

NORTHCUTT, INC

Manual de capacitación sobre productos refrigerantes de hidrocarburo (HC)



PRODUCTOS REFRIGERANTES DE HC

HC-12a[®]

HC-22a[®]

HC-502a[®]

MANUAL DE CAPACITACIÓN SOBRE PRODUCTOS REFRIGERANTES DE HIDROCARBURO (HC)

AGRADECIMIENTOS:

HYDROCARBON TECHNOLOGY II

Anuario 1996 de GTZ

Dr. Klaus Meyersen

Dr. Peter Stormer

Dirk Legatis

PROKLIMA@GTZ.de

Eschborn, 1996

Todas las citas de este manual se han extraído de:

PAUTAS PARA EL USO DE REFRIGERANTES DE HIDROCARBURO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

ACRIB

www.acrib.org.uk

© Northcutt, Inc

5055 N. Broadway

PO Box 4278

Wichita, KS 67204

Teléfono: 316.838.1477 • Fax: 316.838.6203

Modificación 320041

MANUAL DE CAPACITACIÓN * Productos refrigerantes de HC* Tabla de contenidos

CAPÍTULO 1	PÁGINA	CAPÍTULO 4 TABLAS	PÁGINA
ACERCA DE LOS REFRIGERANTES	4	HC-12a®	
Selección del refrigerante	4	Tuberías de succión	27
Propiedades del refrigerante	5	Tabla de capacidad del evaporador	27
Lubricantes	6	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	27
Materiales	6	Capacidad mínima de refrigeración	28
Componentes generales del sistema	7	Información sobre la tubería de líquidos	28
		Tabla de capacidad del evaporador	28
CAPÍTULO 2		Factores de corrección de la capacidad del evaporador	29
SEGURIDAD	8	Información sobre la tubería de descarga	29
Aspectos generales	8	Tabla de capacidad del evaporador	29
Carga de refrigerante admitida	8	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	29
Propiedades inflamables	9		
Normas de seguridad y Código de práctica	9	CAPÍTULO 5	
Diseño	10	HC-22a®	
Carga de refrigerante	10	Tuberías de succión	30
Equivalentes de refrigerantes de HC	11	Tabla de capacidad del evaporador	30
Categorías	13	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	30
Fabricación	13	Capacidad mínima de refrigeración	31
Uso de los componentes	14	Información sobre la tubería de líquidos	31
Instalación	15	Tabla de capacidad del evaporador	31
Información general	15	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	31
Tuberías de refrigeración	15	Información sobre la tubería de descarga	32
Salas de máquinas	16	Capacidad del evaporador	32
Ventilación	16	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	32
Detección de refrigerante	17		
Fuentes de ignición	18	CAPÍTULO 6	
Instalación de sistemas de tuberías	18	HC-502a®	
Señalización e instrucciones	19	Tuberías de succión	33
Consideraciones generales	19	Tabla de capacidad del evaporador	33
		Factores de corrección de la capacidad del evaporador	33
		Capacidad mínima de refrigeración	34
CAPÍTULO 3		Información sobre la tubería de líquidos	34
SERVICIO, MANTENIMIENTO Y MANEJO DEL REFRIGERANTE	20	Tabla de capacidad del evaporador	34
Capacidad práctica	20	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	34
Enfoque general de manejo	20	Información sobre la tubería de descarga	35
Controles de seguridad	20	Capacidad del evaporador	35
Controles del área	20	Factores de corrección de la capacidad del evaporador	35
Controles del equipo	21		
Controles de los dispositivos eléctricos	21	OTRAS TABLAS	
		PRESIÓN DE VAPOR VS.	36,41,46

Controles iniciales de seguridad	22
Detección de refrigerantes de hidrocarburo	22
Apertura de un sistema y carga	23
Carga	23
Puesta en funcionamiento	24
Baja del servicio	24
Recuperación	24
Manejo de los cilindros	25
Traslado de los cilindros	25
Almacenamiento de los cilindros	26
Transporte de los sistemas	26

TEMPERATURA

HC-12a® Punto de burbujeo (estándar)	37
HC-12a® Punto de condensación (estándar)	38
HC-12a® Punto de burbujeo (métrico)	39
HC-12a® Punto de condensación (métrico)	40
HC-22a® Punto de burbujeo (estándar)	42
HC-22a® Punto de condensación (estándar)	43
HC-22a® Punto de burbujeo (métrico)	44
HC-22a® Punto de condensación (métrico)	45
HC-502a® Punto de burbujeo (estándar)	47
HC-502a® Punto de condensación (estándar)	48
HC-502a® Punto de burbujeo (métrico)	49
HC-502a® Punto de condensación (métrico)	50

Capítulo 1

ACERCA DE LOS REFRIGERANTES

“Aunque las características más sobresalientes relacionadas con los diseños de sistemas refrigerantes de hidrocarburo son los temas de seguridad, también deben considerarse los aspectos generales de refrigeración. Esto incluye las propiedades termodinámicas, la compatibilidad de materiales y la selección de componentes.”

