un efectivo procedimiento de deshidratado del sistema mediante un proceso de alto vacío.

LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO POLIOLÉSTER

Los lubricantes sintéticos denominados polioléster son muchísimo más higroscópicos que los aceites minerales, aún comparados con los sintéticos tipo alquilbenceno. Sus niveles de saturación de humedad son del orden de 1000 partes por millón (ppm), en comparación con 100 ppm de los aceites minerales y 200 ppm de los alquilbencenos. Por lo tanto, las precauciones necesarias durante su carga, así como los niveles de humedad requeridos son igualmente estrictos y deben de emplearse métodos cuidadosamente controlados durante su uso.

- ⊗ Al abrir una lata de aceite polioléster se debe de utilizar, de inmediato, todo su contenido, vaciándolo en el interior del sistema sin pérdida de tiempo, y proceder a hacer el vacío al sistema, debido a que el solo contacto del lubricante con el aire atmosférico provoca que sus niveles de humedad aumenten por encima de los valores tolerables para el sistema de refrigeración.
- ⊗ No se debe cargar el sistema usando un embudo, sino mediante una bomba de aceite, ya que sólo se dispone de 12 minutos antes de que el aceite se vuelva húmedo.
- ⊗ De quedar algo de aceite en el interior de la lata, deberá desecharse.
- ⊗ Si se excede el tiempo con el sistema abierto, una vez que el lubricante se vuelve húmedo, es irreversible el proceso, ya que el enlace que se forma de la humedad con el lubricante es a nivel molecular, es decir que ni con el vacío, ni tampoco con los deshidratadores se podrá recomponer.

LUBRICANTES SINTÉTICOS TIPO ALQUILGLICOLES

Estos fueron los primeros lubricantes desarrollados para ser empleados con el refrigerante R-134a y en la actualidad sólo son destinados al aire acondicionado automotriz. Si bien sus

propiedades lubricantes son mejores que las de los poliolésteres, son mucho más higroscópicos, con niveles de saturación de humedad del orden de 10,000 ppm. Ello exige extremo cuidado cuando se presta servicio a sistemas de aire acondicionado automotriz, a fin de evitar las consecuencias que estos niveles de humedad provocarían. Los lodos que se forman obstruyen los filtros secadores y los dispositivos de expansión, producen daños a los compresores por falla de lubricación.

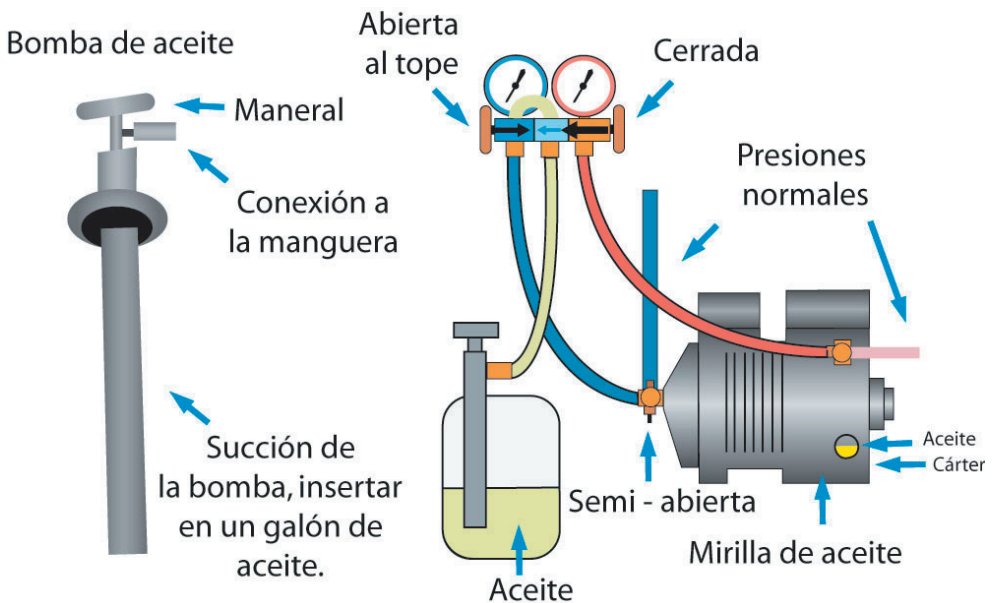


Ilustración 18. Esquema para cargar lubricante usando bomba.

EL USO DE ANTICONGELANTES

La práctica en el uso de anticongelantes: alcohol, "flow", o cualquier producto comercial que actúe en el sistema, mezclándose con el agua para reducir su punto de congelamiento, deben eliminarse por completo.

Estos aditivos son productos químicos que contribuyen y aceleran la formación de ácidos complejos, agravando aún más el deterioro acelerado de un sistema de refrigeración.

Crean la ilusión de que no hay agua, pues impiden que se congele en el dispositivo de expansión y, por supuesto, permiten que el exceso de ésta permanezca en el sistema ya, que es imposible de absorber en el filtro deshidratador, el cual está diseñado para secar una cantidad razonable de humedad que pudiera quedar dentro del sistema, como consecuencia de un vacío inadecuado.

AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ

El aire acondicionado automotriz es uno de los grandes consumidores de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs). En México, gran parte de este consumo se produce como consecuencia de la práctica muy común de emplear el R-12 para completar la carga de un sistema originalmente diseñado para operar con R-134a², y en algunos casos se llega a extraer totalmente el refrigerante original de R-134a, para sustituirlo por el R-12, y lo que es más grave aún, sin considerar siquiera los cambios necesarios en el sistema, tales como la sustitución del lubricante o la compatibilidad de los componentes del sistema.

Los sistemas de aire acondicionado automotriz están expuestos a fuertes condiciones de trabajo:

1. Temperaturas muy elevadas alrededor del condensador, el compresor, las mangueras y otros componentes del sistema alojados en el compartimiento en donde va el motor del vehículo.
2. Regímenes de marcha del compresor, que dependen de las necesidades de movilidad del automóvil, no de la carga térmica que deba transferir, desde el evaporador al condensador.
3. Vibraciones producidas por el movimiento del vehículo.
4. Alto porcentaje del lubricante circulando por el sistema, inherente al tipo de lubricante³ utilizado con R-134a, en un sistema automotriz.
5. Tipo de transmisión de la potencia mecánica.⁴

² Gas utilizado actualmente en los equipos de AC automotriz.

³ Polialquilenglicol

⁴ Banda y polea de acoplamiento electromagnético (*clutch*).

Los fabricantes han adoptado varias formas de solución para estas condiciones de trabajo, que contemplan una diversidad de controles de operación con miras a mejorar la durabilidad de la instalación.

Una de las fallas más frecuentes es la fuga del gas, generalmente paulatina, ya sea a través de porosidades en las mangueras, provocadas por la exposición prolongada a altas temperaturas, conexiones roscadas que se desajustan por efecto de las vibraciones, “*O-rings*” cuarteados por la temperatura, válvulas de servicio sin sus tapones, por lo que las válvulas *Schrade* (pivotes) se dañan por efecto de los contaminantes sólidos en el compartimiento del motor, sello mecánico deteriorado, evaporador descompuesto por diversas causas, internas y externas, y otros innumerables desperfectos.

Otra falla frecuente, de consecuencias graves, es el daño del compresor por falta de lubricante, debido a que éste es arrastrado en exceso por el gas refrigerante hacia el sistema, quedando atorado en el evaporador o en la trampa de succión, debido al empleo empírico de mezclas, cuyas propiedades de miscibilidad con el lubricante son impredecibles.

Es necesario entender que **mezclar R-12 y R-134a en el sistema, produce como efecto un incremento de las presiones de trabajo que, dependiendo de los porcentajes de estos refrigerantes en la mezcla, llegan a ser tan elevadas como en un 50% y hasta en un 60%, con respecto a las presiones individuales de cualquiera de ellos**. Esto, además de representar un riesgo para el técnico y el usuario, somete al sistema a presiones superiores a las que se establecieron como normas de diseño, utilización, y consecuentemente aumentan la posibilidad de daños a componentes y a la generación de fugas importantes de refrigerantes a la atmósfera.

LOCALIZACIÓN DE FUGAS

No difieren de los métodos que se utilizan para encontrar fugas en los sistemas de aire acondicionado estático, pero los instrumentos preferidos y los recomendados son el detector electrónico de fugas y el utilizar los trazadores fluorescentes, de hecho existen latas de R-134a con trazador incluido, se carga este gas al sistema y con la lámpara fluorescente se busca la traza para ubicar la fuga.

Debido a lo complejo de la ubicación de algunos componentes del sistema de AC automotriz, en particular del evaporador, es muy probable que existan sitios en los que no se puede utilizar el método del trazador fluorescente, entonces se puede emplear el detector electrónico, que indica la presencia de átomos de cloro o flúor en el aire que rodea el componente, pero no el sitio exacto de la fuga. Los recursos de las burbujas de jabón o la lámpara de halógeno no son viables de utilizar en lugares de difícil acceso.

EQUIPO DE SERVICIO

1. Bomba de vacío para sistemas de refrigeración.
2. Máquina recuperadora de gas.
3. Dos cilindros recuperadores de gas.
4. Herramientas de taller mecánico.
5. Juego de manómetros para uso automotriz para HFC.
6. Juego de manómetros para uso automotriz para CFC y HCFC⁵.

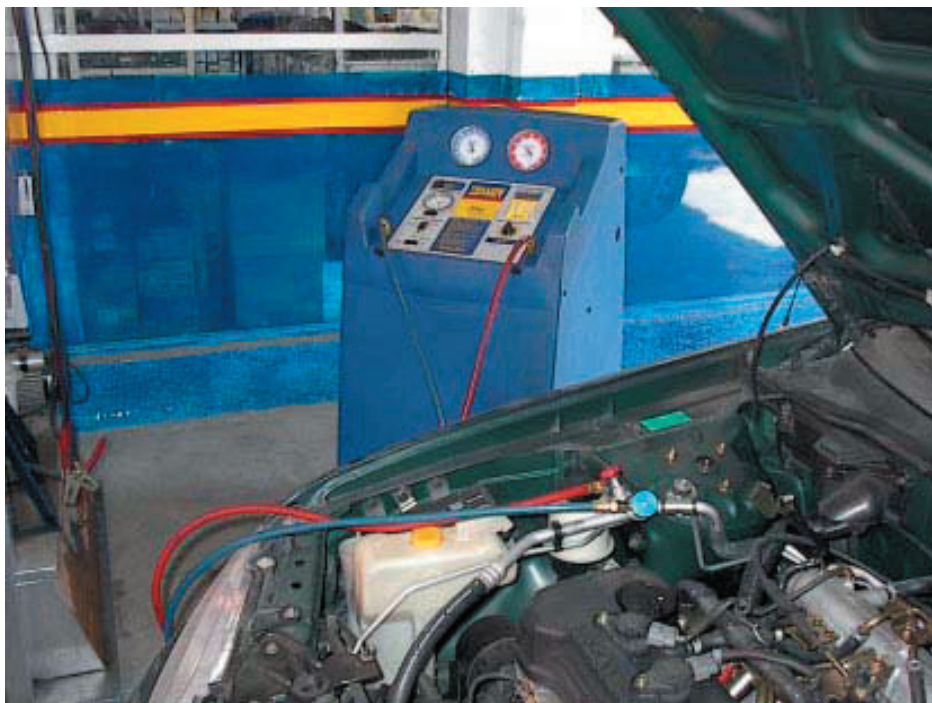


Ilustración 19. Equipo para servicio de A/C automotriz.

⁵ Si no se cuenta con manómetros HFC, se debe contar con los adaptadores HFC, que se le colocan a los manómetros CFC y HCFC.

BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN

¿Qué es una buena práctica en refrigeración?

Son las técnicas de servicio que debe ejecutar el técnico de refrigeración. Estas técnicas de servicio separan a un profesional de la refrigeración de uno que no lo es. Las técnicas aquí descritas están enfocadas al manejo correcto de los gases refrigerantes que se utilizan en un sistema de refrigeración. Aplicar al 100% estos procedimientos técnicos, mejora el rendimiento de un sistema de refrigeración, optimiza la calidad del trabajo del técnico que los ejecuta y, también, contribuye a no ventear los gases a la atmósfera que, como ya se ha visto, afectan la capa de ozono que protege al planeta y la temperatura del mismo.

Todos los procedimientos aquí descritos están vigentes, y son utilizados en diferentes países de Latinoamérica, de la Comunidad Europea y los Estados Unidos de Norteamérica.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN

1. Lentes o gafas de seguridad.
2. Camisa de algodón de manga larga.
3. Guantes de piel.
4. Zapatos de seguridad con punta de acero.
5. Manómetros de servicio.
6. Termómetro electrónico.
7. Una bomba de vacío capaz de aspirar 250 micras.
8. Manómetro de vacío electrónico.
9. Refractómetro.
10. Detector electrónico de fugas.
11. Válvulas perforadoras o de aguja.
12. Multímetro digital.
13. Una unidad recuperadora de gas refrigerante.
14. Un cilindro para recuperar gas refrigerante.

15. Una báscula electrónica para pesar el cilindro de recuperación.
16. Un depósito para el lubricante que se va a retirar del sistema.
17. Un dispositivo de control de flujo, ya sea capilar o de válvula de expansión, cuando se aplique el cambio.
18. Filtro deshidratador, para la línea de líquido.
19. Latas de lubricante.
20. Tablas de Presión - Temperatura del gas con el que se va a trabajar.

***PROCEDIMIENTOS, REGLAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL
MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE GASES
REFRIGERANTES***

Los gases refrigerantes generalmente vienen envasados en cilindros metálicos desechables. Son de 1 Kg., 6.8 Kg., 13.6 Kg. y 22.6 Kg. Estas presentaciones pueden variar según el tipo de gas refrigerante o según la especificación del fabricante.

Los fabricantes de gases refrigerantes los envasan en cilindros de colores, según el código de colores de ARI (American Refrigeration Institute).

Tabla 11.
Código de colores ARI para los cilindros de gas refrigerante

Refrigerante Núm. AHSRAE	Color ARI (American Refrigeration Institute)
R-11	Anaranjado
R-12	Blanco
R-22	Verde Claro
R-113	Morado (Violeta)
R-114	Azul Oscuro (Marino)
R-123	Azul Grisáceo Claro
R-124	Verde Intenso (Verde DOT)
R-125	Marrón Mediano (Tostado)
R-134a	Azul Celeste (Cielo)
R-401A	Rosa Claro
R-401B	Amarillo Oscuro
R-402A	Marrón Claro (Arena)
R-402B	Verde Amarronado (Oliva)
R-404A	Anaranjado
R-410A	Rosa
R-500	Amarillo

Fuente: <http://www.ari.org/std/standards.html>

Los cilindros desechables son hechos con base en las especificaciones establecidas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT - Department Of Transportation), el cual tiene una autoridad reguladora sobre todos los materiales peligrosos en el transporte comercial. Los cilindros desechables deben de cumplir con la Especificación 39. Se les llama “cilindros de un solo viaje” y siempre son referidos como “DOT-39”.

Todos los cilindros utilizados por los CFCs están diseñados para poder contener las presiones generadas por el R-502, que es el refrigerante que tiene la presión más alta. Los cilindros desechables hechos para el R-502 deben de estar considerados para trabajar a una presión de servicio de 260 psi (Libras por pulgada cuadrada). La especificación DOT-39 estipula que los cilindros diseñados para soportar una presión de 260 psi, deben de ser probados a una presión de fuga de 325 psi. Un cilindro de cada 1000 se presuriza hasta el punto de falla o de fuga.

El cilindro no debe fallar a una presión menor de 650 psi. Estas pruebas se hacen para asegurar que los usuarios tengan cilindros seguros y libres de fugas.

Cada cilindro está equipado con un dispositivo o fusible de alta presión, que liberará o venteará el gas antes de llegar a la presión de ruptura. Existen dos versiones de cilindros aprobados bajo la especificación DOT-39. El más común es un disco de ruptura ó disco fusible, generalmente soldado en la parte superior (hombro del cilindro). Si la presión supera los 340 psi, este disco se romperá y el gas refrigerante será venteadado a la atmósfera, previniendo una explosión del tanque.



Ilustración 20. Cilindro señalando el disco de ruptura.

El segundo diseño contiene un resorte de alivio integrado en el interior de la válvula del tanque. Cuando la presión interna supera los 340 psi, ocasiona que el resorte sea forzado a abrirse, venteano una parte del gas contenido en el cilindro, a través de la válvula.

La presión interna de los cilindros puede elevarse por diferentes razones, pero la principal es el calor. Cuando la temperatura se

eleva, el refrigerante líquido se expande. A esta condición se le llama hidrostática. Cuando un cilindro alcanza esta condición, la presión interna se eleva rápidamente, aunque aumente ligeramente la temperatura del gas. Si el fusible de alivio no se abre, el cilindro puede explotar, ocasionando daños a los objetos cercanos, al técnico o, en el caso más grave, la muerte del técnico. No se debe de bloquear el fusible de venteo o de seguridad, o sobrecargar el cilindro.

La presión de un cilindro también puede elevarse si se conecta al lado de la descarga de un sistema de refrigeración o de aire acondicionado. En estos casos, el compresor puede crear presiones superiores a las que puede soportar el disco de ruptura del cilindro.

PELIGROS DE RECARGAR UN CILINDRO DESECHABLE

Los cilindros desechables son de acero. El óxido puede eventualmente debilitar la pared del cilindro, al punto de no poder contener al refrigerante. Los cilindros deben ser transportados en ambientes secos. Los muy oxidados deben de ser descargados.

Cada cilindro de refrigerante es rotulado con la información de seguridad y precauciones que se deben de tener en el manejo del gas. Esta información y la hoja de seguridad del refrigerante están disponibles con el fabricante del mismo.

Los fabricantes de cilindros desechables, bajo la especificación DOT-39, cambiaron la antigua válvula por una unidireccional o de un solo sentido, que únicamente permite el retiro del gas del cilindro, mas no permite que sea rellenado o recargado. La válvula verde de los tanques identifica a los cilindros nuevos (los anteriores utilizaban una válvula de color negro). Por lo tanto, queda prohibido rellenar cilindros no recargables, por ser un acto peligroso.

REGLAS DE SEGURIDAD PARA EL TRANSPORTE DE CILINDROS CON GASES REFRIGERANTES

- ⊗ No golpear el cilindro, ni con el suelo, ni con un martillo u otra herramienta.
- ⊗ No calentar el cilindro con vapor o con un soplete de flama directa.
- ⊗ No transportar el cilindro, cargándolo de la válvula.
- ⊗ No tratar de reparar la válvula.
- ⊗ No bloquear el disco de ruptura.
- ⊗ No rellenar o recargar un cilindro desechable.
- ⊗ Al abrir la válvula, hacerlo despacio, y cerrar después de usarlo.
- ⊗ No utilizar cilindros oxidados o deteriorados.

CILINDROS PARA RECUPERAR REFRIGERANTE

Los cilindros para recuperar refrigerante deben de cumplir con las especificaciones DOT. Los pequeños (13.6 Kg. y 22. Kg.) están pintados de amarillo en el área del hombro del tanque (guarda de la válvula "Y"). El resto del cilindro debe ser de color gris. Sólo los cilindros para recuperar gas están identificados para utilizar refrigerantes usados. No utilizar cilindros diseñados para refrigerantes nuevos.

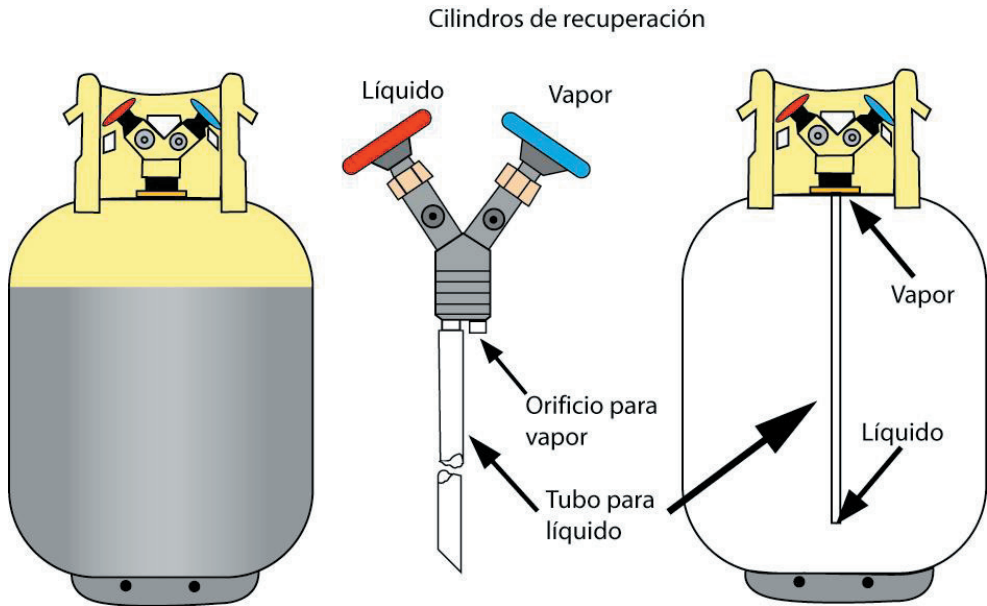


Ilustración 21. Componentes de un cilindro para recuperar refrigerante.

RELLENADO DE CILINDROS

Antes de rellenar un cilindro se deben buscar signos de daños. No se debe de rellenar un cilindro deteriorado. Tampoco se debe rellenar un cilindro que ya caducó. No deben rellenarse cilindros con más de 5 años de uso.

Los refrigerantes en fase líquida, usados o recuperados, se expanden cuando son expuestos a altas temperaturas. Si el cilindro se sobrecarga, la expansión térmica del líquido puede romperlo.

PROCEDIMIENTOS PARA DETECTAR FUGAS DE GASES REFRIGERANTES

Existen varios métodos para localizar fugas en un sistema de refrigeración. La gran mayoría son simples, unos son muy económicos, otros se basan en detectores de tecnología avanzada, lo cual es muy recomendable para realizar buenas prácticas.

MÉTODO PARA LOCALIZAR FUGAS CON DETECTOR ELECTRÓNICO

Si el sistema está presurizado, se tienen que limpiar todas las áreas donde se sospecha que se encuentra la fuga. Se debe de lijar el tubo, quitar pintura, restos de soldadura, aceite, grasa o agua. Estas últimas tres sustancias pueden contaminar la nariz del detector electrónico, ocasionando que éste se descomponga o envíe falsas alarmas o lecturas de detección de gas. En el caso del detector de propano, pueden ocasionar el cambio de color de flama y, al igual que el anterior, enviar falsas alarmas o lecturas de detección de gas. El vapor se puede desplazar por debajo de una capa de pintura, o del aislante de la tubería, saliendo por otra parte, lejos de donde se encuentra originalmente la fuga.

Una fuga de gas refrigerante es más fácil de detectar, si se deja que ésta se acumule. Corrientes de aire pequeñas pueden disipar la fuga. En muchas ocasiones es muy recomendable que se envuelva el sistema refrigerante con película plástica auto adherente para acumular ahí el gas, ya que de lo contrario va a ser muy difícil localizar la fuga.

En casos donde se tenga un bajo nivel de gas, debido a una fuga recurrente, se puede mezclar el nitrógeno gaseoso con el refrigerante. Se detiene el equipo y se eleva la presión del sistema con el nitrógeno, debiendo llevar al sistema al menos a 60 psi, de ambos lados y a no más de 120 psi. Para poder cargar el nitrógeno al sistema de refrigeración, se debe hacer a través de un regulador de nitrógeno, ya que hacerlo de manera directa, ocasionará daños

materiales y hasta puede ser mortal. En esta condición se comienza a buscar la fuga, de acuerdo con el procedimiento anterior. Cuando se hayan terminado de eliminar las fugas de gas, entonces se debe presurizar nuevamente el sistema con nitrógeno, y esperar 24 horas para poder determinar si quedó eliminada la fuga, antes de proceder a hacer el vacío al sistema.

Después de la prueba, el gas refrigerante mezclado con nitrógeno deberá de ser venteado del sistema. Este gas no se debe recuperar con la recuperadora. Está permitido liberar el gas refrigerante revuelto con el nitrógeno. Este procedimiento es válido cuando el gas sea el R-22.⁶

Después se ejecuta el proceso de vacío del sistema, llevando al equipo a los siguientes niveles:

- ⊗ **500 micrones, si se trabaja con aceite mineral o aceite alkilbenceno.**
- ⊗ **250 micrones, si se trabaja con aceite polioléster.**

Cuando se llegue al vacío respectivo se debe esperar con el sistema cerrado a que el manómetro de vacío mantenga la lectura, al menos 15 minutos. Si el vacío se empieza a perder, se tiene fuga del sistema o humedad en el mismo, se tendrá que continuar haciendo vacío o volver a presurizar el sistema hasta que funcione adecuadamente.

Los detectores mencionados antes son muy efectivos para localizar pequeñas fugas de gas, pero pueden ser poco efectivos en la localización de fugas en sistemas largos.

⁶ EPA Sección 608

PRUEBA DE JABÓN O BURBUJA

Este método es muy económico para localizar grandes fugas de gas.

DETECTOR DE FUGAS DE FLAMA CON GAS PROPANO

La flama cambia de color cuando detecta la presencia de gas refrigerante.

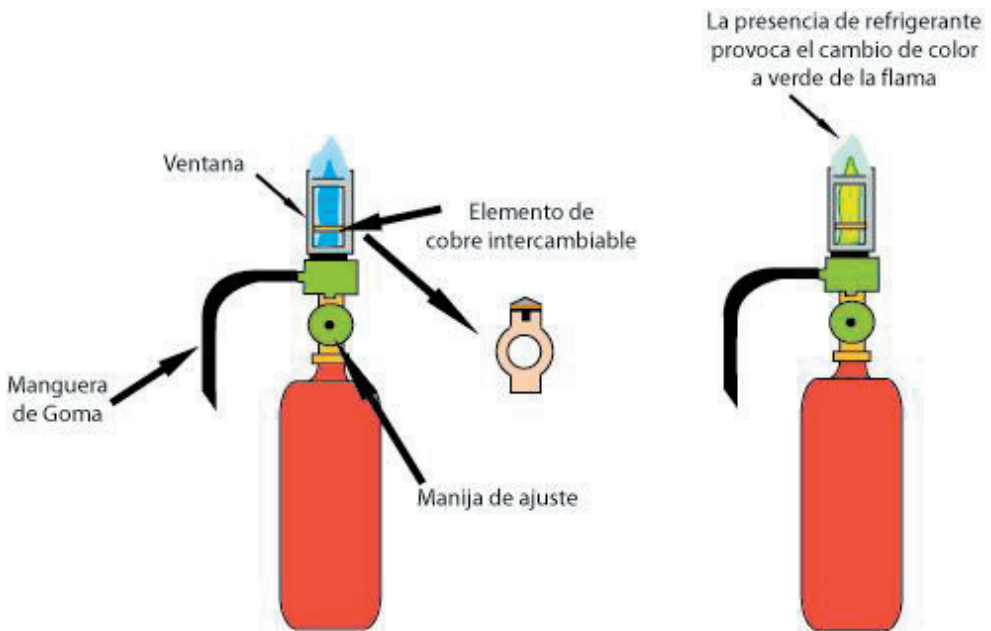


Ilustración 22. Detector de fugas de flama con gas propano.

TRAZADOR FLUORESCENTE

Este método se basa en la utilización de un medio contrastante o trazador en el sistema. Se inyecta al sistema y, utilizando una lámpara de luz azul ó negra, se apunta a la mirilla del cárter para determinar si se tiene suficiente trazador. Cuando cambia de tonalidad la mirilla a un color fluorescente, entonces se comienza a

hacer el recorrido por todo el sistema hasta localizar la fuga. Generalmente se deben esperar cuatro horas para darle tiempo al trazador a que pueda penetrar en la o las fugas y se puedan localizar con éxito, en donde estén.

Existen actualmente gases refrigerantes que ya vienen precargados con el trazador, y solamente se tendría que cargar el sistema con éstos y más tarde revisar el sistema. Al momento de terminar la elaboración del presente manual, estas versiones sólo están liberadas, y aprobadas para usarse en sistemas de aire acondicionado automotriz y sistemas de refrigeración o de media temperatura que utilizan R-134a.

PROCESO PARA PROBAR, LIMPIAR Y DESHIDRATAR UN SISTEMA

Muchos de los técnicos en campo no conocen lo perjudicial que puede ser para el sistema y para la calidad del servicio que ellos mismos brindan, el no hacer el vacío al sistema de la manera correcta, aunado a esto, no tienen la conciencia de las fallas potenciales que se pudieran presentar después de la puesta en marcha del equipo, ocasionando que el técnico regrese por una o varias llamadas de garantía por parte del cliente, y en los casos más graves se requerirá el cambio del compresor.

Muchos de los técnicos que ejecutan el proceso del vacío lo hacen usando otro compresor de refrigeración, que está hecho para bombear gas refrigerante, o lo hacen con el mismo compresor de refrigeración del sistema y habrá que mencionar que, generalmente, no se cuenta con el equipo de medición adecuado para poder saber si se hace el vacío correcto, según el tipo de lubricante con el que se esté trabajando.

Hay que analizar qué es lo que pasa si no se hace el vacío correcto al sistema.

Lo primero que ocurre es que se tiene la presencia de gases no condensables en el sistema, éstos ocasionan:

1. Que suba la temperatura en el lado de alta presión del sistema.
2. Que la válvula de la descarga se caliente más de lo debido.
3. Que se formen sólidos orgánicos, que ocasionen fallas en el compresor.

Lo segundo que puede pasar es que se tenga la presencia de humedad en el sistema, ésta ocasiona que:

1. Se pueda tener la presencia de hielo en el sistema. Esta situación puede provocar que se tape el elemento de control del mismo:
 - ⊗ Tubo capilar.
 - ⊗ Válvula de expansión.
2. Esta condición daña partes del compresor.

Si esta humedad se congela en el interior de la válvula de expansión y traba el mecanismo interno, se tienen dos síntomas:

1. La válvula de expansión no suministra suficiente gas refrigerante.

Esta condición se presenta si se traba la válvula cuando esté cerrada y los síntomas en el sistema son:

- ⊗ La temperatura de la carga que se está enfriando es alta. (Aire o agua que sale del evaporador).
- ⊗ El sobrecalentamiento en el sistema es alto.
- ⊗ La presión de la succión es más baja de lo normal.

2. La válvula de expansión suministra demasiado gas refrigerante.

Esta condición se hace presente si se traba la válvula cuando esté abierta y los síntomas en el sistema son:

- ⊗ Retorno de refrigerante líquido al compresor.
- ⊗ El sobrecalentamiento es demasiado bajo.
- ⊗ La presión de la succión es normal o más alta de la esperada.

Pero si se tienen aire y humedad atrapados en el sistema, se dan las condiciones para que le ocurra lo siguiente: al combinarse estos dos elementos con un gas refrigerante con cloro y flúor, y mediante

un proceso químico conocido como hidrólisis⁷, se obtienen ácidos clorhídricos y/o ácidos fluorhídricos, dependiendo del tipo de gas, además de lodos en el sistema. Esta combinación es letal para los compresores de tipo hermético y semihermético, ya que ocasiona anomalías prematuras en los motores eléctricos contenidos en el interior, atacando el barniz aislante, al grado de hacerlo fallar hasta que éste se vaya a tierra.

En el inicio se mencionó que, muchas veces, se hace el vacío con el propio compresor, ahora hay que revisar qué le pasa al compresor si se hace así:

1. Para empezar, se daña el aislante del compresor de manera importante, ya que una de las características que tienen los compresores herméticos y semiherméticos es que los motores eléctricos son enfriados con gas refrigerante, así que si se hacen trabajar sin su medio de enfriamiento, los devanados del motor se calientan y se comienza a dañar el compresor, y apenas se está poniendo en marcha el sistema.
2. Lo segundo que pasa es que, por ley física, las bobinas eléctricas producen arcos eléctricos sólo por el hecho de que circule una corriente eléctrica a través de ellas, cuando se encuentran en una condición de vacío.

Como se ha analizado anteriormente, no es correcto y no se debe hacer vacío con el compresor del sistema, ya que aparte de que no se logra llegar al vacío correcto, se calienta la bobina del motor y además se deja alguna de las condiciones descritas anteriormente, que ocasionan la falla prematura del compresor.

⁷ Descomposición de compuestos químicos por acción del agua.

Los fabricantes de compresores no otorgan ningún tipo de garantía, si la falla del compresor fuera ocasionada o derivada de la presencia de humedad en el sistema.

Luego entonces, se tiene que comprar una bomba de vacío. ¿Cuál es el tamaño correcto? ¿Cómo se va a seleccionar?, son las preguntas que se deben hacer para escoger la bomba de vacío que cubra las necesidades.

Se debe escoger la bomba de vacío de acuerdo con las toneladas de refrigeración del sistema, no afecta la longitud del mismo para seleccionar la adecuada. Los fabricantes de las bombas no especifican sus equipos tomando como base qué tan largo o corto sea el sistema, no importa si se hacen vacíos en las grandes tiendas de autoservicio o en pequeñas cámaras de refrigeración, ya que la velocidad con la que se efectúa el vacío depende de varios factores y algunos de ellos son:

1. La altura sobre el nivel del mar a la que se haga el proceso del vacío, ya que si se hace al nivel del mar, por ejemplo en Veracruz, el tiempo que se requiere para hacerlo es corto, si se hace, por ejemplo, en la ciudad de Toluca, el tiempo del proceso del vacío es largo, debido a que esta ciudad se encuentra a una altura de 2660 metros sobre el nivel del mar.
2. Un segundo factor es la temperatura ambiente a la que está expuesto el sistema, una técnica conocida para acortar el tiempo del vacío es precisamente elevar la temperatura del sistema por un medio externo, ya sea utilizando lámparas incandescentes, o por algún otro método que pueda incrementar la temperatura del equipo o de la instalación.
3. Hay que recordar que el objetivo del vacío es **eliminar la presencia de humedad y de gases no condensables del sistema.**



Ilustración 23. Bomba de vacío.

Por ejemplo, si se sabe que el sistema es de 40 toneladas de refrigeración, una forma de poder saber qué bomba se necesita es que por cada cfm (Cubic Feet Per Minute) (Pies Cúbicos Por Minuto) se pueden evacuar de una manera efectiva 7 toneladas de refrigeración, entonces se aplica una sencilla formula: Toneladas de refrigeración del sistema \div 7 = cfm's requeridos para evacuarlo.

En el ejemplo: 40 Toneladas de refrigeración \div 7 = 5.7 cfm's que equivaldría a una bomba de 6 cfm. Estos datos pueden variar según la marca, y la fórmula nos ayuda a determinar el tamaño más adecuado de la bomba de vacío.

Para saber que se llegó al vacío correcto, se debe usar un vacuómetro, para poder medir el vacío de una manera eficaz, ya que los manómetros utilizados en los múltiples servicios no pueden medir los micrones de vacío. En la actualidad, y con la presencia en

especial del aceite polioléster (POE), ha tomado gran importancia lograr el nivel correcto de vacío.

Existen varios tipos de vacuómetros que se pueden utilizar, pero los más comunes actualmente son los electrónicos que, entre otras ventajas, son muy resistentes algunos de ellos, y la otra, que no requieren de ningún tipo de calibración.

Cuando se hace vacío al sistema, lo que pasa es que la presión interna del mismo comienza a bajar, al grado que se modifica el punto de ebullición del agua provocando que ésta hierva y se evapore a temperatura ambiente. La bomba se encarga de succionar los gases y vapores y expulsarlos al exterior. Por otro lado, si no se tiene vacuómetro, se corre el riesgo de bajar tanto la presión del sistema que se podría modificar el punto de ebullición del aceite, provocando que éste comience a hervir o, bajo ciertas condiciones, ser expulsado al exterior del sistema. Por eso es muy importante recalcar: **el vacío correcto se alcanza midiendo y no por el tiempo que se deje la bomba trabajando en el sistema.**

Para poder hacer el vacío y eliminar rápidamente la humedad, se puede valer de ciertos procedimientos sencillos de ejecutar.

1. El primero de ellos es hacer un barrido con nitrógeno gaseoso para poder expulsar la mayor cantidad de humedad posible, básicamente soplándola al exterior del sistema, ya que se aprovecha la higroscopicidad⁸ del nitrógeno seco, el cual al ingresar al sistema se pone en contacto con las moléculas de vapor de agua que el proceso de vacío evapora, absorbiéndolo del aceite, de los materiales aislantes y gases no condensables contenidos en el sistema, humedeciéndose

⁸ Contenido de humedad en su forma comercial de 5 ppm.

el nitrógeno hasta su saturación⁹ con este vapor de agua, que luego acompaña al nitrógeno (que es muy higroscópico), durante su extracción en el siguiente proceso de vacío. Este procedimiento debe de hacerse con un cilindro de nitrógeno gaseoso y **con un regulador de nitrógeno para evitar accidentes**, debido a que sólo es un pequeño barrido con una presión de 2 a 3 libras.

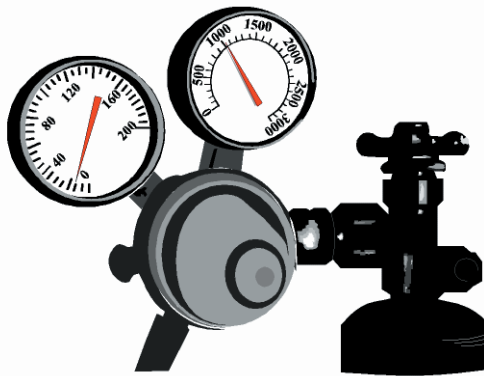


Ilustración 24. Regulador de Nitrógeno.

2. El segundo de ellos es que, al iniciar el proceso de vacío, se haga por los dos lados del múltiple, se conecta la bomba al centro, y deben permanecer abiertas ambas válvulas, de alta y de baja presión, hasta que se logre el vacío buscado.
3. El tercero es el ya antes mencionado, calentando el sistema con lámparas o por algún otro medio, para aumentar la temperatura de los tubos, evaporadores, condensadores, etcétera, para que la humedad se evapore.

⁹ Depende de la temperatura.

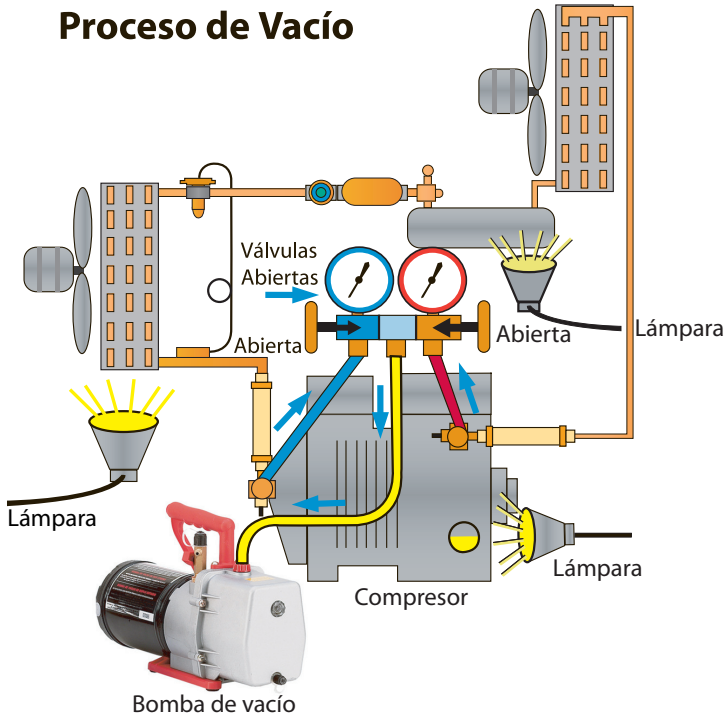


Ilustración 25. Proceso de vacío.

Este proceso es útil cuando el sistema es un enfriador de agua, y se tuviera la presencia de ésta en el interior, debido a que el evaporador se hubiera estrellado, el sistema fuera muy largo o se hubiera quedado abierto a la atmósfera por mucho tiempo.

Una vez que se esté listo para iniciar el proceso, se sugiere esta secuencia de operaciones:

1. Conectar la bomba de vacío al sistema.
2. Poner en marcha la bomba.

-
3. Detener cuando se tenga una lectura de 1,500 micrones.
 4. Romper el vacío con nitrógeno y presurizar el sistema a 2 libras/pulgada² y esperar de 30 a 60 minutos.
 5. Soltar el nitrógeno.
 6. Poner en marcha la bomba.
 7. Detener cuando se tenga una lectura de 1,500 micrones.
 8. Romper el vacío con nitrógeno y presurizar el sistema a 2 ó 3 libras/pulgada² y esperar de 30 a 60 minutos.
 9. Soltar el nitrógeno.
 10. Poner en marcha la bomba.
 11. Detener cuando se tenga una lectura de 500 ó 250 micrones, según sea el tipo de lubricante.
 12. Romper el vacío con el gas refrigerante.
 13. Cargar con gas el sistema.

Este procedimiento se conoce con el nombre de “triple evacuación”.

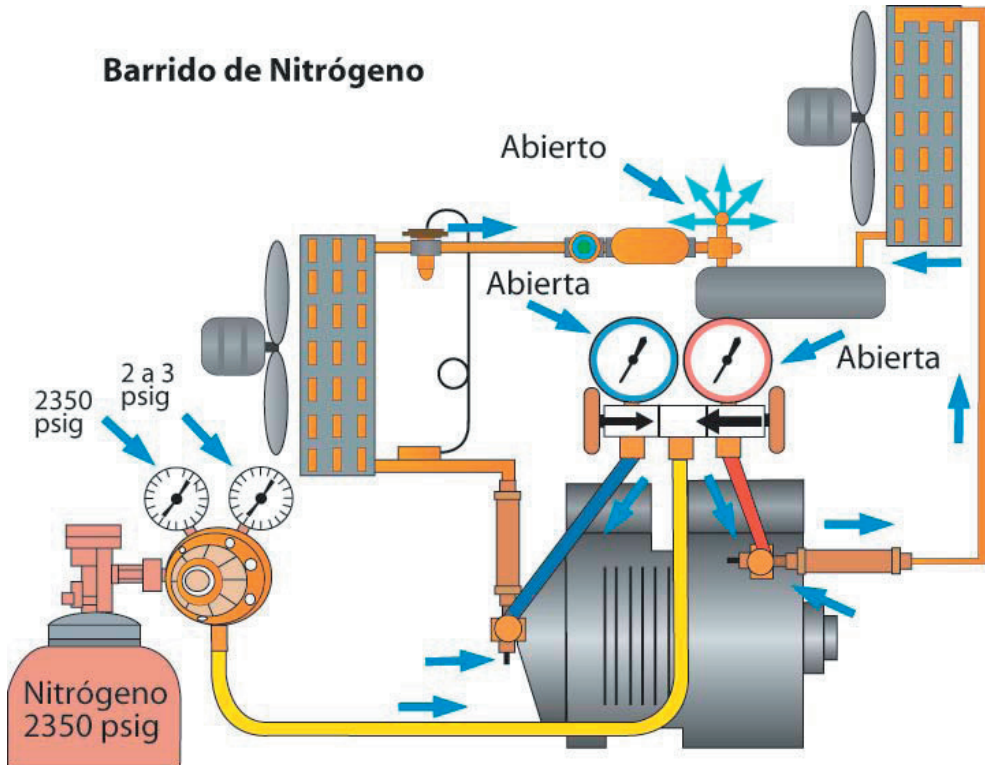


Ilustración 26. Esquema del barrido con nitrógeno.

Los vacíos a los que se debe llegar son:

- ⊗ **500 micrones si se trabaja con aceite mineral o aceite alkilbenceno.**
- ⊗ **250 micrones si se trabaja con aceite polioléster.**

Si durante el proceso, el aceite de la bomba de vacío se torna blanco o toma un aspecto lechoso, lo que se tiene que hacer es girar un cuarto de vuelta el *tapón gas ballast* (tapón de lastre) de la

bomba de vacío, para que esa humedad que está en el aceite se libere, una vez que el aceite tome su aspecto normal, se vuelve a cerrar el *tapón gas ballast*. No se debe de detener la bomba de vacío para no perder el avance del trabajo, en caso de que este procedimiento no fuera suficiente, entonces se recomienda detener el proceso, cambiar el aceite de la bomba, cuando esté caliente, recargar la bomba y continuar.



Ilustración 27. Bomba de vacío con manómetro electrónico de vacío.



Ilustración 28. Manómetro electrónico de vacío.

Es recomendable cambiar el aceite de la bomba después de cada vacío mientras esté caliente, ya que, si no se hace, los vacíos subsecuentes serán cada vez más lentos, además que la vida útil de la bomba se reducirá, debido a que se comienzan a oxidar las válvulas internas, perdiendo éstas el sello.

EL SOBRECALENTAMIENTO

En los procedimientos de adecuación de gases y de técnicas de diagnóstico de fallas se conoce un concepto que se llama sobrecalentamiento. Pero, ¿qué es el sobrecalentamiento? Éste se define como la diferencia de la temperatura medida a la salida del evaporador y la temperatura de la tabla P/T de los gases, es decir:

1. Se determina primero la presión de succión mediante la lectura del manómetro a la salida del evaporador. En instalaciones pequeñas o en equipos auto contenidos, la medición se puede hacer en la conexión de succión del compresor.
2. De las tablas P/T, se determina la temperatura de saturación, a la presión de succión observada.
3. Se toma la lectura de la temperatura del gas de succión, próximo al lugar donde se localiza el bulbo sensor remoto, de la válvula de expansión termostática.

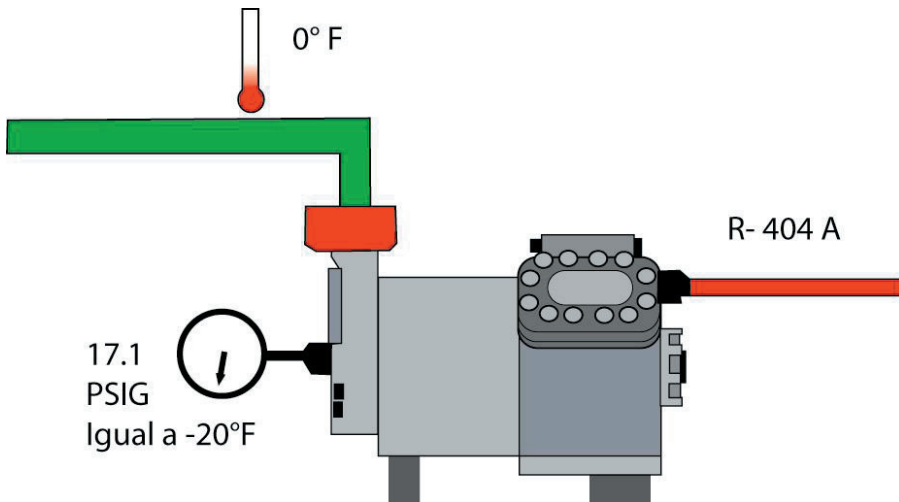


Ilustración 29. Diagrama para medir el sobrecalentamiento en un compresor.