1.1 Selección del refrigerante

Criterios estándares de selección:

1. Haga coincidir la presión de vapor del refrigerante con las condiciones de funcionamiento.
2. Genere un buen rendimiento del sistema.

Refrigerantes combinados:

1. Se utilizan cuando el efecto del cambio de temperatura y de composición no constituyen un problema.

Tabla 1.1: Proporciona una guía general y comparativa para la selección del refrigerante y sus campos de aplicación. Para obtener más información sobre la selección del refrigerante, comuníquese con el representante de Asistencia Técnica de Productos Refrigerantes de HC.

Tabla 1.1: Campos de aplicación de los productos refrigerantes de HC

Refrigerante	Campo de aplicación	Reemplazo
HC-12a®	Temperaturas elevadas/medias, electrodomésticos, automóviles	R12 R134a
HC-22a®	Temperaturas elevadas/medias, comercios, frigoríficos	R22 R407c R410a R411a
HC-502a®	Temperaturas medias/bajas, comercios, industrias, refrigeración de procesos industriales, enfriadores, frigoríficos	R502 R404a R408a R507a

Utilice solamente productos de tipo refrigerante.

“Los hidrocarburos comerciales contienen cantidades significativas de agua y otras impurezas que podrían contribuir a la degradación del aceite y a la reducción de la vida útil del compresor. Otro problema con el GLP comercial es que la composición de todo hidrocarburo específico puede variar y cambiar drásticamente las propiedades del refrigerante de cilindro a cilindro.”

1.2 Propiedades del refrigerante

Las propiedades físicas de un refrigerante determinan su aplicación. Las ya conocidas propiedades termodinámicas y de transporte del refrigerante contribuyen a predecir el comportamiento y funcionamiento del sistema. La Tabla 1.2 muestra las propiedades básicas. Para obtener información más integral, consulte la Planilla de datos de seguridad del material (MSDS) o comuníquese con un representante de Asistencia Técnica de Productos Refrigerantes de HC.

Tabla 1.2: Propiedades físicas del refrigerante (métrico y estándar)

PROPIEDADES FÍSICAS DEL REFRIGERANTE - MÉTRICO							
Refrigerante	Densidad del líquido @ 30°C (Mg/m ³)	Punto de ebullición a 1 atmósfera (°C)	Temperatura crítica (°C)	Presión crítica (kPa)	Cambio de temperatura a 25°C	Calor latente de evaporación en el punto de ebullición (kJ/kg)	Densidad del vapor saturado en el punto de ebullición (kg/m ³)
R12	1.29	-29.8	112.0	4015	0	165	6.3
R22	1.17	-40.8	96.1	4877	0	233	4.7
R502	1.19	-45.4	82.2	3974	< 1.0	172	6.2
HC-12a®	0.517	-32.6	113.0	3989	6	405	1.9
HC-22a®	0.484	-44.6	96.7	4248	0	426	2.4
HC-502a®	0.475	-49.8	93.5	4280	2	444	1.8
PROPIEDADES FÍSICAS DEL REFRIGERANTE - ESTÁNDAR							
Refrigerante	Densidad del líquido a 90°F (lb/ft ³)	Punto de ebullición a 1 atmósfera (°F)	Temperatura Crítica (°F)	Presión Crítica (psig)	Cambio de Temperatura a 77°F	Calor latente de evaporación en el punto de ebullición (Btu/lb)	Densidad del vapor saturado en el punto de ebullición (lb/ft)
R12	80.12	-21.6	234	582	0	71.5	0.39
R22	72.52	-41.4	205	707	0	101.0	0.29
R502	73.49	-49.7	180	576	< 1.0	74.6	0.38
HC-12a®	31.9	-24.7	235	579	6	177.0	0.12
HC-22a®	29.9	-43.8	206	616	0	186.0	0.15
HC-502a®	29.6	-56.2	200	621	2	191.0	0.12

1.3 Lubricantes

“Los refrigerantes de hidrocarburo tienen una compatibilidad química completa con casi todos los lubricantes que normalmente se utilizan en los sistemas de refrigeración.”