4. Si la tabla P/T con la que se mida el sobrecalentamiento dice psi, es necesario sumarle 14.7 psi para convertir la presión absoluta en presión manométrica (psig).
5. Se resta la temperatura de saturación leída de las tablas, en el .paso N° 2, de la temperatura leída en el paso N° 3. La diferencia es el sobrecalentamiento del gas de succión.

¿Pero qué significa o por qué es tan importante el sobrecalentamiento?

Significa que es la condición en la cual el refrigerante, completamente evaporado, comienza a calentarse al absorber más calor y no existe más líquido que se evapore. Es decir, si se tiene un sobrecalentamiento correcto se va a lograr que el equipo opere eficientemente y además no va a existir el riesgo de que regrese líquido al compresor, ya que todo el gas que regrese a éste va a estar en fase de vapor. El sobrecalentamiento recomendado, según la aplicación a la salida del evaporador, es el siguiente:

- ⊗ Para temperatura alta:
(Temperatura de evaporación: cero grados centígrados o mayor).
El sobrecalentamiento debe estar entre los 6 y los 7 grados centígrados.
- ⊗ Para temperatura media:
(Temperatura de evaporación: -18 a 0 grados centígrados)
El sobrecalentamiento debe estar entre los 3 y los 6 grados centígrados.
- ⊗ Para temperatura baja:
(Temperatura de evaporación: debajo de -18 grados centígrados).
El sobrecalentamiento debe estar entre 1 y 3 grados centígrados.

Para todos los compresores de refrigeración, el sobrecalentamiento debe estar en 11° C ó 20° F para garantizar su funcionamiento correcto, independientemente de la aplicación y del tamaño. La lectura de temperatura debe hacerse en la succión del compresor. Este dato puede variar ligeramente dependiendo de la marca del mismo.

RECUPERAR, RECICLAR Y REGENERAR UN GAS REFRIGERANTE

Las siguientes definiciones aparecen en la guía 3-1990 de ASHRAE.

RECUPERAR. Significa remover el gas refrigerante en cualquier condición de un sistema y almacenarlo en un contenedor externo, sin analizarlo ni procesarlo.

RECICLAR. Es limpiar el gas refrigerante para volverlo a utilizar, retirándole el aceite, o haciéndolo pasar por múltiples dispositivos, tales como filtros deshidratadores, que reducen la humedad, la acidez y la presencia de sólidos. El término reciclar, usualmente se aplica a los procedimientos que se pueden implementar en sitio o en el taller de servicio.

REGENERAR (*RECLAIM*). Es el reproceso del gas refrigerante hasta que alcance *las especificaciones de un gas nuevo*. Este proceso utiliza destilación. Se requiere de un análisis químico del gas refrigerante para determinar que alcanzó las especificaciones. El término regenerar o *reclaim* implica el uso de procesos y procedimientos que solamente se pueden ejecutar en un equipo reprocesador o en la planta del fabricante.

CONSIDERACIONES DE LA DEFINICIÓN DE REGENERAR O *RECLAIM*

El análisis químico es un procedimiento clave al regenerar el gas. La frase *especificaciones de un gas nuevo*, significa practicar un análisis químico para asegurar que se alcanzaron las especificaciones de pureza de acuerdo con el Estándar 700 de ARI. A pesar de haber alcanzado los niveles de pureza, después de haber reprocesado el gas, puede decirse que el refrigerante NO se regeneró, a menos que se le haya practicado el análisis químico.

RECUPERACIÓN Y DESTRUCCIÓN

Cuando un refrigerante recuperado de equipos de refrigeración y aire acondicionado se encuentra contaminado o mezclado con otros refrigerantes, no es factible su reciclaje o regeneración y por lo tanto no se podrá volver a utilizar. La mejor opción para un refrigerante contaminado o mezclado es enviarlo a un proceso para su disposición final y destrucción.

Actualmente existen muchas tecnologías para la destrucción de refrigerantes CFCs y HCFCs; estas tecnologías fueron evaluadas y aprobadas por el Panel de Evaluación Técnica y Económica (TEAP, por sus siglas en inglés) del Protocolo de Montreal.

Tabla 12.
Tecnologías evaluadas y aprobadas por el TEAP para destrucción de CFCs y HCFCs.

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

Nota:

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

RECUPERAR Y REUTILIZAR EL GAS SIN PROCESARLO

En algunos casos, el gas recuperado de equipos de refrigeración o aire acondicionado puede estar en buenas condiciones y no necesitar ser reciclado o regenerado. En estos casos se recupera el gas, se realiza la reparación del equipo y se vuelve a recargar el mismo gas recuperado.

RECUPERAR Y RECICLAR EN SITIO

Cuando la operación deficiente de un sistema de refrigeración indica que el refrigerante puede tener un mal desempeño, éste debe ser procesado para retirar contaminantes. Este proceso se puede hacer con una recuperadora-recicladora.

MÉTODOS PARA RECUPERAR GASES REFRIGERANTES

Recuperar el gas refrigerante es el primer paso para reparar o darle servicio a un equipo de refrigeración. Este proceso significa transferir el gas refrigerante, desde el sistema de refrigeración, hasta un cilindro para recuperar gas. Si el refrigerante recuperado no está contaminado (a pesar de la quemadura de un compresor hermético o semihermético, u otra causa), se puede cargar nuevamente al sistema, después de que se haya terminado la reparación del mismo. Si el gas recuperado presenta impurezas, antes de recargarlo al sistema debe pasar por un proceso de reciclado en sitio.

Existen cuatro formas de recuperar el gas refrigerante:

1. Recuperar el refrigerante en fase líquida.

2. Recuperar el refrigerante en fase gaseosa.
3. Recuperar líquido y vapor, sin separar el aceite del refrigerante (éste se va al cilindro recuperador tal cual se saca del sistema).
4. Recuperar líquido y vapor, separando el aceite del refrigerante.

Cada una de estas formas tiene sus ventajas y sus desventajas:

La manera de *sólo líquido* es muy rápida de hacer, pero deja vapor en el sistema. En la forma de *sólo vapor*, la recuperadora retira todo el refrigerante, pero es considerablemente más lenta. Las recuperadoras que separan el aceite de sistemas de refrigeración o de aire acondicionado, no necesariamente son mejores de las que no lo hacen.

Algunos tipos de equipos de recuperación requieren de un vacío previo antes de cada uso, sobre todo cuando se va a cambiar de gas refrigerante, por ejemplo, si se recupera R-12 de un sistema, y se va a recuperar R-22 de otro sistema. Debemos utilizar otro tanque recuperador para el R-22 al que deberemos de hacerle un vacío previo de al menos 1000 micrones. También deberemos hacerle un vacío previo de 1000 micrones a nuestra maquina recuperadora.

Una vez que ya se preparó el equipo para recuperar gas, se inicia el procedimiento de recuperación.

PROCEDIMIENTOS PARA RECUPERAR GAS

Los cilindros recuperadores para refrigerante deben estar completamente vacíos antes de proceder a cargarlos con gas. Esto

evita que el gas recuperado se contamine con aire, humedad o remanentes del gas refrigerante que estuvo contenido anteriormente. Como antes se mencionó, se debe hacer un vacío al tanque recuperador de al menos 1000 micrones.

Para poder acelerar la recuperación de gas, se debe mantener frío el tanque recuperador durante todo el proceso. Esto se puede lograr colocándolo en una cubeta con hielo. Mientras más frío esté el tanque, la presión del gas disminuye, pero si el equipo de donde se está recuperando el gas está a una temperatura ambiente, entonces el proceso de recuperado es más lento.

Antes de comenzar la recuperación de gas debe revisarse la posición de todas las válvulas y, si aplica, constatar el nivel del aceite del compresor de la recuperadora. Es aconsejable recuperar el gas refrigerante líquido en un tanque receptor. Debe recuperarse el líquido primero y después el vapor. Recuperar el refrigerante en fase gaseosa deja aceite en el sistema, minimizando la pérdida del mismo.

Si el compresor del sistema no funciona, hay que entibiar el cárter del compresor. Esto ayuda a liberar el refrigerante atrapado en el aceite. Ilustración 30.

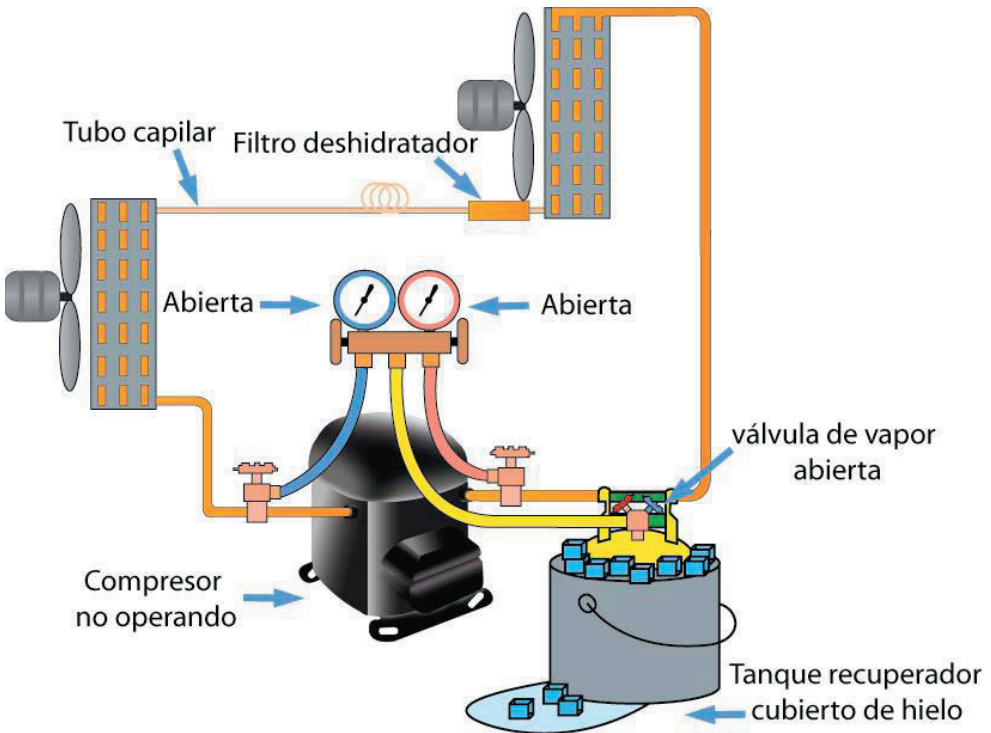


Ilustración 30. Diagrama para recuperar gas con compresor que no funciona.

Se tienen que instalar dos válvulas removibles, una para alta presión y otra para baja. El refrigerante migra y se condensa en el tanque recuperador. Con este método se recupera el 80% del gas y es aprobado por la EPA.

- ⊗ Recuperar el refrigerante de ambos lados, alta y baja, para poder lograr un vacío completo. Esta acción también ayuda a acelerar el proceso de recuperación de gas.

- ⊗ Si el compresor del sistema funciona, se debe encender y recuperar el gas del lado de alta presión.

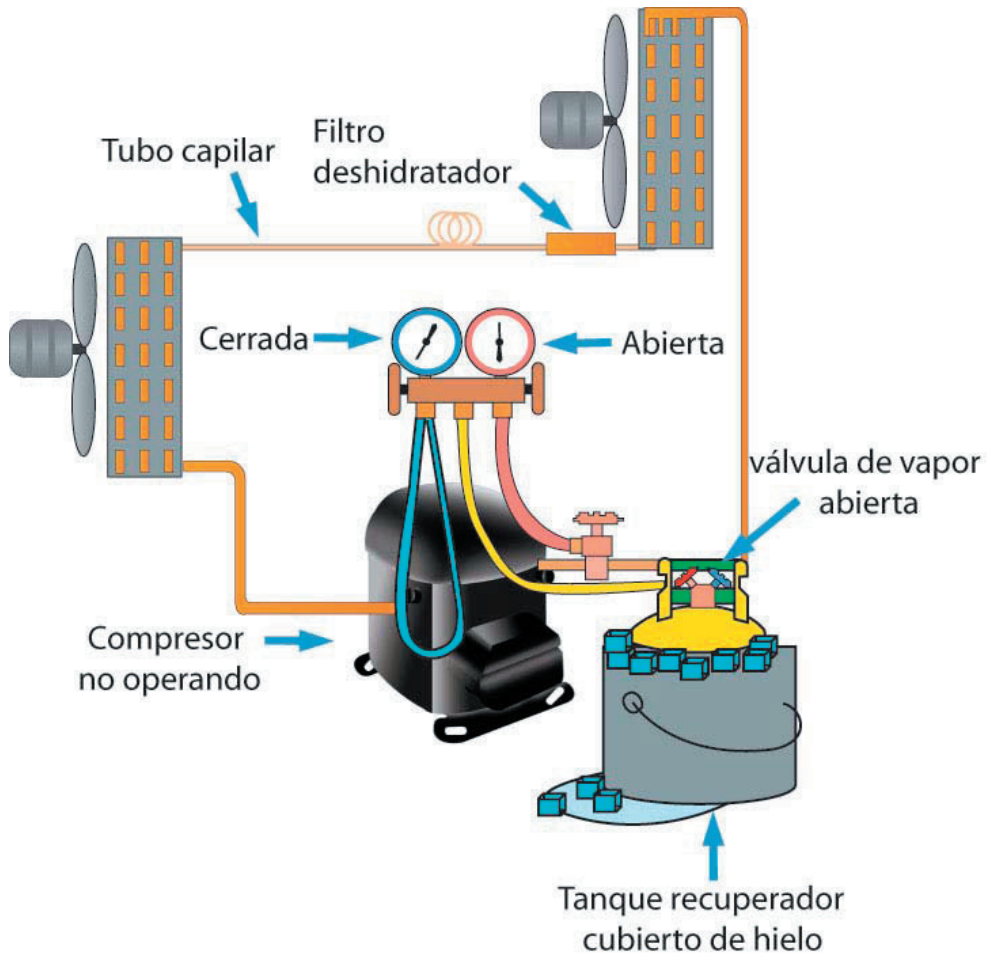


Ilustración 31. Diagrama para recuperar gas con compresor que si funciona.

-
- ⊗ Se instala una válvula removible en el lado de alta presión. Se pone en marcha el compresor y se recupera el gas refrigerante.
 - ⊗ El tanque recuperador frío condensa el gas, que es recuperado en un 90% por este método y es aprobado por la EPA.

RECUPERACIÓN EN FASE GASEOSA

Este procedimiento, por lo general es el más lento ya que el flujo de gas refrigerante es menor en fase gaseosa. En los grandes sistemas de refrigeración esto exige más tiempo que cuando se transfiere líquido.

Se debe tener presente que las mangueras de conexión entre la máquina recuperadora, el sistema de refrigeración y el tanque recuperador deben ser de la longitud mínima posible, así como del diámetro interior máximo posible, con la finalidad de contribuir a aumentar el rendimiento del proceso.

El refrigerante, en fase de vapor, es normalmente aspirado por la succión de la máquina recuperadora y, una vez condensado, es enviado al tanque recuperador.

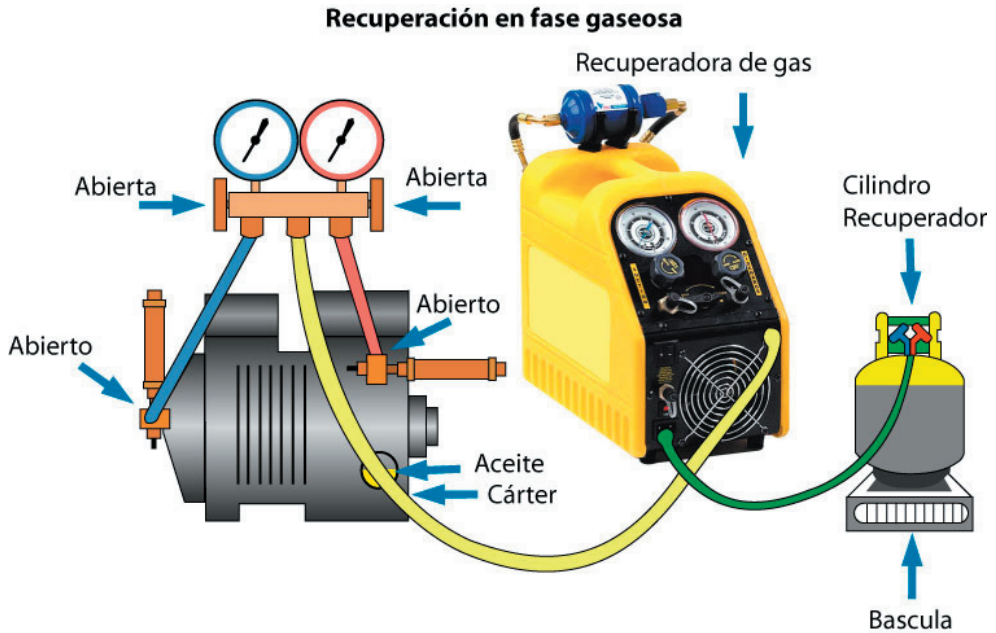


Ilustración 32. Diagrama para recuperar gas en fase gaseosa.

Hay dos formas de conectar la máquina para recuperar vapor, según sea el caso:

- ⊗ En el juego de manómetros de los dos lados del compresor. (Sistemas comerciales medianos).
- ⊗ Sólo del lado de baja, donde hay que instalar una válvula pinchadora para extraer el refrigerante, y la cantidad a recuperar es pequeña. (Refrigeradores domésticos, aires acondicionados de baja capacidad, congeladores pequeños).

RECUPERACIÓN EN FASE LÍQUIDA

Debido a que los compresores recíprocos sólo pueden trabajar con gas refrigerante en fase gaseosa, es necesario evaporarlo todo y extraerlo del sistema antes de que llegue al compresor. Para

evaporar el refrigerante que se encuentre en fase líquida en el sistema, es necesario agregarle calor, lo cual debe hacerse mediante prácticas seguras.

Ejemplos:

- ⊗ Mantener operando los ventiladores del evaporador.
- ⊗ En el caso de los enfriadores de agua industriales, mantener agua circulando (lo cual, adicionalmente, previene que se congele).

En caso de que la máquina de recuperación no tenga un sistema de evaporación, se debe proteger contra la llegada de refrigerante líquido utilizando el juego de manómetros para ir dosificando, mediante las válvulas de operación, su ingreso desde el sistema a la máquina (utilizándolas como si fueran un dispositivo de expansión) durante las etapas iniciales de la recuperación.

El refrigerante líquido puede ser recuperado por técnicas de decantación, separación o “*push/pull*” (succión y retroalimentación), 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.

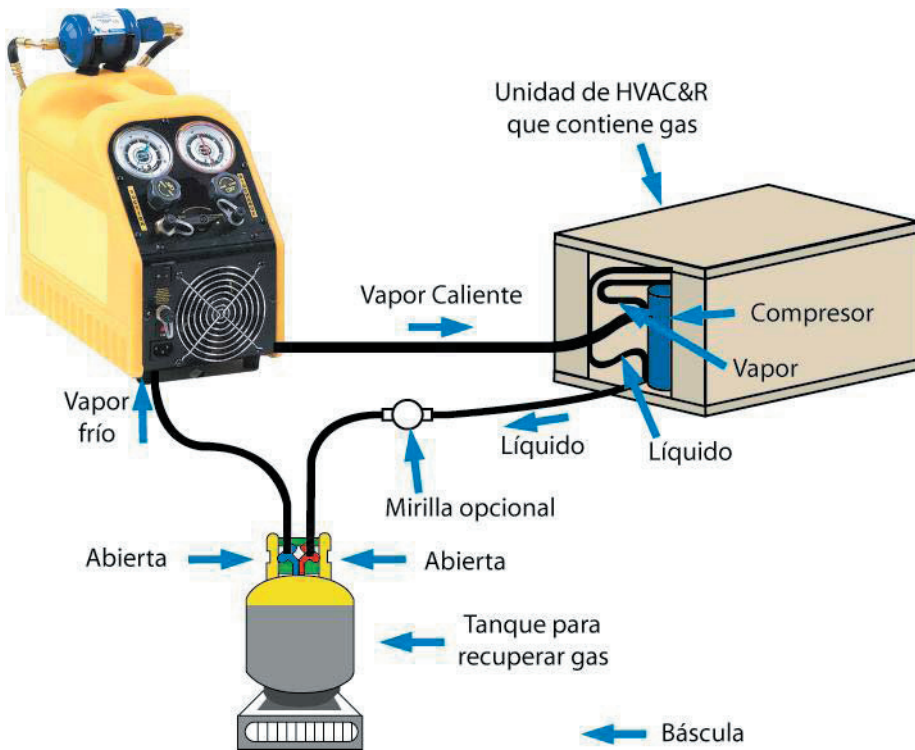


Ilustración 33. Diagrama para recuperar gas en conexión Push/Pull.

Se conecta una manguera desde el puerto de líquido de la unidad, cuyo refrigerante se requiere extraer, a la válvula de líquido en el tanque recuperador. Se conecta otra manguera desde la válvula de

vapor del tanque recuperador a la entrada de la succión de la máquina recuperadora y, finalmente, se conecta una tercera manguera desde la salida o la descarga de la máquina recuperadora al puerto de vapor del equipo.

El tanque recuperador succionará el refrigerante líquido (movimiento *pull*) de la Unidad de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración (HVAC&R – Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration) desactivada, cuando la máquina recuperadora haga disminuir la presión del cilindro. El vapor succionado del tanque recuperador por la máquina recuperadora será entonces empujado de vuelta (movimiento *push*), es decir, comprimido hacia el lado que corresponde al vapor en la unidad de HVAC&R desactivada.

Una vez que la mayoría del refrigerante haya sido cargado del sistema al tanque recuperador, la máquina recuperadora comenzará a ciclar, 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 ciclando y se detenga por completo, eso indica que se ha recuperado todo el refrigerante posible del sistema.

No se debe utilizar el método “*push/pull*”:

- ⊗ Si el sistema o equipo tienen una carga menor de 9 kilos ó 20 libras, de gas refrigerante.
- ⊗ Si el equipo es una bomba de calor u otro sistema en donde el refrigerante líquido pudiera quedar aislado.
- ⊗ Si el equipo tiene un acumulador entre los puertos de servicio, utilizados para recuperar líquido.
- ⊗ Si ha ocurrido una migración de refrigerante líquido, y se desconoce su ubicación.
- ⊗ Si el diseño de la tubería en el equipo no permite crear una columna sólida de líquido.

Si se utiliza el método “*push/pull*”:

- ⊗ Se necesita una mirilla, para poder saber que se terminó de recuperar todo el líquido.
- ⊗ Tener una tercera manguera lista, ya que será necesaria.
- ⊗ Después de haber retirado todo el líquido, se deben reconfigurar las mangueras para recuperar vapor, ya que este método no hace un vacío en el sistema.

MÉTODO LÍQUIDO Y VAPOR

Es importante saber el tipo y la cantidad de gas refrigerante que se va a recuperar. Siempre que sea posible, previamente hay que retirar las válvulas pivote o válvulas *Schrader* de los puertos de servicio. Es buena práctica de refrigeración utilizar mangueras con válvulas de bola integradas. Siempre es mejor tratar de retirar primero el líquido del sistema y después el vapor restante. Esta acción acelera la velocidad de recuperación del gas.

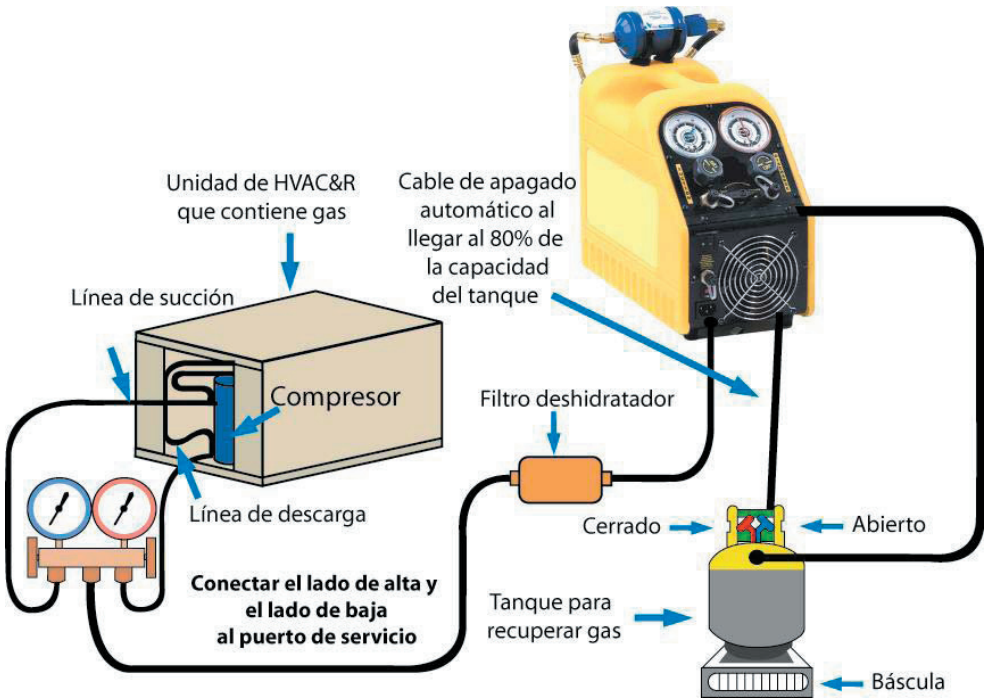


Ilustración 34. Diagrama para recuperar gas en conexión líquido y vapor.

Con grandes cantidades de refrigerante, es mejor utilizar el método “*push/pull*”, ya que es tres veces más rápido que hacerlo directamente. Cuando sea posible, es recomendable recuperar gas del lado de alta y del lado de baja presión del sistema y utilizando mangueras cortas para el servicio. Mangueras largas aumentan el tiempo del proceso.

Si al comenzar a retirar líquido del sistema, el compresor suena hay que saber que eso lo daña reduciendo notablemente su vida útil. Es poco usual que pase, y no debe ocurrir bajo un procedimiento normal.

Siempre debe hacerse la recuperación del lado de vapor en el tanque recuperador, esto reduce la posibilidad de la presencia de refrigerante líquido remanente en las líneas. Hacerlo así garantiza un proceso más limpio. Durante la recuperación de gas, al momento de retirar las mangueras, pudiera salir una línea de refrigerante líquido al terminar.

El utilizar un filtro deshidratador en todos los procesos descritos, es una protección para la máquina recuperadora. Esta recomendación adquiere relevancia, en particular, cuando se recupere gas refrigerante de un sistema en que se quemó un compresor. Su posición se observa en la Ilustración 34.

SEGURIDAD

Deben tenerse presentes las siguientes recomendaciones, cuando se trabaje con equipo para recuperar gas refrigerante:

- ⊗ Utilizar cilindros para recuperar gas con la certificación DOT (Department Of Transportation). Estos cilindros se tienen que probar cada 5 años.
- ⊗ Utilizar cilindros vacíos y con un vacío de al menos 1000 micrones.

-
- ⊗ No debe cargarse el cilindro más allá del 80% de su capacidad. Si existe la posibilidad de que pueda estar expuesto a una temperatura mayor de 54° C (130° F), sólo debe llenarse hasta el 60% de su capacidad. Esta acción permitirá que el refrigerante se expanda cuando el cilindro se caliente.
 - ⊗ Si no se deja el espacio suficiente, cuando el refrigerante se expanda puede ocasionar que el cilindro explote.
 - ⊗ Dependiendo del equipo para recuperar gas que se tenga, existen diferentes métodos para determinar que se llegó al 80% de su capacidad:
 - ⊕ Se puede calcular utilizando una báscula.
 - ⊕ También se puede hacer con un tanque con flotador integrado o conectarse al dispositivo de apagado (*Shutoff*) del tanque.
 - ⊗ Debe tenerse cuidado de no dejar refrigerante líquido atrapado en las válvulas.
 - ⊗ No se deben de mezclar los refrigerantes.
 - ⊗ Se debe marcar el tipo del gas refrigerante contenido en el cilindro recuperador y, si se tienen varios, hay que etiquetarlos con nombre del gas que generalmente tienen.
 - ⊗ Los cilindros deben manejarse con cuidado. No azotarlos o golpearlos contra el piso. Siempre deben mantenerse en posición vertical. Amarrar o encadenar el tanque para evitar que se caiga. NUNCA debe calentarse un cilindro con un soplete de flama abierta.

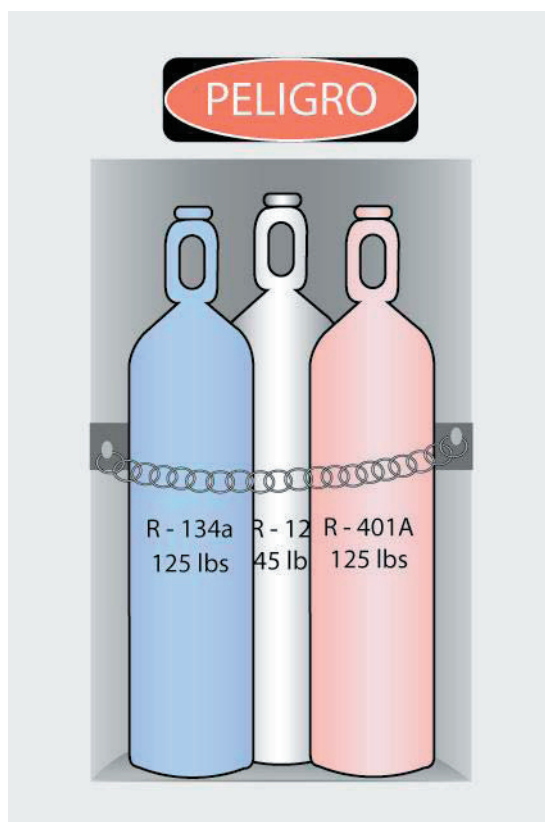


Ilustración 35. Almacenamiento seguro de tanques.

TABLA DE CAMBIOS DE GASES

Tabla 13.
Gases refrigerantes usados para sustituir a los CFCs

	Refrigerante	Sustituye	Lubricante	Comentario
	CFC R-12		AB o MIN	
	HFC R-22		AB o MIN	
	CFC + HCFC R-502		AB o MIN	
Refrigerantes Transitorios	HCFC R-401A	R-12	AB	Cambio fácil.
	HCFC R-401B	R-12	AB	Cambio fácil.
	HCFC R-402A	R-502	AB	Cambio fácil.
	HCFC R-402B ¹⁰	R-502	AB	Cambio fácil.
	HCFC R-408A	R-502	AB	Cambio fácil.
	HCFC R-409A	R-12	AB	Cambio fácil.
Refrigerantes Libres de Cloro	HFC R-134a	R-12	POE	Cambio difícil. No se recomienda en sistema de compresor hermético.
	HFC R-404A	R-502	POE	Cambio difícil. No se recomienda en sistema de compresor hermético.
	HFC R-507	R-502	POE	Cambio difícil. No se recomienda en sistema de compresor hermético.
	HFC R-407C	R-22	POE	Cambio difícil. No se recomienda en sistema de compresor hermético.
	HFC R-410A	R-22	POE	No se debe de hacer, debido a que trabaja con una presión mayor a la del R-22.

¹⁰ Sólo aplicar en máquinas cubicadoras de hielo.

TABLA DE APLICACIÓN DE LOS GASES MÁS COMUNES

Tabla 14.
Aplicación de los refrigerantes más comunes

	Refrigerante	Temperatura	Aplicación
	CFC R-12	B y M	Refrigeración doméstica, A/A automotriz
	HCFC R-22	A, M y B	A/A, bombas de calor, cámaras de refrigeración y de congelación
	HCFC + CFC R-502	B	Cámaras de congelación, refrigeración de equipos móviles, cubicadoras de hielo
Refrigerantes Transitorios	HCFC R-401A	M y A	Refrigeración doméstica, equipos de refrigeración y A/A (R-12)
	HCFC R-401B	B y M	Equipos de congelación, refrigeración de equipos móviles (R-12)
	HCFC R-402A	B y M	Cámaras de congelación (R-502) y cámaras de refrigeración
	HCFC R-402B ¹¹	B y M	Sólo usar en cubicadoras de hielo (R-502)
	HCFC R-408A	B y M	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración
	HCFC R-409A	B y M	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración, A/A no centrífugo (R-12 ó R502)
Refrigerantes Libres de Cloro	HFC R-134a	M y A	Refrigeración doméstica y comercial, A/A y A/A automotriz
	HFC R-404A	M y B	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración y cubicadoras de hielo (R-502) ó (R-22)
	HFC R-507	M y B	Cámaras de congelación, cámaras de refrigeración y cubicadoras de hielo (R-502) ó (R-22)
	HFC R-407C	M y A	Aire acondicionado, enfriadores de líquido
	HFC R-410A	M y A	A/A y bombas de calor (sólo equipo nuevo)

¹¹ Sólo aplicar en máquinas cubicadoras de hielo.

Referencias Tabla 11 y 12

MIN	Aceite Mineral
AB	Aceite Alkilbenceno
POE	Aceite Polioléster
B	Baja Temperatura
M	Media Temperatura
A	Alta Temperatura

CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA ANTES DE PROCEDER A UN CAMBIO DE GAS

1. No se recomienda el cambio de gas refrigerante en sistemas en donde los compresores hayan sido fabricados antes de 1973. Esto se debe a diferencias en los materiales usados para aislar al motor, cuya compatibilidad con los nuevos refrigerantes y lubricantes no ha sido evaluada.
2. En sistemas largos se recomienda no cambiar el aceite a las 24 horas, es mejor esperar unos cinco días, para impregnar todo el sistema más eficientemente con el nuevo lubricante.
3. Es importante considerar que los refrigerantes con un potencial alto de agotamiento PAO de la capa de ozono, ya no estarán disponibles en el mercado, por lo que es necesario hacer la reconversión o sustitución de refrigerantes, para usar únicamente los que tengan un PAO bajo o nulo.
4. Cuando se tenga el caso de un sistema de refrigeración o de aire acondicionado con compresor hermético de R-12 sin gas, precargado con aceite alkilbenceno, sólo se tiene que hacer vacío y proceder a cargarlo con una mezcla, de acuerdo al procedimiento descrito en el presente manual.

5. Cuando se tenga un caso como el anterior, pero con un compresor sin gas, precargado con aceite mineral, debe retirarse el compresor, sacar el aceite, cargar con alquilbenceno y seguir el proceso de acuerdo con el procedimiento descrito en el presente manual.

PRINCIPALES REGLAS A SEGUIR PARA REALIZAR EL CAMBIO DE GASES CFC A MEZCLAS

Para realizar el cambio de los siguientes refrigerantes:

De CFC-12 a:

MP-39 (R-401A), MP-66 (R-401B) o FX-56 (R-409A)

De CFC-502 a:

HP-80 (R-402A), HP-81 (R-402B) o FX-10 (R-408A)

Se deben observar las siguientes reglas básicas, para garantizar que el procedimiento se realizó adecuadamente y el equipo operará en condiciones iguales o equivalentes a las que tenía con el refrigerante anterior.

1. **Registro de la información inicial del sistema antes del cambio de gas.** Se debe registrar la información sobre el funcionamiento del sistema, antes de la adecuación, para establecer las condiciones operativas normales del equipo. La información debe incluir mediciones de temperatura y presión en todo el sistema, incluyendo el evaporador, la succión y descarga del compresor, el condensador y el aparato de expansión. Estas mediciones serán útiles al ajustar el sistema con el gas nuevo durante la adecuación.
 - 1.1. Debe corregirse cualquier deficiencia y registrar la información final como base de funcionamiento. Buscar fugas de gas, sin descargar el gas refrigerante y, si las hay, marcarlas para repararlas, si es posible en ese momento, si no lo es, entonces más adelante, cuando se haga la prueba a presión para ese propósito.
 - 1.2. Es necesario sacar completamente el aceite mineral. Para una buena operación del compresor, no debe quedar más del 5% de éste. Actualmente, la mayoría de los compresores están cargados con aceite alkilbenceno, pero en caso

contrario, será necesario darle un barrido al sistema para eliminar el aceite mineral que pudiera estar en su interior.

2. **Compresores o sistemas con válvulas de servicio**

2.1. **Desconectar la corriente eléctrica al sistema.**

2.2. **Retirar el refrigerante, utilizando una máquina recuperadora certificada**, capaz de cubrir o exceder los niveles requeridos de evacuación. La carga deberá ser depositada en un cilindro de recuperación. **NO SE DEJE ESCAPAR EL REFRIGERANTE.**

2.3. Para los sistemas con tanque recibidor, lo más sencillo es recoger el gas del sistema y almacenarlo en él, y el que quede atrapado en el condensador se retira con la máquina recuperadora de gas.

2.4. **Sacar el lubricante del compresor.** Si el sistema tiene componentes herméticos, se deben de inclinar para drenarlos. Se puede utilizar nitrógeno gaseoso en este proceso, para dar un barrido al sistema, ya que este es el único método aprobado a nivel mundial que no tiene efectos dañinos al medio ambiente.

2.5. A los sistemas con separadores de aceite, acumuladores de succión, flotadores de aceite o depósitos de aceite, se les debe drenar el aceite que contienen. Se debe volver a llenar el separador de aceite y/o el depósito de aceite con alquilbenceno.

2.6. **Medir y registrar el volumen de lubricante retirado del sistema.** Comparar esta cantidad con la recomendada por el fabricante para asegurar que se ha retirado la mayor parte del mismo. Este volumen sirve como guía para determinar la cantidad de lubricante alquilbenceno a agregar al compresor.

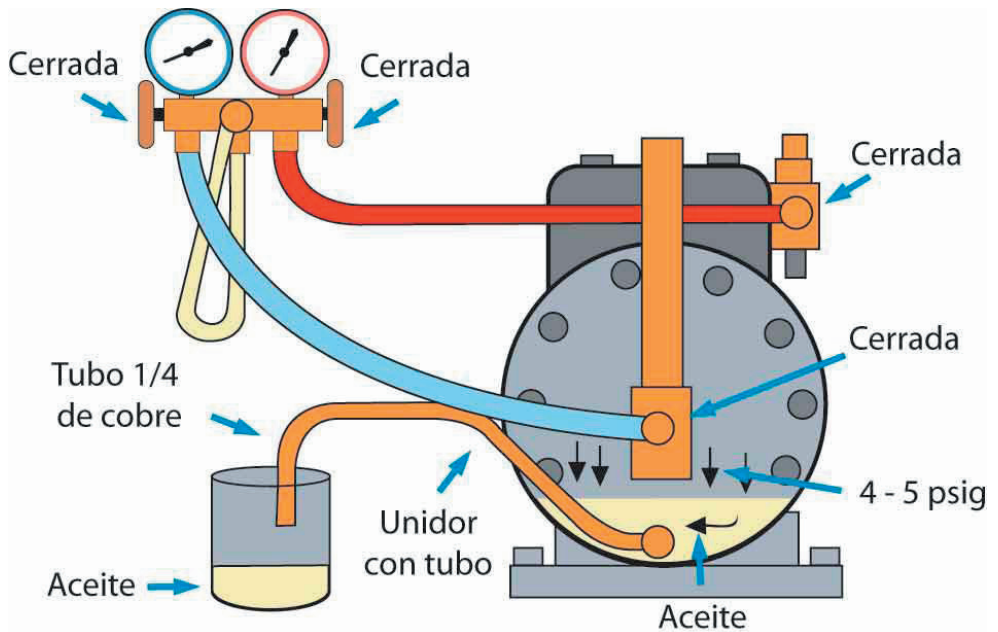


Ilustración 36. Diagrama de cambio de aceite en un compresor semihermético enfriado por aire.

- 2.7. **Cambiar el desecante** por un filtro deshidratador, que sea compatible con la mezcla que se va a cargar al sistema.
- 2.8. **Buscar la presencia de fugas de gas en el sistema.** Revisar posibles fugas siguiendo las prácticas normales de servicio descritas anteriormente. Ese es el momento indicado para reparar las fugas que se encontraron al inicio del procedimiento.
- 2.9. **Cargar el aceite al sistema.** Este proceso se debe hacer antes de proceder con el vacío final, ya sea cargándolo con una bomba de aceite o con el vacío mismo que tiene el sistema. No se debe de cargar con embudo, ya que tiene que evitarse el contacto del lubricante con el medio ambiente, pues esto ocasiona que éste haga burbujas de aire que van al cárter del compresor.

2.10. **Reconectar y evacuar el sistema**, según el proceso de vacío descrito anteriormente. *Hay que recordar que cuando se trabaja con aceite alquilbenceno, el nivel de vacío a lograr es de 500 micrones.*

3. Compresores o sistemas sin válvulas de servicio

3.1. **Desconectar la corriente eléctrica al sistema.**

3.2. **Retirar el refrigerante utilizando una máquina recuperadora certificada**, capaz de cubrir o exceder los niveles requeridos de evacuación. La carga debe ser depositada en un cilindro de recuperación. **NO SE DEJE ESCAPAR EL REFRIGERANTE**, ya que se volverá a cargar al sistema.

3.3. **Sacar el lubricante del compresor.** Si el sistema tiene componentes herméticos, se deberán de inclinar para drenarlos. Se puede utilizar nitrógeno gaseoso en este proceso, para dar un barrido al sistema, ya que este es el único método aprobado a nivel mundial que no tiene efectos dañinos al medio ambiente.

3.4. **Medir y registrar el volumen de lubricante retirado del sistema.** Se compara esta cantidad con la recomendada por el fabricante para asegurar que se ha retirado la mayor parte del mismo. Este volumen también sirve como guía para determinar la cantidad de lubricante alquilbenceno a agregar al compresor.

3.5. **Cambiar el desecante** por un filtro deshidratador que sea compatible con el gas que se va a cargar al sistema.

3.6. **Buscar la presencia de fugas de gas en el sistema.** Revisar posibles fugas siguiendo las prácticas normales de servicio descritas anteriormente. Ese es el momento indicado para reparar las fugas que se encontraron al inicio del procedimiento.

3.7. **Cargar el aceite al sistema.** Este proceso se debe hacer antes de proceder con el vacío final, ya sea cargándolo con

una bomba de aceite o con el vacío mismo que tiene el sistema. No se debe de cargar con embudo, ya que tiene que evitarse el contacto del lubricante con el medio ambiente, pues esto ocasiona que éste haga burbujas de aire que van al cárter del compresor.

- 3.8. **Reconectar y evacuar el sistema**, según el proceso de vacío descrito anteriormente. *Se debe recordar que cuando se trabaja con aceite alquilbenceno, el nivel de vacío a lograr es de 500 micrones.*
4. Al cargar el sistema con gases refrigerantes de serie 400, es importante recordar que estos productos son mezclas y no azeótropos. Por tal motivo requieren procedimientos de carga especiales, con el fin de asegurar un funcionamiento óptimo.
5. Al utilizar una mezcla de serie 400 es esencial que se haga retirando sólo líquido del cilindro. Nunca se carga el sistema con vapor extraído de un cilindro de una mezcla de serie 400. Cargar vapor puede dar como resultado una composición incorrecta del refrigerante y provocar un bajo desempeño del sistema.

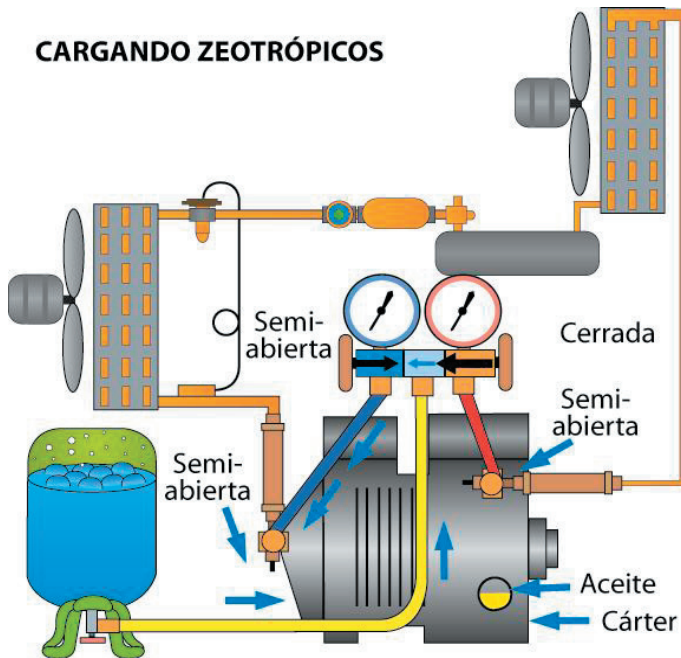


Ilustración 37. Diagrama para cargar gases zeotrópicos (serie 400).

6. Cargar el sistema con el gas.
7. Cargar el sistema al 85% de la cantidad de refrigerante que se retiró al iniciar el procedimiento.
8. Hacer operar el sistema, registrar todos los datos y compararlos con los que se recolectaron al iniciar el procedimiento. La mayoría de los sistemas con válvulas de expansión comunes utilizan CFC-12 ó CFC-502.

Si el sistema tiene tubo capilar:

9. En la mayoría de los casos se puede operar la unidad con el tubo capilar original con una cantidad menor de gas. La

- operación puede ser satisfactoria si se espera a que las condiciones ambientales sean relativamente constantes. En caso contrario, se puede presentar un funcionamiento no satisfactorio a temperaturas de condensación altas y bajas.
10. Si se utiliza el tubo capilar original, generalmente es necesario cargar el sistema con una cantidad menor para evitar una retroinundación de líquido hacia el compresor. Los sistemas que se cargan con mezclas de serie 400 requieren de una cantidad menor en comparación con aquellos que utilizan el CFC-12 o el CFC-502. Se recomienda cargar inicialmente el sistema con 75% del peso de la carga original del CFC. Para aplicaciones de refrigeración de temperatura media, si la carga original de CFC era de 100 lb., cárguense inicialmente 75 lb. de la mezcla.
 11. Entre los problemas potenciales se incluye una retroinundación de líquido y una sobrecarga del motor a temperaturas de condensación altas, así como una pérdida del sello de líquido que entra al tubo capilar a temperaturas de condensación bajas.
 12. Si se necesita cambiar el tubo capilar es conveniente reemplazarlo con uno de mayor restricción para lograr un funcionamiento satisfactorio, sobre el rango completo de las condiciones del diseño. Se recomienda consultar con el fabricante del equipo, siempre que sea posible.
 13. Si no se tiene disponible la información del fabricante, el enfoque sugerido es reemplazar el tubo capilar por uno del mismo diámetro pero con una longitud 50% mayor. Por ejemplo, si el tubo capilar del sistema con CFC-12 tiene una longitud de 40 pulgadas, la longitud óptima para el MP-39 y el MP-66 debe ser de aproximadamente 60 pulgadas.
 14. Se debe utilizar una válvula de obturación para controlar el flujo de refrigerante en el extremo de succión, con el fin de asegurar que el líquido sea convertido a vapor antes de entrar al sistema.