1. La buena miscibilidad se mantiene con la mayoría de los lubricantes en todas las condiciones de funcionamiento.
2. Cuando pueda producirse una dilución elevada:
 - a. Es posible que deba utilizarse un lubricante con menor solubilidad o mayor viscosidad para compensar la dilución.
 - b. Esto se produce como consecuencia de la buena solubilidad en aceites minerales.

“Los lubricantes con silicona o silicato (normalmente utilizados como aditivos antiespumantes) no son compatibles con los refrigerantes de hidrocarburo y no deberán emplearse.”

Tabla 1.3: Compatibilidad de distintos lubricantes con los refrigerantes de HC

Tipo de lubricante	Compatibilidad
Mineral (M)	Completamente soluble en refrigerantes de HC. Excesivamente soluble a altas temperaturas. Compensar con un aceite de mayor viscosidad.
Alquilobenceno (AB)	Completamente soluble y los grados de viscosidad típicos se aplican en todos los casos.
Semi sintético (AB/M)	Mezcla de aceites de AB y M que adquiere propiedades convenientes para utilizarla con los refrigerantes de HC.
Poliéster (POE)	Por lo general, presenta solubilidad excesiva en los refrigerantes de HC. Puede requerir un grado de viscosidad más elevado.
Glicol de polialquileno (PAG)	Soluble o parcialmente soluble en refrigerantes de HC, según las condiciones. Generalmente, los grados normales son satisfactorios.
Polialfaolefina (PAO)	Soluble en refrigerantes de HC pero generalmente se utiliza para aplicaciones a temperaturas bajas.

* Los productos refrigerantes de HC son compatibles con todos los lubricantes utilizados en los sistemas de aire acondicionado. Es recomendable que el técnico utilice el lubricante diseñado específicamente para el compresor en particular.

1.4 Materiales

“Prácticamente todos los elastómeros comunes y materiales plásticos para refrigeración utilizados como juntas tóricas, alojamientos de válvulas, juntas y obturadores, son compatibles con los refrigerantes de hidrocarburo.”

Materiales compatibles

Neopreno
Viton
Cauchos nitrílicos
HNBR (nitrilo hidrogenado)
PTFE (politetrafluoretileno)
Nailon

Materiales no compatibles*

EPDM (terpolímero de propileno etilénico)
Cauchos naturales
Cauchos de silicona

*Se utilizan muy poco con los compresores modernos, pero pueden encontrarse en sistemas más antiguos.

1.5 Componentes generales del sistema

“Por lo general, los componentes de sistema que se utilizan para refrigerantes fluorocarbonados no difieren significativamente cuando se utilizan hidrocarburos. Se debe consultar a los proveedores de dichos componentes sobre otros componentes en línea, como reguladores, válvulas de solenoide, etc.”

Evaporadores y condensadores

“Los evaporadores y condensadores que se utilizan con hidrocarburos tienden a presentar prácticamente el mismo diseño y tamaño que aquellos utilizados con refrigerantes fluorocarbonados convencionales que funcionan a presiones similares. Los coeficientes de transferencia de calor tienden a ser más altos en la mayoría de los hidrocarburos. Sin embargo, esto no afecta de manera significativa las dimensiones del intercambiador de calor. Todos los tipos de intercambiadores de calor son apropiados para su uso con refrigerantes a base de hidrocarburo. Éstos incluyen:

- Enfriados por aire
- De casco y tubo (recirculado y expansión directa)
- De placas

También deben considerarse los intercambiadores de calor con succión de líquidos ya que éstos contribuyen a mejorar la eficiencia del sistema, especialmente cuando se utilizan hidrocarburos.”

Compresores

“La mayoría de los compresores son apropiados para su uso con refrigerantes de hidrocarburo. Debe consultarse a los proveedores de dichos compresores sobre su elección y aplicación. Si se utiliza un compresor con hidrocarburos sin la autorización del proveedor, es posible que se invalide la garantía.”

“Para asegurar un funcionamiento satisfactorio, una vida útil por tiempo prolongado y para evitar la sobrecarga del compresor, se deben respetar ciertos criterios de diseño. Siempre que se diseñe un sistema, debe consultarse la señalización y la información de aplicación del compresor. Asegúrese de que los compresores tengan la señalización correspondiente que indique que el sistema utiliza refrigerantes de hidrocarburo. Considere la posibilidad de utilizar calentadores de cárter para evitar que el aceite se diluya excesivamente.”