NOTA: Para evitar daños al compresor, no se debe cargar líquido directamente al puerto de servicio del mismo.

15. La carga debe ser generalmente de alrededor del 90%, con respecto al peso de la carga original de CFC en sistemas con válvula de expansión o tubo capilar optimizado. Si se utiliza el tubo capilar original es necesario cargar el sistema por debajo de la cantidad requerida, para evitar una retroinundación de líquido hacia el compresor.

USO DEL REFRACTÓMETRO

Cuando se hace un cambio de gas refrigerante CFC o un HCFC a un HFC, debe retirarse todo el aceite mineral o todo el aceite alquilbenceno, según sea el caso, y sustituirlo por el aceite polioléster.

El aceite mineral o alquilbenceno residual en un sistema, ocasiona problemas de transferencia de calor en el evaporador. Se ha determinado que un 5% de presencia del lubricante anterior combinado con el aceite polioléster en el sistema, es permitido.

Antes de utilizar el refractómetro hay que esperar a que se alcance una temperatura ambiente de entre los 15°C (60°F) y los 27°C (80°F), antes de tomar cualquier lectura. Un instrumento frío no sólo es difícil de leer, sino que el vapor o niebla en la mirilla, la tapa y el prisma, dan como resultado lecturas elevadas y equivocadas.

Si el sistema que vamos a revisar está en el exterior, y la temperatura ambiente es menor a los 15°C, el refractómetro se debe llevar a un ambiente en donde la temperatura sea de las características antes mencionadas.

Procedimiento de uso:

1. Levantar la tapa Ilustración 38 y colocar varias gotas del polioléster en la superficie del prisma.

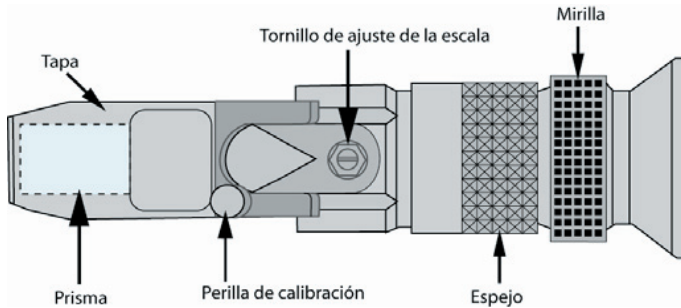


Ilustración 38. Refractómetro.

2. Cerrar la tapa hasta que toque el prisma. Revisar que en la tapa, la muestra de poliéster se expanda por completo sobre el prisma (Ilustración 39).

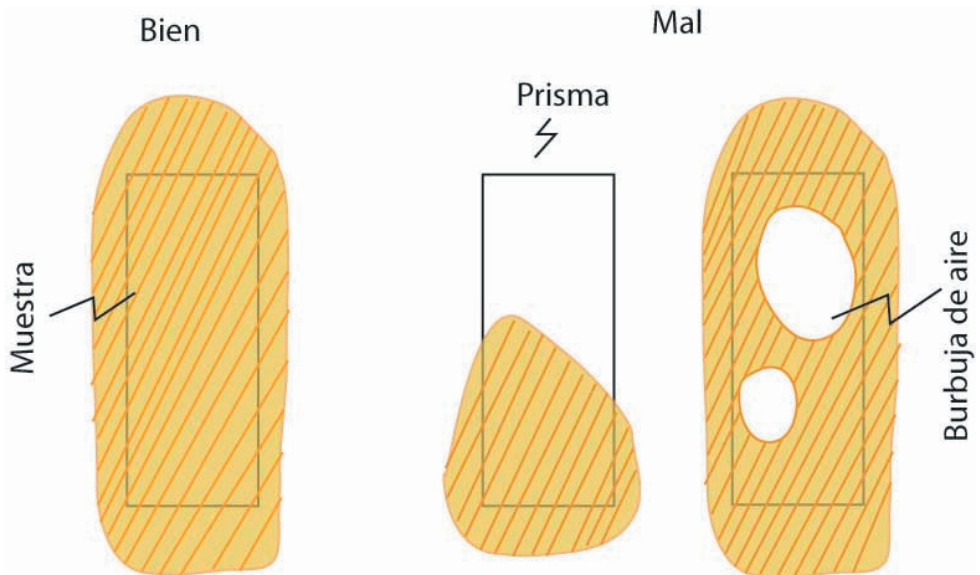


Ilustración 39. Prisma de un refractómetro.

3. Apuntar el refractómetro hacia una fuente de luz.
4. Mirar a través de la mirilla, debe de ajustarse y de girar hasta que la escala se vea clara. Ilustración 40.

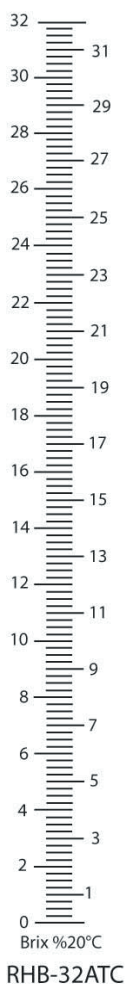


Ilustración 40. Escala interior vista en un refractómetro.

-
5. Cuando la mirilla esté ajustada adecuadamente se ve claramente una línea que cruza la escala anterior.
 6. El aceite polioléster tiene un índice de refracción aproximado de 1452 (éste índice varía dependiendo del fabricante y de la viscosidad). Este número se encuentra en la gráfica de la Ilustración 41.
 7. Limpiar la tapa del prisma. Ahora debe tomarse una muestra del aceite retirado del compresor cuando se hizo el primer cambio de aceite. Colocarlo sobre el prisma y medir su índice de refracción.
 8. Anotar en el eje izquierdo de "Y" el índice de refracción del POE (nD) (punto 1 de la gráfica), donde hay un 0% de presencia de aceite mineral.
 9. Anotar en el eje derecho de "Y" el índice de refracción del aceite retirado del compresor (punto 2 de la gráfica), donde hay un 0% de presencia de POE.
 10. Trazar una línea entre el punto 1 y el 2.
 11. Antes de cada cambio de lubricante, tomar una muestra de aceite del compresor y medir su índice de refracción.
 12. Ir a la gráfica de la tabla 1 y marcar el índice de refracción leído en el paso 11. Este es el punto 3.
 13. Trazar una línea paralela al eje de la "X", desde el punto 3 hasta que cruce con la línea diagonal dibujada previamente. Este es el punto 4.
 14. En esta intersección, trazar desde el punto 4 una línea vertical hasta tocar la línea de la "X". En el lugar donde se encuentra el punto 5, y entonces se ve qué porcentaje residual de aceite mineral o alquilbenceno hay.
 15. Hacer los cambios requeridos de aceite al compresor para obtener un índice de refracción que indique la existencia de un 5%, o menos, de aceite mineral. En todos los cambios debe usarse aceite polioléster.
 16. Se recomienda que el sistema trabaje al menos 24 horas entre los cambios de aceite. Mientras el sistema trabaje más

tiempo con el aceite nuevo, mejor será el lavado del poliéster.

17. Para ser más exactos, se debe de medir el índice de refracción en cada cambio de aceite. Esta es la manera más eficaz de saber cuántos cambios de aceite se deben de hacer.

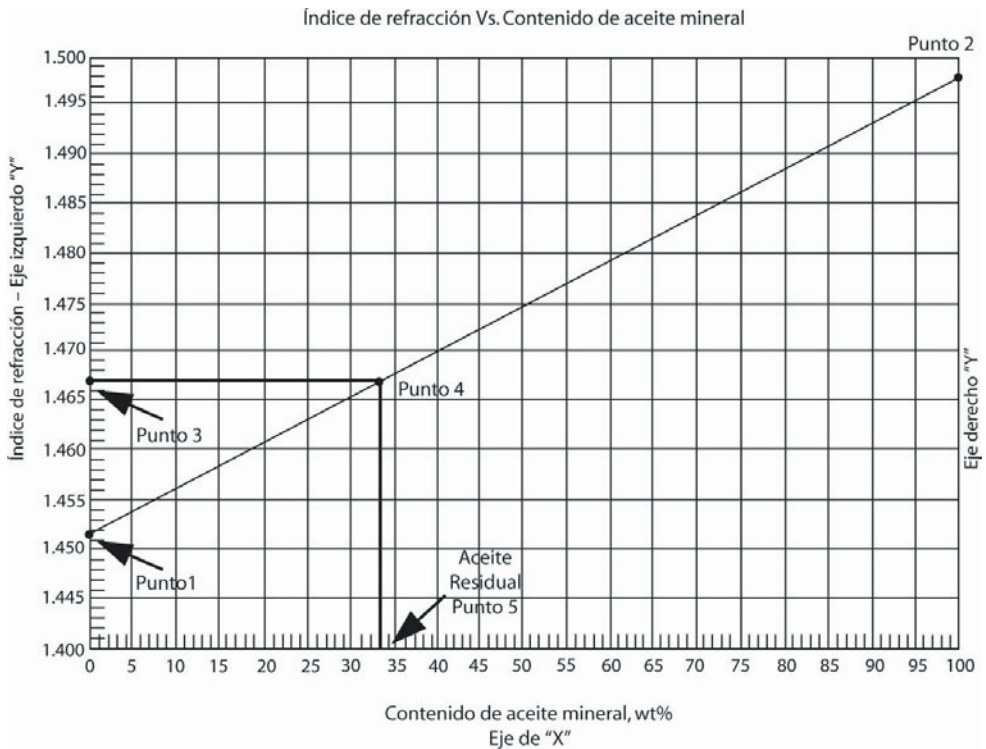


Ilustración 41. Grafica índice de refracción Vs. contenido de aceite mineral.

La figura en blanco, contenida al final del apéndice, se debe de copiar para usarse cada vez que se haga una actualización de gases refrigerantes.

PRINCIPALES REGLAS A SEGUIR PARA REALIZAR EL CAMBIO DE GASES CFC Y HCFC A HFC

Para realizar el cambio de los siguientes refrigerantes:

- ⊗ De CFC-12 a HFC-134a.
- ⊗ De CFC-502 a HFC-404A o HFC-507.
- ⊗ De HCFC-22 a HFC-404A, HFC-507 o HFC-407C.

Se deben aplicar las siguientes reglas básicas, para garantizar que el procedimiento se realizó adecuadamente y que el equipo operará en condiciones iguales o equivalentes a las que tenía con el refrigerante anterior:

1. Los refrigerantes R-404A y R-507 se pueden utilizar en sistemas de media o de baja temperatura.
2. Los refrigerantes R-404A y R-507 no se deben de mezclar con otro gas refrigerante.
3. La válvula de expansión o elemento de control, probablemente deba ser sustituida, debido a que el sistema experimentará un cambio en su potencia.
4. En el cambio de gas R-22 a R-407C la capacidad del compresor será casi igual a la obtenida con el R-22, en aplicaciones de media temperatura.
5. En el cambio de gas R-22 a R-404A o R-507, puede haber un incremento importante en la capacidad del compresor en aplicaciones de baja temperatura. Esto puede ocasionar que el condensador quede corto o pequeño.
6. En estos cambios de gas se tiene que instalar una válvula de alivio en el cárter del compresor, que opere a un máximo de 375 psig, para proteger al compresor de la posibilidad de un exceso de presión.

-
7. El refrigerante R-410A tiene un mejor desempeño que el R-22, trabaja con una presión mayor y por lo tanto sólo debe usarse en equipos nuevos y diseñados especialmente para el R-410A (AZ-20). **Por lo tanto: NO DEBE DE HACERSE EL CAMBIO.**
 8. **Registro de la información inicial del sistema antes del cambio de gas.** Se debe registrar la información sobre el funcionamiento del sistema, antes de la adecuación, para establecer las condiciones operativas normales del equipo. La información debe incluir mediciones de temperatura y presión en todo el sistema, incluyendo el evaporador, la succión y descarga del compresor, el condensador y el aparato de expansión. Estas mediciones serán útiles al ajustar el sistema con el gas nuevo durante la adecuación.
 - 8.1. Con el refrigerante original del equipo deben verificarse las deficiencias y corregirlas. Si existen fugas, se deben marcar y repararlas, si no se puede en este paso, cuando se haga la prueba a presión para ese propósito puede hacerse.
 - 8.2. Registrar los datos de operación del sistema con el refrigerante original. Estos datos sirven de base para que al hacer el cambio de refrigerante y poner en operación el equipo, se verifique y ajuste el sistema para que trabaje en condiciones similares o equivalentes a las que tenía con el refrigerante original.
 - 8.3. Antes de cambiar el gas refrigerante, se debe sacar todo el aceite mineral o el aceite alquilbenceno. Cuando se haga el cambio de refrigerante al uso de gas HFC y para que el compresor opere adecuadamente, debe cerciorarse que no exista en el sistema más del 5% de aceite mineral o alquilbenceno. Para lo cual, debe aplicarse el procedimiento "USO DEL REFRACTÓMETRO" descrito anteriormente.
 9. **Compresores o sistemas con válvulas de servicio**
 - 9.1. Desconectar la corriente eléctrica al sistema.

-
- 9.2. Lo más sencillo es recoger el gas del sistema y almacenarlo en el tanque receptor, y el que quede atrapado en el condensador se retira con la máquina recuperadora de gas.
 - 9.3. Sacar el lubricante del compresor. Si el sistema tiene componentes herméticos, se debe inclinar para drenarlos. Se puede utilizar nitrógeno gaseoso en este proceso para dar un barrido al sistema ya que este es el único método aprobado a nivel mundial que no tiene efectos dañinos al medio ambiente.
 - 9.4. A los sistemas con separadores de aceite, acumuladores de succión, flotadores de aceite o depósitos de aceite, se les debe drenar el aceite que contienen. Se debe volver a llenar el separador de aceite y/o el depósito de aceite con POE (aceite polioléster). En la medida de las posibilidades es mejor instalar un separador de aceite nuevo.
 - 9.5. **Medir y registrar el volumen de lubricante retirado del sistema.** Comparar esta cantidad con la cantidad recomendada por el fabricante para asegurar que se ha retirado la mayor parte del mismo. Este volumen también se utiliza como guía para determinar la cantidad de lubricante POE a agregar al compresor.
 - 9.6. **Cambiar el desecante por un filtro deshidratador, que sea compatible con los gases HFC.**
 - 9.7. **Buscar la presencia de fugas de gas en el sistema.** Revisar posibles fugas siguiendo las prácticas normales de servicio descritas anteriormente. Ese es el momento indicado para reparar las fugas encontradas al inicio del procedimiento.
 - 9.8. **Cargar el aceite al sistema.** Debe hacerse con una bomba de aceite o con el vacío mismo que tiene el sistema. Es importante que el aceite que sobra, de una lata nueva, no se utilice, ya que éste se daña 12 minutos después de que la lata se ha abierto. El aceite no se debe cargar con embudo, ya que debe evitarse el contacto del lubricante con el medio

ambiente, pues esto provoca que éste haga burbujas de aire que van al cárter del compresor, ocasionando que se inicie un proceso de oxidación en el lubricante. Ilustración 42.

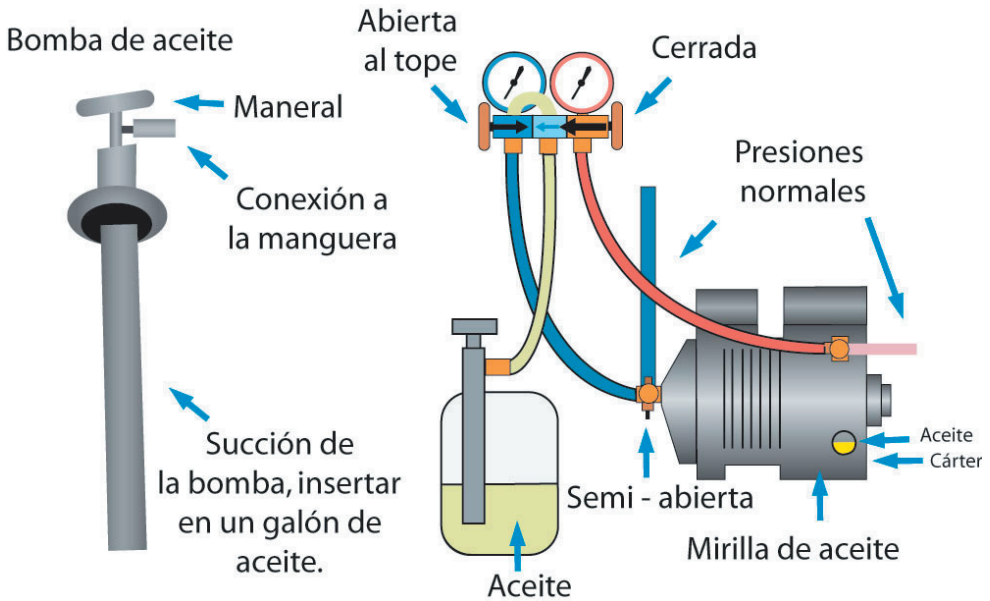


Ilustración 42. Esquema para cargar lubricante usando bomba.

- 9.9. **Reconectar y evacuar el sistema**, según el proceso de vacío descrito anteriormente. *Se debe recordar que cuando se trabaja con POE, el nivel de vacío a lograr es de 250 micrones.*
- 9.10. **Volver a cargar el CFC.** Si se bombeó la carga del sistema hacia el recipiente de líquido y el condensador, hay que abrirlo y volver a llenar el sistema. Si se recolectó la carga original en un cilindro de recuperación con este gas, se procede a llenar y cargar el sistema. Puede ser necesario utilizar CFC-12 ó CFC-502 nuevo para llenar hasta el máximo la

carga de refrigerante y compensar la pequeña cantidad perdida en el vaciado del aceite mineral.

9.11. Puesta en marcha del compresor. Encender el compresor con el lubricante POE y el CFC-12 ó CFC-502 y dejarlo funcionando por lo menos durante 24 horas. En seguida se vacía el polioléster y se reemplaza con una nueva carga de POE. Se revisa el lubricante que se vació y se asegura que el contenido residual de aceite mineral es menor a 5%. Existen estuches (*kits*) de pruebas de diversos proveedores de lubricantes con los que se verifica el contenido residual de aceite mineral o bien con un refractómetro, equipo de medición que ayuda para saber cuándo se logra un 95% de pureza de POE; ese es el momento indicado para cargar el gas HFC. En el primer cambio de gas es normal que el POE salga sucio u oscuro ya que el lubricante polioléster tiene efecto detergente en el sistema.

9.12. Cambio de lubricante. Repetir, al menos dos veces más, los pasos 9.1 al 9.11 hasta que el refractómetro o el kit de prueba indique una presencia del 5% o menos de aceite mineral o aceite alquilbenceno. Generalmente con tres cambios de lubricante (lavados) está demostrado que se llega a la meta.

Compresores herméticos o sistemas sin válvulas de servicio.

De acuerdo con los fabricantes de los compresores de refrigeración es muy difícil eliminar por completo las trazas remanentes del lubricante mineral o del alquilbenceno, y en un sistema de refrigeración con compresor hermético o sin válvulas de servicio, equivaldría a dejar contaminantes en el sistema, por lo cual no es recomendable intentarlo.

10. Al tener la cantidad correcta de POE en el sistema, se puede retirar el CFC-12, CFC-502 ó el HCFC-22 con la recuperadora de

gas y anotar cuánto gas finalmente se retiró del sistema de refrigeración.

11. Antes de proceder con el lavado final, se debe estar 100% seguro de que no se tienen fugas en el sistema y que están cargados todos los componentes del mismo. Se instala un nuevo filtro deshidratador en la línea de líquido, tomando en cuenta que deberá ser compatible con el refrigerante y con el lubricante.
12. Al cargar el sistema con gases refrigerantes de serie 400, es importante recordar que estos productos son mezclas y no azeótropos. Por tal motivo, requieren procedimientos de carga especiales, con el fin de asegurar un funcionamiento óptimo.
13. Al utilizar una mezcla de serie 400 es esencial que se haga retirando sólo líquido del cilindro. Nunca se debe cargar el sistema con vapor de esta serie extraído de un cilindro. Cargar vapor puede dar como resultado una composición incorrecta del refrigerante y puede provocar un bajo desempeño del sistema. Ilustración 43.
14. Se debe utilizar una válvula de obturación para controlar el flujo de refrigerante en el extremo de succión, con el fin de asegurar que el líquido sea convertido a vapor, antes de entrar al sistema.

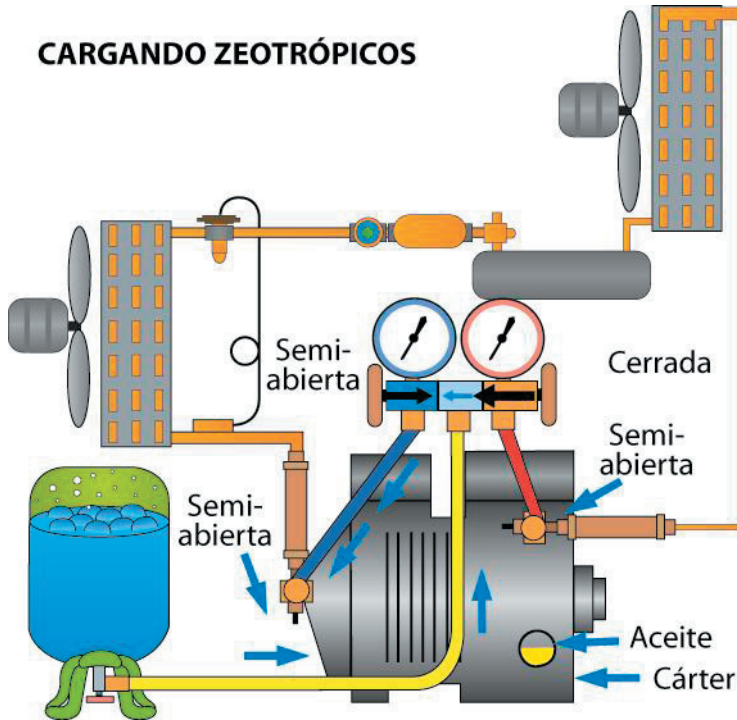


Ilustración 43. Diagrama para cargar gases zeotrópicos (serie 400).

15. Se carga el sistema con el HFC que se haya seleccionado. Y sólo se introduce aproximadamente el 85% de la cantidad de refrigerante que se retiró al iniciar el procedimiento.
16. Se hace operar el sistema. Se registran todos los datos y se comparan con los que se recolectaron al iniciar el procedimiento.
17. **Se mide el sobrecalentamiento del sistema** de acuerdo con el método descrito anteriormente.

Si el equipo tiene válvula de expansión

18. La mayoría de los sistemas con válvulas de expansión comunes que utilizan CFC-12, CFC-502 o HCFC-22 operan satisfactoria-

mente con sus equivalentes o sustitutos de los HFC, pero de ser posible se recomienda cambiar la válvula de expansión por la adecuada para el gas.

Si el equipo tiene tubo capilar

19. En la mayoría de los casos se puede operar la unidad con el tubo capilar original, con una cantidad menor de HFC. La operación puede ser satisfactoria si se espera que las condiciones ambientales sean relativamente constantes. En caso contrario, se puede presentar un funcionamiento no satisfactorio a temperaturas de condensación altas y bajas.
20. Si se utiliza el tubo capilar original, generalmente es necesario cargar el sistema con una cantidad menor para evitar una retroinundación de líquido hacia el compresor. Se recomienda cargar inicialmente el sistema con menos del 75%, respecto del peso de la carga original del CFC-12, CFC-502 o del HCFC-22.
21. Entre los problemas potenciales que pudiera presentar el equipo se incluye una retroinundación de líquido y una sobrecarga del motor a temperaturas de condensación altas, así como una pérdida del sello de líquido que entra al tubo capilar, a temperaturas de condensación bajas.
22. Si se necesita reemplazar el tubo capilar, debe de hacerse por uno de mayor restricción para lograr un funcionamiento satisfactorio sobre el rango completo de las condiciones del diseño. Se recomienda consultar con el fabricante del equipo siempre que sea posible.
23. Si no se tiene disponible la información del fabricante, el enfoque sugerido es reemplazar el tubo capilar por uno del mismo diámetro, pero con longitud 50% mayor. Por ejemplo, si el tubo capilar del sistema con CFC-12 tiene una longitud de 40 pulgadas, la longitud óptima para el R-134a debe ser de aproximadamente 60 pulgadas.

NOTA: Para evitar daños al compresor no se cargue líquido directamente al puerto de servicio del mismo.

CARGANDO COMPUESTOS PUESTOS PUROS Ó AZEOTRÓPOS

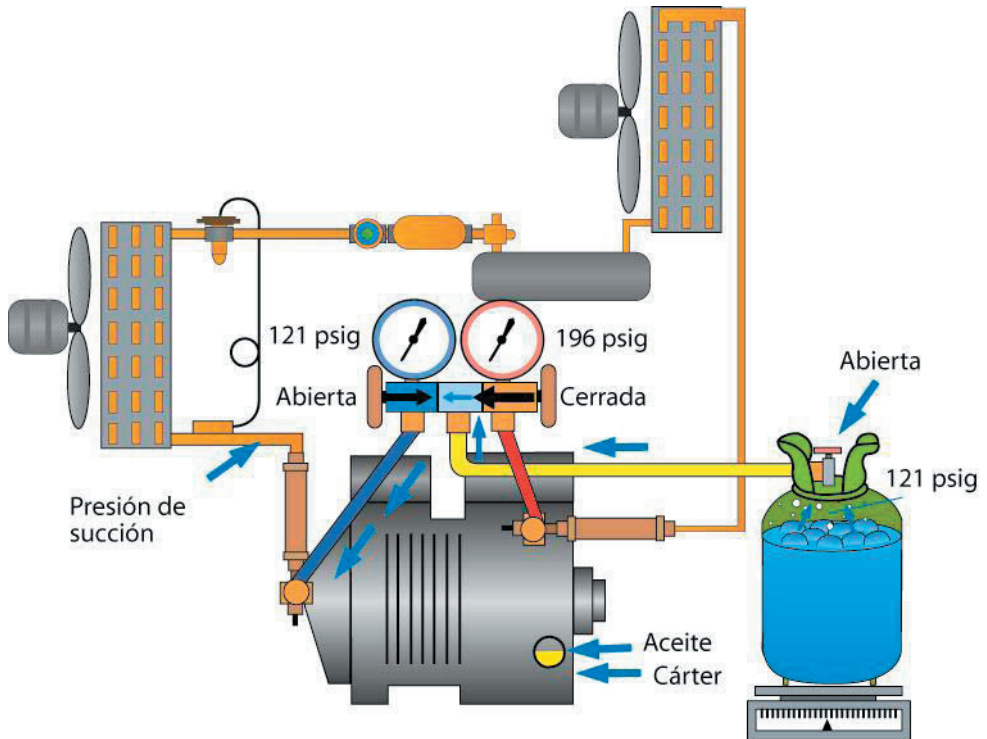


Ilustración 44. Diagrama para cargar gases puros ó azeotrópicos.

LISTA DE GASES REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

Tabla 15.
Reemplazos a largo plazo en refrigeración comercial de temperatura media y baja

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentario
R-507 (125 / 143a)	AZ-50	R-502 R-22	Azeótropo	Polioléster	Equipo Nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al 502.
R-404A (125/143a/ 134a)	R-404A	R-502 R-22	Zeótropo Mezcla	Polioléster	Equipo Nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al 502.

Tabla 16.
Reemplazos provisionales en refrigeración comercial de temperatura media y baja

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

Tabla 17.
Reemplazos a largo plazo de refrigeración y temperatura media

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentario
R-134a	R-134a	R-12	Compuesto Puro.	Polioléster	Equipo Nuevo Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al R-12.

Tabla 18.
Reemplazos provisionales de refrigeración comercial de temperatura media

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

Tabla 19.
Reemplazos a largo plazo de aire acondicionado residencial y comercial

Número AHSRAE	Nombre Comercial	Sustituye	Tipo	Lubricante	Aplicación	Comentarios
R-123	R-123	R-11	Compuesto Puro.	Alquilbenceno Aceite Mineral	Enfriadoras centrífugas	Capacidad inferior al R-11
R-134a	R-134a	R-12	Compuesto Puro.	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Casi igual al R-12
R-134a	R-134a	R-22	Compuesto Puro.	Polioléster	Equipo nuevo.	Capacidad inferior. Requiere un equipo más grande.
R-410A (32/125)	AZ-20	R-22	Mezcla Casi- Azeotrópo	Polioléster	Equipo nuevo.	Eficiencia mayor que el R-22 y R- 401B. Puede requerir rediseño del equipo.
R-407C (32/ 125/ 134a)	R-407C	R-22	Zeotrópo	Polioléster	Equipo nuevo. Adecuaciones de equipo instalado.	Eficiencia menor al R-22

FALLAS MECÁNICAS EN LOS COMPRESORES

Cuando se haya retirado el compresor del sistema y esté dañado, es muy importante determinar la causa, ya que si sólo se cambia sin revisar el sistema, volverá a estropearse. En los siguientes puntos se enuncian las fallas más comunes de los compresores, cómo identificarlas y cómo repararlas.

1.- ARRANQUE INUNDADO

Síntomas: Hay desgaste de bujes, bielas, cigüeñal, pistones y cilindros en la parte inferior.

Esto es resultado de que el refrigerante arrastre el aceite de las superficies y migración de refrigerante saturado hacia el cárter durante el ciclo de apagado. Cuando el compresor inicia su funcionamiento, el aceite diluido no puede lubricar adecuadamente el cigüeñal.

CORRECCIÓN:

1. Instalar el compresor en ambientes calientes o instalar sistema de auto-evacuado continuo como control de arranque y paro.
2. Verificar la operación del calefactor del cárter.

2.- REGRESO DE LÍQUIDO

Síntomas: Arrastre del rotor, estator en corto circuito. Desgaste de bujes. Bielas que están rayadas o quebradas. Cigüeñal, rayado.

Esto es resultado del regreso de refrigerante líquido al compresor, durante el ciclo de funcionamiento. El aceite se diluye con el

refrigerante, al punto de no poder lubricar. Como el aceite viaja a través del cigüeñal, la lubricación resulta insuficiente en las bielas y en el buje principal. Esto puede provocar el arrastre del rotor y causar un corto circuito en el estator.

CORRECCIÓN:

1. Mantener un sobrecalentamiento adecuado en el compresor y en el evaporador.
2. Prevenir el retorno incontrolado de líquido, con un acumulador, si es necesario.
3. Corregir condiciones anormales de baja carga.
4. Revisar el ciclo de deshielo.
5. Verificar que la válvula de termo-expansión o el tubo capilar no sean de una capacidad mayor a la requerida.

3.- ALTA TEMPERATURA EN LA DESCARGA

Síntomas: Plato(s) de válvulas descoloridos (no pueden limpiarse). *Flappers* recalentados o quemados. Anillos, pistones y cilindros desgastados. Bielas, bujes y cigüeñales, rayados. Quemaduras en el estator.

Esto es el resultado de altas temperaturas en las cabezas y cilindros del compresor, de forma tal que el aceite pierde su habilidad para lubricar.

CORRECCIÓN:

1. Modificar condiciones anormales de baja carga.
2. Aislar la tubería de succión.
3. Verificar la limpieza del condensador, falla del abanico del condensador y temperatura ambiente.
4. Verificar el aire alrededor, en el caso de los compresores enfriados por aire.

4.- GOLPE DE LÍQUIDO

Síntomas: *Flappers*, biela o cigüeñales, rotos. Pernos de descarga, flojos o sueltos. Juntas, rotas.

El golpe de líquido se provoca al tratar de comprimirlo en los cilindros. El líquido puede ser aceite o refrigerante y, en la mayoría de los casos, una mezcla de ambos. El golpe de líquido es principalmente el resultado de la migración de refrigerante líquido en el ciclo de apagado, en los compresores enfriados por refrigerante.

CORRECCIÓN:

1. Mantener un sobrecalentamiento adecuado en el compresor y en el evaporador.
2. Prevenir el retorno sin control de líquido, utilizando acumuladores.
3. Corregir condiciones anormales de baja carga.
4. Instalar el compresor en un ambiente más caliente o utilizar el sistema de auto vacío como medio de control.

5.- FALTA DE ACEITE

Síntomas: Bujes y cigüeñal, rayados. Bielas, quebradas. Bajo nivel de aceite en el cárter.

Esto es el resultado de insuficiencia de aceite en el cárter para lubricar adecuadamente los mecanismos en movimiento.

CORRECCIÓN:

1. Verificar el tamaño de las tuberías y de las trampas de aceite.
2. Verificar un deshielo insuficiente.
3. Corregir condiciones anormales de baja carga.
4. Eliminar los ciclos cortos.
5. Verificar posible falla en el control de falla de lubricación.

6.- QUEMADURA DEL EMBOBINADO DE TRABAJO

Síntomas: Está quemado el embobinado de trabajo (esto sólo puede suceder en un motor de una sola fase).

CORRECCIÓN:

1. Revisar el relevador.
2. Verificar el capacitor de trabajo.

7.- QUEMADURA DEL EMBOBINADO DE ARRANQUE

Síntomas: Sólo el embobinado de arranque del motor de una sola fase está quemado, debido a una corriente excesiva a través del embobinado de arranque.

CORRECCIÓN:

1. Revisar el alambrado del común, arranque y de trabajo.
2. Revisar el capacitor de arranque y/o el relevador de arranque.
3. Revisar sobrecarga en el compresor.

8.- QUEMADURA DE LA MITAD DEL EMBOBINADO

Síntomas: La mitad o todas las fases en un compresor de doble devanado se sobrecalentaron o se quemaron, como resultado de que uno de los contactores se abrió.

CORRECCIÓN:

1. Cambiar el o los contactores por unos de la capacidad correcta.
2. Revisar un posible regreso de corriente o un contactor cerrado.

9.- QUEMADURA DE UNA SOLA FASE

Síntoma: Una sola fase se quemó, las otras dos están bien. Esto es el resultado de la pérdida de una fase en el primario de un transformador.

CORRECCIÓN:

1. Revisar los voltajes de entrada y salida del transformador.
2. Revisar los contactos del contactor.

10.- QUEMADURA GENERAL O UNIFORME

Síntoma: Todas las bobinas están quemadas o sobrecalentadas.

CORRECCIÓN:

1. Revisar que el voltaje esté correcto.
2. Revisar que el voltaje no esté desbalanceado.
3. Revisar, en el caso de los enfriados por aire, si hay un flujo de aire inadecuado.

11.- UN PUNTO CALIENTE O UN PUNTO QUEMADO

Síntoma: Una quemada localizada en un punto, entre bobinas, o entre bobinas y tierra.

Este no es el resultado de una falla mecánica.

CORRECCIÓN:

Hacer revisión por parpadeos o bien subidas o bajadas de voltaje.

12.- TERMINALES EN CORTO CIRCUITO

Síntoma: Una fractura o pérdida de aislamiento entre las terminales y el cuerpo del compresor generalmente se debe a un sobre apriete en los tornillos de las terminales.

SECUENCIA DE OPERACIONES PARA HACER UN DIAGNÓSTICO A UNA UNIDAD CONDENSADORA

El compresor no funciona.	Interruptor principal abierto.
	Fusible fundido.
	Los protectores térmicos de sobre carga se abren.
	Contactor o bobina defectuosa.
	Los mecanismos de seguridad abren el sistema.
	Equipo parado por temperatura.
	El solenoide de la línea de líquido no abre.
	Problemas en el motor eléctrico.
	El cableado está suelto.
Fase caída.	
Compresor hace ruido o vibra.	Inundación de refrigerante dentro del cárter.
	Soporte inadecuado de las tuberías de la línea de líquido y de succión.
	Compresor deteriorado o desgastado.
	Rotación invertida del compresor <i>Scroll</i> .

Presión de descarga alta.	Gases no condensables en el sistema.
	Sistema sobrecargado de refrigerante.
	Válvula de cierre de descarga permanentemente cerrada. Ventilador no funciona.
	Control de alta presión mal calibrado.
	Serpentín del condensador sucio.

Presión de descarga baja.	Regulación incorrecta de la temperatura del evaporador.
	La válvula de succión se encuentra parcialmente cerrada.
	No hay suficiente refrigerante en el sistema.
	Presión de succión baja.
	Funcionamiento variable de la válvula del lado de alta.

Presión de succión alta.	Carga excesiva.
	Sobrealimentación de la válvula de expansión.

ado.
ea de líquido
el gas de uidos.
lvula de
ón demasiado
uada.
o de aceite
er.
bomba tiene
i de aceite.
ados.
de la bomba una posición
a o
para la efectuoso.

Pérdida de aceite en el compresor.	Giro invertido de un motor en el condensador.
	Tuberías o trampas inadecuadas.
	Inundación de refrigerante en el compresor.
	Desgaste excesivo de los anillos del compresor.
	Falta de refrigerante.

Interruptor del protector térmico del compresor abierto.	Sistema sobrecargado.
	Serpentín del condensador sucio.
	Junta de plato de válvulas rota.
	Válvula de descarga parcialmente cerrada.
	Funcionamiento más allá de las condiciones de diseño.

SECUENCIA DE OPERACIONES PARA HACER UN DIAGNÓSTICO A UN EVAPORADOR

El o los ventiladores no funcionan	Interruptor principal abierto.
	Fusibles fundidos.
	Motor defectuoso.
	Reloj o termostato de deshielo está defectuoso.
	Está deshelando el evaporador.
	El serpentín no se enfría lo suficiente para restablecer el termostato.

Temperatura de cuarto demasiado alta.	Calibración demasiado alta del termostato de cuarto.
	Sobrecalentamiento demasiado alto. Sistema bajo de refrigerante. Serpentín bloqueado o escarchado.
Acumulación de hielo en el techo, alrededor del evaporador y/o guardas del ventilador.	El retardador del ventilador no retarda los ventiladores después del periodo de deshielo.
	Duración del deshielo demasiado largo. Reloj o termostato de deshielo defectuoso. Demasiados deshielos.
Serpentín escarchado o bloqueado durante el ciclo de deshielo.	La temperatura del serpentín no alcanza una temperatura superior al punto de congelación durante el deshielo.
	Insuficientes ciclos de deshielo por día. Ciclo de deshielo demasiado corto. Reloj o termostato de deshielo defectuoso.
Acumulación de hielo en la charola de drenado.	Resistencia defectuosa.
	Inclinación equivocada o insuficiente del evaporador. Línea de drenado, tapada. Resistencia de la línea de drenado defectuosa. Reloj o termostato defectuoso.

Tabla 20. Presión-Temperatura Gases Refrigerantes que contienen CFC

TEMP. °C	TEMP. °F	11	114	12	500	502	13	503
-40.0	40.0 -	28.3	28.0	19.0	17.0	7.2	43.9	67.3
-37.2	35.0 -	28.0	27.1	15.4	12.8	0.2	57.6	86.1
-34.4	30.0 -	27.7	26.1	11.0	7.6	4.1	73.3	107.8
-31.6	25.0 -	27.4	25.4	8.4	4.6	6.5	82.2	119.9
-28.8	20.0 -	26.9	24.7	5.5	1.2	9.2	91.6	132.8
-26.1	15.0 -	26.5	23.8	2.3	1.2	12.1	101.7	146.7
-23.3	10.0 -	25.9	22.9	0.6	3.2	15.3	112.5	161.4
-20.5	5.0	25.3	21.8	2.5	5.4	18.8	123.9	177.1
-17.7	0.0	24.6	20.6	4.5	7.8	22.6	136.1	193.9
-15.0	5.0	23.9	19.3	6.7	10.4	26.7	149.1	211.6
-12.2	10.0	23.0	17.8	9.2	13.3	31.1	162.9	230.5
-9.4	15.0	22.1	16.2	11.8	16.4	35.9	177.4	250.5
-6.6	20.0	21.0	14.4	14.7	19.7	41.0	192.8	271.7
-3.8	25.0	19.8	12.4	17.7	23.3	46.5	209.1	294.1
-1.1	30.0	18.5	10.2	21.1	27.2	52.5	226.3	317.8
1.6	35.0	17.1	7.8	24.6	31.4	58.8	244.4	342.8
4.4	40.0	15.5	5.1	28.5	36.0	65.6	263.5	369.3
7.2	45.0	13.8	2.2	32.6	40.8	72.8	283.6	397.2
10.0	50.0	12.0	0.4	37.0	46.0	80.5	304.8	426.6
12.7	55.0	9.9	2.1	41.7	51.6	88.7	327.1	457.5
15.5	60.0	7.7	3.9	46.7	57.5	97.4	350.4	490.2
18.3	65.0	5.3	5.9	52.1	63.8	106.6	375.0	524.5
21.1	70.0	2.7	8	57.8	70.6	116.4	400.9	560.7
23.8	75.0	0.1	10.3	63.8	77.7	126.7	428.1	598.7
26.6	80.0	1.6	12.7	70.2	85.3	137.6	456.8	
29.4	85.0	3.2	15.3	77.0	93.4	149.1	487.2	
32.2	90.0	4.9	18.2	84.2	101.9	161.2	519.4	
35.0	95.0	6.8	21.2	91.7	110.9	174.0		
37.7	100.0	8.8	24.4	99.7	120.5	187.4		
40.5	105.0	10.9	27.8	108.2	130.5	201.4		
43.3	110.0	13.2	31.14	117.0	141.1	216.2		
46.1	115.0	15.7	35.3	126.4	152.2	231.7		
48.8	120.0	18.3	39.4	136.2	163.9	247.9		
51.6	125.0	21.1	43.8	146.5	176.3	264.9		

Tabla 21. Presión-Temperatura Gases Refrigerantes Alternativos

TEMP	TEMP		(liq.)	(vap.)	(liq.)	(vap.)		(liq.)	(vap.)	
° C	° F	22	407C	407C	404A	404A	507	HP80	HP80	410A
-40.0	-40.0	0.60	3.3	3.2	5.1	4.7	5.5	8.5	7.1	11.6
-37.2	-35.0	2.60	5.7	0.3	7.6	7.2	8.2	11.3	9.9	14.9
-34.4	-30.0	4.90	8.3	2.3	10.3	9.9	11.1	14.5	13.0	18.5
-31.6	-25.0	7.50	11.1	4.6	13.3	12.9	14.3	17.9	16.2	22.5
-28.8	-20.0	10.20	14.3	7.1	16.6	16.2	17.8	21.6	19.9	26.9
-26.1	-15.0	13.20	17.7	9.8	20.2	19.8	21.7	25.7	23.8	31.6
-23.3	-10.0	16.50	21.4	12.9	24.1	23.7	25.8	30.1	28.1	36.8
-20.5	-5.0	20.10	25.5	16.2	26.3	27.9	30.3	34.8	32.8	42.5
-17.7	0.0	24.00	29.9	19.8	33.0	32.5	35.2	40.0	37.8	48.6
-15.0	5.0	28.30	34.7	23.8	37.9	37.5	40.5	45.6	43.3	55.2
-12.2	10.0	32.80	39.9	28.2	43.3	42.9	46.2	51.6	49.2	62.3
-9.4	15.0	37.80	45.5	32.9	49.1	48.6	52.2	58.0	55.5	70.0
-6.6	20.0	43.10	51.6	38.0	55.3	54.9	58.8	65.0	62.3	78.3
-3.8	25.0	48.80	58.1	43.6	62.0	61.6	65.8	72.4	69.6	87.3
-1.1	30.0	54.90	65.1	49.6	69.2	68.8	73.3	80.4	77.4	96.8
1.6	35.0	61.50	72.5	56.0	76.1	76.5	81.3	88.9	85.8	107.1
4.4	40.0	68.50	80.6	63.0	85.1	84.7	89.8	97.9	94.8	118.0
7.2	45.0	76.10	89.1	70.6	93.9	93.6	98.9	107.6	104.3	129.7
10.0	50.0	84.10	98.3	78.6	103.2	103.0	108.6	117.8	114.5	142.2
12.7	55.0	92.60	108.0	87.3	113.2	113.0	118.8	128.8	125.3	155.5
15.5	60.0	101.60	118.4	96.6	123.7	123.6	129.7	140.3	136.7	169.6
18.3	65.0	111.30	129.4	106.5	134.9	134.9	141.3	152.6	148.9	184.6
21.1	70.0	121.14	141.0	117.1	146.8	146.9	153.6	165.6	161.8	200.6
23.8	75.0	132.20	153.4	128.4	159.4	159.6	166.6	179.3	175.4	217.4
26.6	80.0	143.70	166.4	140.4	172.7	173.0	180.3	193.8	189.9	235.3
29.4	85.0	155.70	180.2	153.2	186.7	187.2	194.8	209.0	204.4	254.1
32.2	90.0	168.40	194.8	166.8	201.5	202.1	210.2	225.1	221.0	274.1
35.0	95.0	181.80	210.2	181.2	217.1	217.9	226.4	242.0	237.8	295.1
37.7	100.0	196.00	226.3	196.5	233.5	234.5	243.5	259.8	255.6	317.2
43.3	110.0	226.40	261.1	229.7	268.8	270.3	280.6	298.0	293.7	365.0
48.8	120.0	260.00	299.5	266.7	307.1	309.8	321.9	339.9	335.6	417.7
54.4	130.0	297.00	341.5	307.7	350.3	353.1	367.8	385.8	331.5	475.6
60.0	140.0	337.40	387.4	353.1	396.9	400.0	418.7	435.8	431.5	538.9
65.5	150.0	381.70	437.3	403.1	447.5	452.0	475.3	490.1	485.8	608.1

Tabla 22. Presión Temperatura Gases Refrigerantes Alternativos

		(liq.)	(vap)	(liq.)	(vap.)	(liq.)	(vap.)	
TEMP. °C	TEMP. °F	134a	MP39	MP39	MP66	MP66	409A	409A
-40.0	-40.0	14.7	3.8	12.5	7.2	11.3	5.2	13.2
-37.2	-35.0	12.3	2.3	10.1	4.0	8.7	1.9	10.7
-34.4	-30.0	9.7	0.7	7.3	0.4	5.9	0.9	7.9
-31.6	-25.0	6.8	1.1	4.3	1.8	2.7	2.9	4.8
-28.8	-20.0	3.6	3.1	0.9	3.9	0.4	5.1	1.4
-26.1	-15.0	0.0	5.3	1.4	6.3	2.3	7.4	1.2
-23.3	-10.0	2.0	8.9	3.4	8.9	4.4	10.0	3.2
-20.5	-5.0	4.1	10.3	5.6	11.7	6.7	12.9	5.5
-17.7	0.0	6.5	13.2	8.0	14.8	9.3	16.0	8.0
-15.0	5.0	9.1	16.3	10.6	18.2	12.0	19.3	10.6
-12.2	10.0	12.0	19.7	13.5	21.9	15.0	22.9	13.6
-9.4	15.0	15.1	23.3	16.7	25.9	18.3	26.8	16.8
-6.6	20.0	18.4	27.3	20.1	30.2	21.8	31.0	20.0
-3.8	25.0	22.1	31.6	23.8	34.9	25.7	35.5	24.0
-1.1	30.0	26.1	36.2	27.8	39.9	29.8	40.4	28.0
1.6	35.0	30.4	41.1	32.2	45.3	34.3	45.6	32.4
4.4	40.0	35.0	46.4	36.8	51.0	39.1	51.1	37.1
7.2	45.0	40.0	52.1	41.9	57.2	44.3	57.1	42.1
10.0	50.0	45.4	58.2	47.3	63.8	49.9	63.4	47.6
12.7	55.0	51.2	64.7	53.1	70.8	55.9	70.1	53.4
15.5	60.0	57.4	71.6	59.4	78.3	62.3	77.3	59.6
18.3	65.0	64.0	79.0	66.0	86.3	69.1	84.9	66.2
21.1	70.0	71.1	86.9	73.2	94.8	76.4	92.9	73.2
23.8	75.0	78.6	95.2	80.8	103.7	84.2	101.5	80.7
26.6	80.0	86.7	104.0	88.9	113.2	92.5	110.5	88.7
29.4	85.0	95.2	113.4	97.5	123.2	101.3	120.0	97.2
32.2	90.0	104.3	123.3	106.7	133.7	110.6	130.0	106.2
35.0	95.0	113.9	133.7	116.4	144.8	120.6	140.6	115.7
37.7	100.0	124.1	144.7	126.8	156.4	131.1	151.7	125.8
43.3	110.0	146.3	168.5	149.2	181.5	153.9	175.7	147.6
48.8	120.0	171.1	194.8	174.3	209.0	179.4	202.1	171.9
54.4	130.0	198.7	223.7	202.2	238.9	207.6	231.1	198.9
60.0	140.0	229.2	255.3	233.1	271.5	238.8	262.7	228.6
65.5	150.0	262.8	289.8	267.1	306.6	273.2	297.1	261.3

BIBLIOGRAFÍA

- Manual Técnico Valycontrol
Valycontrol SA de CV
Guadalajara, Jalisco, México
- Manual de Refrigeración
Copeland Corporation
Sidney Ohio 45365
- La Biblia Doolin para el Técnico Reparador
Doolco, Inc
11252 Goodnight Lane,
Suite 600
Dallas, Texas 75229
- Application Engineering Manual
Copeland Corporation
Sydney Ohio 45365
- ASHRAE Pocket Guide
I-P Edition 2000
ASHRAE
American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.
1719 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329
- Seminario Técnico de Emerson Climate
Technologies 2004
CD ROM
Ing. Carlos Obella
Ing. Fernando Parra
- Part IV
Standard Service Procedures 202-225
Air Conditioning and Refrigeration
Troubleshooting Handbook
Langley, Prentice Hall
- ASHRAE HANDBOOK
HVAC Applications 1999
S-I Edition
ASHRAE
American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.
1719 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329
- ASHRAE HANDBOOK
Refrigeration 2002
I-P Edition
ASHRAE
American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.
1719 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329
- RSES
Refrigeration Service Engineers Society
1666 Rand Road, Des Plaines, IL
Technician Level 1
Technical Training Institute
- RSES
Refrigeration Service Engineers Society
1666 Rand Road, Des Plaines, IL
Service Application Manual
CD Rom
2.1 Version
- AC&R Training Institute, Inc
Air Conditioning & Refrigeration
CD Rom
St. Petersburg Florida 33709
- Refrigeration Usage Certification
Study Guide for Service Technicians
RSES
Refrigeration Service Engineers Society
1666 Rand Road, Des Plaines, IL

Refrigeration Usage Certification
Study Guide for instructors
CD Rom
RSES
Refrigeration Service Engineers Society
1666 Rand Road, Des Plaines, IL

Compression Cycles for Environmentally
Acceptable Refrigeration, Air Conditioning
and Heat Pump Systems
International Institute of Refrigeration
177, Boulevard Malesherbes – F 75017 Paris
(France)

Zero Leaks
Limiting Emissions of Refrigerants
Denis Clodic
ASHRAE
American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.
1719 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329

Universal R-401A Safety and Training
CD Rom
AC&R Coalition

Compressor Operation & Service Seminar
1998
Copeland Corporation
Sydney Ohio 45365
Glenn Hannegan
Sherry Wilkerson

Revista Mundo HVAC & R
Junio 2005
Año 5 núm. 9

ANSI/ASHRAE Standard 15-2004 Safety
Standard for Refrigeration Systems
ASHRAE
American Society of Heating, Refrigerating,
and Air Conditioning Engineers Inc.
1719 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329

The Montreal Protocol on Substances that
Deplete the Ozone Layer
UNEP
United Nations Environment Programme

The Montreal Protocol on Substances that
Deplete the Ozone Layer
UNEP
United Nations Environment Programme
Report of the Technology and Economic
Assessment Panel
April 2002
Volume 3B
Report of the task force on destruction
technologies

The Montreal Protocol on Substances that
Deplete the 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

Buenos procedimientos en refrigeración
Manual de Instrucción
PNUMA
Programa de las Naciones Unidas para el
Medio Ambiente

- Refrigeración:
Código de Buenas Conductas
Octubre del 2001, Lima-Perú
- Buenas prácticas en refrigeración,
recuperación y reciclaje de los refrigerantes
República de Colombia
Ministerio del Medio Ambiente
Campaña "Conciencia Nacional por el
Ozono"
Unidad Técnica Ozono Colombia
- Manual de Buenas Prácticas en
Refrigeración
Jorge Alberto Puebla
2005
Fondo de Reconversión Industrial
FONDOIN
Organización de las Naciones Unidas para el
Desarrollo Industrial
ONU/IDI
- Refrigerant recovery methods that work, Jim
Mowery, RSES Journal, Des Plaines Illinois,
June 2004, Pages 18-21
- Buenas prácticas en refrigeración
Entrenamiento de técnicos en refrigeración y
aire acondicionado
Documento de apoyo 2004
OPROZ
Oficina del Programa de Ozono
INTE
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
PNUMA
Programa de las Naciones Unidas para el
medio Ambiente
- Lineamientos de Reacondicionamiento
-SUVA MP-39 MP-66
-SUVA HP-80 HP-81
-SUVA 134a
Fluoroproductos Dupont México
- 2002 Guideline for
Assignment of Refrigerant Container Colors
Air Conditioning & Refrigeration Institute
ARI
- Los Doce Primeros Boletines Técnicos de
Refrigeración
Tomo 1
Industrias Gilvert SA de CV

Sitios de internet:

<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/hole.html>

<http://www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/index.shtml>

http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/2005/kioto/newsid_4232000/4232573.stm

<http://www.unep.org/ozone/montreal-protocol/montreal-protocol2000.shtml>

<http://www.theozonehole.com/arcticozone.htm>

<http://www.nasa.gov>

<http://www.ashrae.org>

<http://www.cmdl.noaa.gov/>

<http://www.solcomhouse.com/>

<http://www.uneptie.org/ozonation/>

http://www.nrdc.org/globalwarming/fcons_sp.asp

<http://www.ari.org/>

<http://www.rsesjournal.com/>

GLOSARIO

AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

Proceso mediante el cual las moléculas de ozono estratosférico son destruidas por los productos químicos fabricados por el hombre, llevando a una reducción en su concentración.

AJUSTES

Los ajustes son los cambios que se le hacen al Protocolo de Montreal, en cuanto a los calendarios de eliminación de las sustancias controladas existentes, y en cuanto a los valores de PAO (Potencial de Agotamiento del Ozono) de sustancias controladas en base a los resultados de las nuevas investigaciones. Los ajustes son automáticamente obligatorios para todos los países que hayan ratificado el Protocolo, o la enmienda pertinente, que introdujo la sustancia controlada. Los ajustes pueden cambiar el texto del Protocolo. Además, las partes también pueden tomar decisiones que no cambien el texto del Protocolo, sino que lo interpreten.

AJUSTE DE VIENA

Se refiere a los ajustes acordados en la Séptima Reunión de las Partes, en cuanto a los HCFC y al bromuro de metilo. Se encaró el problema del incumplimiento y se aceleraron levemente los calendarios de eliminación de HCFC.

ARI (AMERICAN REFRIGERATION INSTITUTE)

Instituto que otorga una certificación a quienes fabrican productos utilizados en la refrigeración y el aire acondicionado, que les permite vender en los Estados Unidos de Norteamérica.

ASIGNACIÓN DE LOS COLORES ARI

La Directriz N del ARI es una medida voluntaria que la industria emplea para asignar colores en una forma uniforme a los recipientes

que se emplean para almacenar refrigerantes nuevos o regenerados, que satisfacen las especificaciones de pureza de la Norma 700 del ARI.

AZEÓTROPO

Mezcla que hierve a una temperatura constante. Mezcla única, de dos o más sustancias químicas, que destila a una cierta temperatura constante y tiene una composición constante a una presión determinada. Un azeótropo se comporta como un fluido puro.

BROMURO DE METILO

Sustancia química compuesta por carbono, hidrógeno y bromo que se utiliza principalmente como plaguicida y fumigante agrícola. El bromuro de metilo tiene un PAO elevado.

CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA ATMÓSFERA

El calentamiento global de la atmósfera y el cambio climático son producidos por la emisión de gases efecto invernadero que atrapan el calor que sale de la Tierra, haciendo que la temperatura de la atmósfera aumente. Los gases de efecto invernadero incluyen dióxido de carbono, metano, CFC, HCFC y halones. El potencial de calentamiento global de la atmósfera (PCG) es la contribución de cada uno de los gases de efecto invernadero al calentamiento global de la atmósfera, relativa a la del dióxido de carbono, cuyo PCG por definición tiene el valor 1. Normalmente se refiere a un intervalo de tiempo de 100 años (PCG 100).

CAPA DE OZONO

Término empleado para describir la presencia de moléculas de ozono dispersas en la estratosfera (ver este término). La capa de ozono actúa como filtro de la radiación ultravioleta (UV-B), procedente del sol y protege la vida en la Tierra de los efectos nocivos que produce la exposición prolongada a dichos rayos.

CATARATAS

Daño en los ojos, en donde el cristalino se encuentra parcial o totalmente nublado, atrofiando la visión y algunas veces causando ceguera. La exposición a las radiaciones ultravioleta puede ocasionar este mal.

CLOROFLUOROCARBONO CFC

Familia de sustancias químicas orgánicas compuesta por cloro, flúor y carbono. Estas sustancias completamente halogenadas se usan comúnmente en refrigeración, espumados, aerosoles, esterilizantes, solventes de limpieza y en una variedad de aplicaciones. Los CFC tienen el potencial de destruir las moléculas de ozono en la estratosfera y son una de las principales causas del agotamiento de la capa de ozono.

CONVENIO DE VIENA

Acuerdo internacional alcanzado en 1985 para proveer el marco de trabajo para las actividades globales, con el fin de proteger la capa de ozono estratosférica. Este convenio se implementa a través del Protocolo de Montreal.

ENMIENDA

Las enmiendas son cambios importantes que se le hacen al Protocolo, como por ejemplo el agregado de nuevas sustancias a la lista de sustancias controladas o nuevas obligaciones. Las partes no están vinculadas por estos cambios al Protocolo hasta que se ratifiquen las enmiendas en cuestión. Deben ratificarse en el orden cronológico en que se acordaron. Los países que no han ratificado una cierta enmienda, serán considerados como países que no forman parte, en cuanto a las nuevas sustancias u obligaciones introducidas por dicha enmienda.

ENMIENDA DE BEIJING

Se refiere a la enmienda acordada por la Decimoprimer Reunión de las Partes que introdujo controles en la producción de HCFC, al bromoclorometano como sustancia controlada, y la presentación de datos sobre el bromuro de metilo, usado en aplicaciones exentas para cuarentena y preembarque.

ENMIENDA DE COPENHAGUE

Se refiere a la enmienda acordada por la Cuarta Reunión de las Partes, en el Protocolo de Montreal, celebrada en Copenhague en 1992, mediante la cual se agregaron medidas de control para las sustancias enumeradas en los Anexos C y E. En esta reunión también se aceleraron los calendarios de eliminación para las sustancias enumeradas en los Anexos A y B.

ENMIENDA DE LONDRES

Se refiere a la enmienda acordada por la Segunda Reunión de las Partes, por medio de la cuál se agregaron controles para las sustancias enumeradas en el Anexo B. En esta reunión se aceleraron los calendarios de eliminación para las sustancias enumeradas en el Anexo A y se estableció el Fondo Multilateral Interino para ayudar a los países en desarrollo en sus esfuerzos para eliminar las SAOs.

ENMIENDA DE MONTREAL

Se refiere a la enmienda acordada por la Novena Reunión de las Partes en Montreal, por medio de la cual, entre otras cosas, se introdujo el requisito de establecer sistemas de licencia de importación y exportación. En la misma reunión, se aceleraron los calendarios de eliminación para el bromuro de metilo.

ESTRATOSFERA

Región de la atmósfera superior, ubicada entre la troposfera y la mesosfera, que se extiende desde los 10 a 20 km. por encima de la superficie de la Tierra y continúa hasta una altura aproximada de 40 a 50 km.

GAS DE EFECTO INVERNADERO

Gas que atrapa el calor en la atmósfera de la Tierra, contribuyendo así al calentamiento global del planeta.

HALÓN

Sustancia química bromada, relacionada con los CFC que se emplea para extinguir incendios y tiene un PAO muy alto.

HIDROBROMOFLUOROCARBONO (HBFC)

Familia de sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los halones pero con un PAO inferior.

HIDROCARBUROS

Compuesto químico que consta de uno o más átomos de carbono, rodeados solamente por átomos de hidrógeno. Son ejemplos de hidrocarburos: el propano (C₃H₈, HC-290), el propileno (C₃H₆, HC-1270) y el butano (C₄H₁₀, HC-600). Los HC se usan comúnmente para sustituir a los CFC que se emplean como propulsores de productos en aerosol y en mezclas de refrigerantes. Los hidrocarburos tienen un PAO cero. Los hidrocarburos son compuestos orgánicos volátiles, y en algunas áreas su uso puede estar restringido o prohibido. Aunque se emplean como refrigerantes, la alta inflamabilidad que los caracteriza normalmente limita su uso, empleándose como componentes de baja concentración en mezclas de refrigerantes.

HIDROCARBURO COMPLETAMENTE HALOGENADO

Compuesto químico que consta de uno o más átomos de carbono, rodeados sólo por halógenos. Unos ejemplos de hidrocarburos completamente halogenados son todas las sustancias controladas en los Grupos 1 y 2 de los Anexos A y B del Protocolo de Montreal.

HIDROCLOROFLUOROCARBONO (HCFC)

Familia de sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los CFC, que contienen hidrógeno así como cloro, flúor y carbono. El hidrógeno que contienen hace que su vida en la atmósfera se reduzca haciendo que, a largo plazo, los HCFC sean menos nocivos que los CFC.

HIDROFLUOROCARBONO (HFC)

Familia de sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los CFC, que contienen hidrógeno así como flúor y carbono, pero no cloro y, por consiguiente, no agotan la capa de ozono.

MOLÉCULA DE OZONO

Molécula que contiene tres átomos de oxígeno y cuya presencia en la estratosfera constituye la capa de ozono.

NÚMERO ASHRAE

El número ASHRAE se aplica a los refrigerantes y se define en el Estándar ASHRAE 34 sobre "Designación de número y clasificación de los refrigerantes de acuerdo a la seguridad" (Number Designation and Safety Classification of Refrigerants). La designación de los números para refrigerantes hidrocarburos e hidrocarburos halogenados es sistemática, y permite la determinación de la composición química de los compuestos, a partir de los números del refrigerante.

NÚMERO CAS

El número de registro CAS (No. CAS) es un número asignado por el Chemical Abstracts Service de los Estados Unidos para identificar una sustancia química. El número CAS es específico para sustancias químicas simples y para algunas mezclas. Contiene de 5 a 9 dígitos que están separados en tres grupos mediante guiones. Por ejemplo, el No. CAS para el CFC-12 es 75-71-8.

NÚMERO UN (UNITED NATIONS)

El número de identificación de sustancia de las Naciones Unidas (número NU) es estándar a nivel internacional, contiene cuatro dígitos que identifican una sustancia química específica o un grupo de sustancias químicas, por ejemplo, el número UN del CFC-12 es 1028.

ONU DI

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

OZONO SUPERFICIAL

La polución fotoquímica y las emisiones de los automóviles y de la industria proveen la base para las reacciones fotoquímicas. Produce un efecto adverso en la salud de los seres humanos y en el medio ambiente.

PAÍSES QUE OPERAN AL AMPARO DEL ARTÍCULO 5

Países en desarrollo, que son Partes en el Protocolo de Montreal, cuyo nivel anual de consumo calculado, es menor que 0.3 kg. *per. capita* para las sustancias en el Anexo A, y menor que 0.2 kg. *per. capita* para las sustancias controladas en el Anexo B. En comparación con el calendario de eliminación correspondiente a los países desarrollados, estos países tienen permitido un periodo de gracia de 10 años para la mayoría de las sustancias.

PAÍS QUE NO ES PARTE

Todo país cuyo gobierno no ha ratificado, aceptado, ni aprobado el Protocolo de Montreal o que no se ha adherido a éste o a una o más de sus enmiendas específicas, no se considera Parte en el Protocolo o en esa enmienda en particular.

PAÍS QUE NO OPERA AL AMPARO DEL ARTÍCULO 5 Ó QUE OPERA AL AMPARO DEL ARTÍCULO 2.

Todas las otras Partes en el Protocolo de Montreal que no operan al amparo del artículo 5 (mayormente países desarrollados).

PARTE

País que ha firmado y ratificado el Protocolo de Montreal y sus Enmiendas. En la práctica, que un país sea Parte en el Protocolo de Montreal significa que, no sólo es Parte en dicho Protocolo, sino también en cada una de las enmiendas que ha ratificado. En consecuencia, un país puede ser Parte en el Protocolo de Montreal pero no ser Parte en una enmienda particular del mismo.

POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO (PAO)

Medida de la capacidad que posee una sustancia para destruir el ozono estratosférico, que se basa en su duración en la atmósfera, estabilidad, reactividad y contenido de elementos que pueden atacar al ozono, como por ejemplo cloro y bromo. Todo los PAO se basan en una medida de referencia, que es 1 para el CFC-11.

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)

Define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂ está basado en un tiempo horizonte de 100 años, por ejemplo la emisión de 1kg de R-134a es equivalente a la emisión de 1300kg de CO₂.

PROTOCOLO DE MONTREAL (PM)

Protocolo del convenio de Viena, firmado en 1987, en el que las Partes se comprometen a tomar medidas concretas para proteger la capa de ozono mediante el congelamiento, reducción y eliminación de la producción y el consumo de sustancias controladas.

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Radiación procedente del sol con longitudes de onda comprendidas entre la luz visible y los rayos X. UV-B (280-320 nanómetros) es una de las tres bandas de radiación UV y el aumento en la exposición a la radiación UV-B puede perjudicar la salud de los seres humanos y el medio ambiente.

RECICLAR GAS REFRIGERANTE

Reducción de los contaminantes presentes en los refrigerantes usados, mediante la separación de aceite, la extracción de condensables y la utilización de dispositivos, como por ejemplo filtros secadores para reducir la humedad, la acidez y todo material presente en forma de partículas (definición ISO 11650).

RECUPERACIÓN DE GAS REFRIGERANTE

Extracción de un refrigerante, en el estado físico en que se encuentre en un sistema (vapor, líquido o mezclado con otras sustancias), para almacenarlo en un recipiente externo (definición ISO 11650).

REGENERACIÓN DE GAS REFRIGERANTE

Reprocesamiento de un refrigerante usado, de modo que el producto obtenido cumpla con las especificaciones de un refrigerante nuevo. Se requiere un análisis químico para determinar que el refrigerante cumple con las especificaciones adecuadas. La identificación de contaminantes y el análisis requerido se deben especificar en las normas nacionales o internacionales, relativas a las especificaciones para productos nuevos.

RETROADAPTACIÓN O *RETROFIT*

Proceso mediante el cuál se reemplaza a los refrigerantes CFC con refrigerantes que no agotan la capa de ozono, en los equipos existentes de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Este procedimiento normalmente requiere modificaciones, como por ejemplo, cambio de lubricante, reemplazo del dispositivo de expansión o del compresor. Los refrigerantes sustitutos que se agregan directamente no requieren mayores modificaciones.

SUSTANCIA QUE AGOTA LA CAPA DE OZONO (SAO)

Toda sustancia controlada conforme al Protocolo de Montreal y sus Enmiendas.

Las SAOs incluyen CFCs, HCFCs, halones, tetracloruro de carbono, metilcloroformo, hirobromofluorocarbonos, bromoclorometano y bromuro de metilo. Las SAOs tienen un potencial de agotamiento del ozono mayor que 0 y pueden agotar la capa de ozono estratosférica.

TEAP

Technical and Economical Assessment Panel. Panel de Evaluación Técnica y Económica.

UNEP

United Nations Environment Program.
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

UPO – SEMARNAT

Unidad de Protección a la Capa de Ozono – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

APÉNDICE – TABLAS DE CONVERSIÓN

**Tabla 23.
Medidas de longitud**

FACTORES DE CONVERSIÓN PARA MEDIDAS DE LONGITUD ENTRE LOS SISTEMAS MÉTRICO E INGLÉS			
Milímetros (mm)	x	0.03937	= Pulgadas (pulg.)
Milímetros (mm)	x	0.00328	= Pies (pie)
Centímetros (cm)	x	0.3937	= Pulgadas (pulg.)
Centímetros (cm)	x	0.0328	= Pies (pie)
Metros (m)	x	39.3701	= Pulgadas (pulg.)
Metros (m)	x	3.2808	= Pies (pie)
Metros (m)	x	1.09361	= Yardas (yd)
Kilómetros (k)	x	0.6214	= Millas (mi)
Kilómetros (k)	x	0.62137	= Millas terrestres (mi)
Kilómetros (k)	x	0.53959	= Millas náuticas (náutica)
Pulgadas (pulg.)	x	25.4	= Milímetros (mm)
Pulgadas (pulg.)	x	2.54	= Centímetros (cm)
Pulgadas (pulg.)	x	0.0254	= Metros (m)
Pies (pie)	x	304.8	= Milímetros (mm)
Pies (pie)	x	30.48	= Centímetros (cm)
Pies (pie)	x	0.3048	= Metros (m)
Pies (pie)	x	0.000305	= Kilómetros (k)
Yardas (yd)	x	0.9144	= Metros (m)
Milla terrestre (mi)	x	1,609.30	= Metros (m)
Milla terrestre (mi)	x	1.60935	= Kilómetros (k)
Milla náutica	x	1.85325	= Kilómetros (k)

Tabla 24.
Medidas de Volumen

FACTORES DE CONVERSIÓN PARA MEDIDAS DE VOLUMEN ENTRE LOS SISTEMAS MÉTRICO E INGLÉS			
Mililitros (ml)	x	0.03	= Onzas fluidas (oz)
Mililitros (ml)	x	0.061	= Pulgadas cúbicas (pulg.3)
Centímetros cúbicos (cm ³)	x	0.061023	= Pulgadas cúbicas (pulg.3)
Centímetros cúbicos (cm ³)	x	0.002113	= Pintas (Pt)
Metros cúbicos (m ³)	x	35.317	= Pies cúbicos (pie ³)
Metros cúbicos (m ³)	x	1.308	= Yardas cúbicas (yd ³)
Metros cúbicos (m ³)	x	264.17	= Galones (gal)
Metros cúbicos (m ³)	x	0.000811	= Acre–Pie (Ac–Pie)
Litros (lt)	x	1.05668	= Cuarto (qt)
Litros (lt)	x	0.26417	= Galones (gal)
Litros (lt)	x	61.023	= Pulgadas cúbicas (pulg.3)
Litros (lt)	x	0.035317	= Pies cúbicos (pie ³)
Decalitros (DL)	x	2.6417	= Galones (gal)
Decalitros (DL)	x	1.135	= Pecks (pk)
Hectolitros (HL)	x	3.531	= Pies cúbicos (pie ³)
Hectolitros (HL)	x	2.84	= Bushels (bu)
Hectolitros (HL)	x	0.131	= Yardas cúbicas (yd ³)
Hectolitros (HL)	x	26.42	= Galones (gal)
Onzas fluidas (US)(oz)	x	29.57	= Centímetros cúbicos (cm ³)
Onzas fluidas (US)(oz)	x	0.029573	= Litros (lt)
Pulgadas cúbicas (pulg.3)	x	16.3871	= Centímetros cúbicos (cm ³)
Pulgadas cúbicas (pulg.3)	x	0.016387	= Litros (lt)
Cuarto (qt)	x	946.9	= Milímetros cúbicos (mm ³)
Cuarto (qt)	x	0.9463	= Litros (lt)
Galones (gal)	x	3.7854	= Litros (lt)
Galones (gal)	x	0.003785	= Metros cúbicos (m ³)
Galones (gal)	x	3785	= Centímetros cúbicos (cm ³)
Pies cúbicos (pie ³)	x	28,317	= Centímetros cúbicos (cm ³)
Pies cúbicos (pie ³)	x	0.028317	= Metros cúbicos (m ³)
Pies cúbicos (pie ³)	x	28.317	= Litros (lt)

FACTORES DE CONVERSIÓN PARA MEDIDAS DE VOLUMEN ENTRE LOS SISTEMAS MÉTRICO E INGLÉS (CONTINUA)				
Yardas cúbicas (yd ³)	x	0.7646	=	Metros cúbicos (m ³)
Acre–Pie (Ac–Pie)	x	1233.53	=	Metros cúbicos (m ³)
Pecks (pk)	x	0.881	=	Decalitros (DL)
Bushels (bu)	x	0.3524	=	Hectolitros (HL)

Tabla 25.
Para medidas de peso

FACTORES DE CONVERSIÓN PARA MEDIDAS DE PESO ENTRE LOS SISTEMAS MÉTRICO E INGLÉS				
Granos (troy)	x	0.0648	=	Gramos (g)
Granos (troy)	x	64.8	=	Miligramos (mg)
Onzas (oz)	x	28.35	=	Gramos (g)
Libras (lb)	x	453.59	=	Gramos (g)
Libras (lb)	x	0.4536	=	Kilogramos (kg)
Toneladas (cortas: 2,000 lb)	x	0.9072	=	Megagramos (tonelada métrica)
Libras/pies cúbicos (lb/pie ³)	x	16.02	=	Gramos/litro (g/lt)
Libras/mil-galón (lb/milgal.)	x	0.1198	=	Gramos/metros cúbicos (g/m ³)
Miligramos (mg)	x	0.0154	=	Granos (troy)
Gramos (g)	x	15.432	=	Granos (troy)
Gramos (g)	x	0.0353	=	Onzas (oz)
Gramos (g)	x	0.0022	=	Libras (lb)
Kilogramos (kg)	x	2.2046	=	Libras (lb)
Kilogramos (kg)	x	0.0011	=	Toneladas (cortas: 2,000 lb)
Megagramos (tonelada métrica)	x	1.1023	=	Toneladas (cortas: 2,000 lb)
Gramos/litro (g/lt)	x	0.0624	=	Libras/pies cúbicos (lb/pie ³)
Gramos/metros cúbicos (g/m ³)	x	8.3454	=	Libras/mil-galón (lb/milgal.)

Tabla 26.
Para medidas de superficie

FACTORES DE CONVERSIÓN PARA MEDIDAS DE SUPERFICIE ENTRE LOS SISTEMAS MÉTRICO E INGLÉS			
Centímetros cuadrados (cm ²)	x	0.16	= Pulgadas cuadradas (pulg. ²)
Metros cuadrados (m ²)	x	10.7639	= Pies cuadrados (pie ²)
Metros cuadrados (m ²)	x	1.196	= Yardas cuadradas (yd ²)
Hectáreas (ha)	x	2.471	= Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km ²)	x	247.105	= Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km ²)	x	0.3861	= Millas cuadradas (mi ²)
Pulgadas cuadradas (pulg. ²)	x	6.4516	= Centímetros cuadrados (cm ²)
Pies cuadrados (pie ²)	x	0.0929	= Metros cuadrados (m ²)
Yardas cuadradas (yd ²)	x	0.8361	= Metros cuadrados (m ²)
Acres (Ac)	x	0.00405	= Kilómetros cuadrados (km ²)
Acres (Ac)	x	0.4047	= Hectáreas (ha)
Millas cuadradas (mi ²)	x	2.59	= Kilómetros cuadrados (km ²)

Tabla 27.
Fórmulas Eléctricas

TABLA DE FÓRMULAS ELÉCTRICAS			
	CORRIENTE CONTINUA	CORRIENTE ALTERNA	
		1 FASE	3 FASES
AMPERES Conociendo HP	$\frac{HP \times 746}{E \times N}$	$\frac{HP \times 746}{E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{1.73 \times E \times N \times f.p.}$
AMPERES Conociendo KW	$\frac{KW \times 1000}{E}$	$\frac{KW \times 1000}{E \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times f.p.}$
AMPERES Conociendo KVA		$\frac{KVA \times 1000}{E}$	$\frac{KVA \times 1000}{1.73 \times E}$
KW	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p.}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 1.73}{1000}$
KVA		$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
POTENCIA En la flecha HP	$\frac{I \times E \times N}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p.}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p. \times 1.73}{746}$
FACTOR DE POTENCIA	UNITARIO	$\frac{W}{E \times 1}$	$\frac{W}{1.73 \times E \times 1}$

I = Corriente en Amperes.
E = Tensión en Volts.
N = Eficiencia en Decimales.
HP = Potencia en horse power.
R.P.M. = f X 120/p

f.p. = Factor de potencia
KW = Potencia en kilowatts.
KVA = Potencia aparente en kilovoltamperes.
W = Potencia en watts.
R. P. M. = Revoluciones por minuto.
F = Frecuencia.
P = Número de polos.

* Para sistemas de 2 fases, 3 hilos, la corriente en el conductor común es 1.41 veces mayor que en cualquiera de los otros conductores.

Tabla 28.
Fórmulas Eléctricas para Circuitos

FORMULAS ELÉCTRICAS PARA CIRCUITOS			
CORRIENTE ALTERNA			
Reactiva Inductiva	X_L	=	$2 \pi FL$ (Ohms)
Donde	F	=	Ciclos por segundo y L = inductancia en Henrys
Reactancia Capacitativa	X_C	=	$\frac{1}{2 \pi FC}$ (Ohms)
Donde	C	=	Capacidad en Farads
Impedancia	Z	=	$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ (Ohms) □
Amperes	I	=	$\frac{E}{Z}$ -
CORRIENTE ALTERNA			
Ley de Ohm	E	=	IR
Resistencia en Serie	R	=	$R_1 + r_2 + \dots + r_n$
Conductancias en Paralelo	G	=	$G_1 + g_2 + \dots + g_n$
Resistencias en Paralelo	$\frac{1}{R}$	=	$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$
En otras palabras, convertir la resistencia en conductancia y sumar las conductancias			
Amperes de un motor			
Potencia en Watts	W	=	$E \times I2$
	W	=	$R \times I$
	W	=	$HP \times 746$
	I	=	$\frac{HP \times 746}{E \times \text{Eficiencia}}$

Tabla 29.
Propiedades del Vapor Saturado

Basadas en 1.03 Kgs./cm² de Presión Atmosférica					
PRESIÓN MANOMÉTRICA Kg./Cm²	TEMP °C	PRESIÓN MANOMÉTRICA Kg./Cm²	TEMP °C	PRESIÓN MANOMÉTRICA Kg./Cm²	TEMP °C
0.5	111	9.5	181	18.5	210
1.0	120	10.0	183	19.0	211
1.5	127	10.5	185	19.5	213
2.0	133	11.0	187	20.0	214
2.5	138	11.5	189	20.5	215
3.0	143	12.0	191	21.0	216
3.5	147	12.5	192	21.5	217
4.0	151	13.0	193	22.0	218
4.5	154	13.5	195	22.5	219
5.0	158	14.0	197	23.0	220
5.5	161	14.5	199	23.5	221
6.0	164	15.0	200	24.0	222
6.5	167	15.5	201	24.5	223
7.0	170	16.0	203	25.0	224
7.5	173	16.5	204	25.5	225
8.0	176	17.0	206	26.0	226
8.5	177	17.5	207	26.5	228
9.0	179	18.0	208	27.0	229

Tabla 30.
Conversión de Centígrados a Fahrenheit

CONVERSIÓN DE TEMPERATURAS CENTÍGRADOS A FAHRENHEIT					
FÓRMULAS		F = Multiplicar Centígrados por 1.8 y sumar 32 al resultado			
		C = Restar 32 a los Fahrenheit y dividir entre 1.8			
°C	°F	°C	°F	°C	°F
-40	-40	50	122	140	284
-35	-31	55	131	145	293
-30	-22	60	140	150	302
-25	-13	65	149	155	311
-20	-4	70	158	160	320
-15	5	75	167	165	329
-10	14	80	176	170	338
-5	23	85	185	175	347
0	32	90	194	180	356
5	41	95	203	185	365
10	50	100	212	190	374
15	59	105	221	195	383
20	68	110	230	200	392
25	77	115	239	205	401
30	86	120	248	210	410
35	95	125	257	215	419
40	104	130	266	220	428
45	113	135	275	225	437

APÉNDICE – TABLAS DE EQUIVALENCIAS

Tabla 31.
Sistema Métrico

SISTEMA MÉTRICO			
LONGITUD			
1 milímetro (mm)		0.039	pulgadas
1 centímetro (cm)	= 10 mm.	= 0.03937	pulgadas
1 Metro (m)	= 1000 mm.	= 1.0936	yardas
1 Kilómetro (k)	= 1000 m.	= 0.6214	millas
CAPACIDAD (VOLUMEN)			
1 Centímetro cúbicos (cm ³)		= 0.0610	pulgadas ³
1 Decímetro cúbicos (dm ³)	= 1000 cm ³	= 0.0353	pies ³
1 Metro cúbico (m ³)	= 1000 dm ³	= 1.3079	yardas ³
1 Litro (lt)	= 1 dm ³	= 0.2642	US galón
		0.2200	galón imperial
1 Hectolitro (Hl)	= 100 lts	= 2.8373	US bushel
		2.7497	bushel imperial
SUPERFICIE O AREA			
1 Centímetro cuadrado (cm ²)	= 100 mm ²	= 0.1550	pulgadas ²
1 Metro cuadrado (m ²)	= 10000 cm ²	= 1.1960	yardas ²
1 Hectárea (ha)	= 10000 m ²	= 2.4711	acres
1 Kilómetro cuadrado (km ²)	= 100 ha	= 0.3861	millas ²
PESO			
1 Miligramo (mg)		= 0.01543	gramos
1 Gramo (g)	= 1000mg	= 0.0353	onzas
1 Kilogramo (kg)	= 1000g	= 2.2046	libras
1 Tonelada (Tm)	= 1000 kg	= 1.1023	toneladas cortas
		0.9842	toneladas largas

Tabla 32.
Sistema Imperial

SISTEMA IMPERIAL			
LONGITUD			
1 Pulgada (inch) (in)		= 2.54	Cm
1 Pie (foot) (ft)	= 12 pulgadas	= 30.48	Cm
1 Yarda (yard) (yd)	= 3 pies	= 91.44	Cm
1 Furlong (estadio) (fur)	= 220 yardas	= 201.16	M
1 Milla terrestre (mile)	= 1760 yardas	= 1,609.3	M
1 Milla marítima (náutica)	= 2025 yardas	= 1853	M
CAPACIDAD (VOLUMEN)			
1 Pulgada cúbica (cubic inch) (cu. in.)		= 16.3871	cm ³
1 Pie cúbico (cubil foot) (cu. ft.)	= 1728 pulgadas ³	= 28.317	dm ³
1 Yardas cúbicas (cubil yard) (cu. yd.)	= 27 pies ³	= 0.7646	cm ³
SUPERFICIE O ÁREA			
1 pulgada cuadrada (square inch) (sq. in.)		= 6.4516	cm ²
1 pie cuadrado (square foot) (sq. in)		= 929	cm ²
1 yarda cuadrada (square yard) (sq. yd.)	= 9 pies ²	= .8361	m ²
1 milla cuadrada (square mile) (sq. mi.)	= 60 acres	= 259	Hect.
1 acre (A)	= 4840 yardas	= 7046.86	m ²
PESO (SISTEMA AVOIRDUPOIDS)			
1 onza (ounce) (OZ.)	= 437.5 gramos	= 28.350	Grs.
1 libra (pound)	= 16 onzas	= 453.6	Grs.
1 quital corto (houndred-weight) (cwt.)	= 100 libras	= 45.359	Kg
1 tonelada corta (short ton) (s. t.)	= 2000 libras	= 907.20	Kg
1 tonelada larga (long ton.) (l. t.)	= 2240 libras	= 1.0161	tons.
		1016	Kg

**Tabla 33.
Medidas de Presión**

MEDIDAS DE PRESIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • 1 libra X pulg.² = 144 libras X pie² = 0.068 atmósferas = 5.186 cms. de mercurio a 16.6°C = 70.36 cms. de agua a 16.6°C = 0.0704 kg. X cm² • 1 atmósfera = 76.2 cms. de mercurio a 16.6°C = 14.7 libras X pulg.² = 2116.3 libras X pie² = 1.035 kgs. X cm² • 1 mt. de agua a 16.6°C = 0.1 kg. X cm² = 1.42 libras X pulg.² 	
<ul style="list-style-type: none"> • 1 cm. de mercurio a 16.6°C = 0.1358 mts. de agua = 13.58 cms. de agua = 0.01358 kg. X cm² 	
<ul style="list-style-type: none"> • Columna de agua de 1 mt. de alto y un cm. de diámetro = 314.16 gramos. 	

**Tabla 34.
Tonelada Americana de Refrigeración**

TONELADA AMERICANA DE REFRIGERACIÓN	
1 Tonelada de refrigeración =	12,000 BTU/HR
1 Tonelada de refrigeración =	3,024 KCAL/HR

ANEXOS

SANCIONES PENALES

A continuación se transcribe una parte de las reformas al Código Penal, donde se mencionan a las **sustancias agotadoras de la capa de ozono**, publicadas en el Diario Oficial de la Federación del miércoles 6 de febrero de 2002. Quien esté interesado puede consultar el texto completo en dicho Diario, ya que tiene otras disposiciones y sanciones por daños a los ecosistemas, áreas naturales protegidas o al ambiente, conforme a lo previsto en la “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”.

SE REFORMAN Y ADICIONAN DIVERSAS DISPOSICIONES DE LOS CÓDIGOS PENAL FEDERAL Y FEDERAL DE PROCEDIMIENTOS PENALES

TÍTULO VIGÉSIMO QUINTO

Delitos Contra el Ambiente y la Gestión Ambiental

CAPÍTULO PRIMERO

De las actividades tecnológicas y peligrosas

Artículo 414. Se impondrá pena de uno a nueve años de prisión y de trescientos a tres mil días multa al que ilícitamente, o sin aplicar las medidas de prevención o seguridad, realice actividades de producción, almacenamiento, tráfico, importación o exportación, transporte, abandono, desecho, descarga, o realice cualquier otra actividad con sustancias consideradas peligrosas por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas u otras análogas, lo ordene o autorice, que cause un daño a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a los ecosistemas, a la calidad del agua, al suelo, al subsuelo o al ambiente.

La misma pena se aplicará a quien ilícitamente realice las conductas con las sustancias enunciadas en el párrafo anterior, **o con sustancias agotadoras de la capa de ozono** y cause un riesgo de daño a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a los ecosistemas, a la calidad del agua o al ambiente.

En el caso de que las actividades a que se refieren los párrafos anteriores, se lleven a cabo en un área natural protegida, la pena de prisión se incrementará hasta en tres años y la pena económica hasta en mil días multa, **a excepción de las actividades realizadas con sustancias agotadoras de la capa de ozono.**

Cuando las conductas a las que se hace referencia en los párrafos primero y segundo de este artículo, se lleven a cabo en zonas urbanas con aceites gastados o **sustancias agotadoras de la capa de ozono** en cantidades que no excedan 200 litros, o con residuos considerados peligrosos por sus características biológico-infecciosas, se aplicará hasta la mitad de la pena prevista en este artículo, salvo que se trate de conductas repetidas con cantidades menores a las señaladas, cuando superen dicha cantidad.

Tabla 35.
Índice de refracción vs. Contenido de aceite mineral

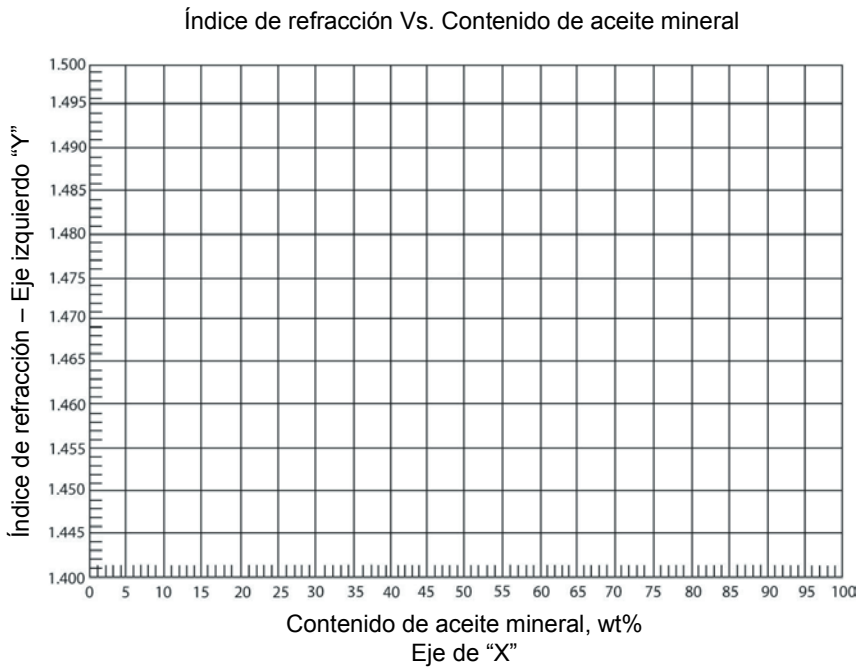


Tabla 36.
Selección tubo capilar R-12 en media temperatura

Gas de retorno 95° F.
Sub-enfriamiento, 15° F

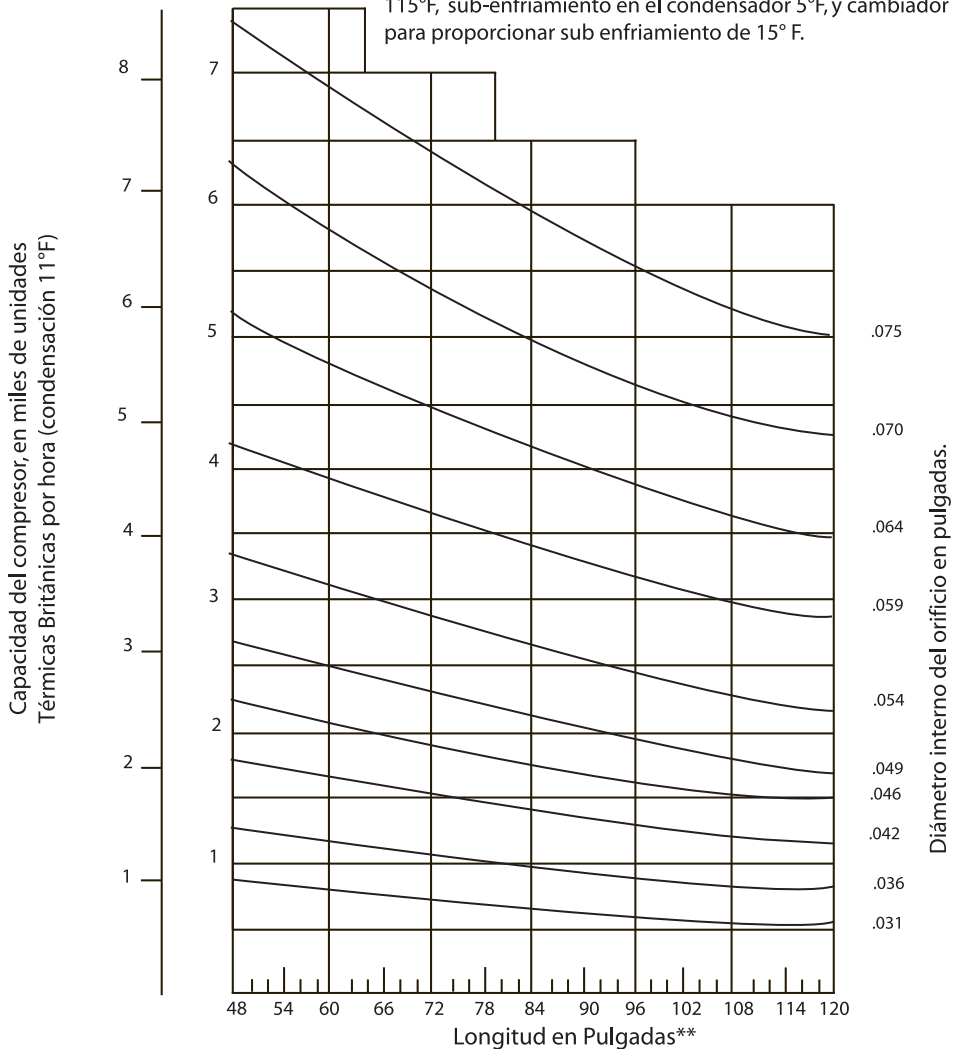
Gas de retorno 65° F.
Sub-enfriamiento, 15° F

Selección de tubo capilar R-12

Temperatura Media

Temperatura de evaporación de 25° a 10° F (únicamente selección preliminar). La selección final deberá hacerse mediante el ensayo en la unidad.

** Longitud para equilibrio de la de la unidad con condensación de 115°F, sub-enfriamiento en el condensador 5°F, y cambiador de calor para proporcionar sub enfriamiento de 15° F.



Esta Obra se termino de imprimir en mayo de 2006
con un tiraje de 5000, ejemplares en los talleres de
Edicrom, S.A. de C.V.
Parque de Chapultepec 43 colonia Fraccionamiento
El Parque, en Naucalpan, Estado de México.