Dispositivos de control del refrigerante

“Todos los tipos de dispositivos de expansión son apropiados para su uso con refrigerantes de HC. “Los criterios de selección y diseño son los mismos que se aplican para los refrigerantes de hidrocarburos fluorinados convencionales. Hay tablas y programas de computación para determinar el tamaño y longitud del tubo capilar, aunque generalmente se prefiere un método de prueba y error. Pueden utilizarse válvulas de expansión termostática (TEV) para otros refrigerantes que funcionen con relaciones de presión-temperatura similares. También pueden utilizarse válvulas de expansión electrónica (EEV). Las EEV empleadas en los sistemas con refrigerantes de HC deben cumplir con los requisitos para componentes eléctricos, según se detalla en el capítulo 2.6.6.”

Deshidratantes

“Los deshidratantes se utilizan dentro de los secadores del filtro. Los más utilizados son compatibles con los refrigerantes de hidrocarburo. Los tipos aceptados son XH-5 y XH-6 o equivalentes.”

Selección del tamaño de la tubería

“Cuando se elige el tamaño de las tuberías del refrigerante, se debe tener en cuenta la información específica sobre el tamaño de la tubería para refrigerantes de hidrocarburo. Aunque la mayoría de los refrigerantes de hidrocarburo utilizan presiones de funcionamiento similares a las de los refrigerantes fluorocarbonados ‘equivalentes’, las propiedades termodinámicas y de transporte pueden diferir significativamente. Por lo tanto, la información de otros

refrigerantes no podrá aplicarse directamente. Los proveedores de refrigerante deben proporcionar la información necesaria para elegir el tamaño de la tubería.”

CAPÍTULO 2 SEGURIDAD

2.1 Aspectos generales de seguridad

“Todos los refrigerantes de hidrocarburo son altamente inflamables, pero no son tóxicos.”

Estas características le confieren una clasificación “A3” según la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers o ASHRAE). Se deben consultar las normas específicas, que especifican los requisitos para el uso seguro de los refrigerantes de clasificación “A3” en comercios e industrias. La norma más relevante y actualizada disponible es la EN 378 (Norma Europea 2000). Northcutt, Inc. recomienda que se consulte la norma EN 378 sobre el diseño y uso de refrigerantes de clasificación “A3”. En Canadá, Estados Unidos y cualquier otra región donde no se hayan dictado normas, el técnico debe remitirse a ASHRAE 15-2001. El equivalente europeo a la clasificación “A3” que se utiliza en la Norma EN 378 es “L3”.

Independientemente de la inflamabilidad del refrigerante utilizado, existen numerosos requisitos de seguridad que deben considerarse. Para obtener más información, deben consultarse las normas de seguridad general y los códigos de práctica.

2.2 Carga de refrigerante admitida

“El factor limitante relacionado con el uso de refrigerantes de hidrocarburo es la capacidad de carga, el tipo de ocupación y el tamaño de la habitación.”

Los sistemas con capacidades de carga de 0.15 kg. (0.33 lb) o inferiores pueden instalarse en habitaciones de cualquier tamaño. Para los sistemas con capacidad de carga superior a 0.15 kg. (0.33 lb), la habitación debe tener un tamaño tal que una pérdida repentina de refrigerante no ocasione que la concentración media en la habitación supere el límite práctico de $0.008\text{kg}/\text{m}^3$ ($0.00049944\text{ lb}/\text{ft}^3$). Los requisitos de capacidad de carga según la norma EN 378, sección 1, anexo C están resumidos en la Tabla 2.2. En la Norma EN 378 encontrará todos los requisitos de capacidad de carga.

Tabla 2.2: Requisitos de capacidad de carga

Categoría	Ejemplos	Volúmenes calculados a partir de los límites prácticos anteriores hasta:
A (Hogar/espacios públicos)	Hospitales, prisiones, teatros, escuelas, supermercados, hoteles, viviendas	<ul style="list-style-type: none">1.5 kg. (3.3lb) por sistema sellado, siempre que no haya fuentes de ignición asociadas al sistema de refrigeración5kg. (4.99kg) en salas de máquinas especiales o al aire libre
B (Comercio/espacios privados)	Oficinas de negocios o de profesionales, sitios para la fabricación en general y para el trabajo	<ul style="list-style-type: none">2.5 kg. (5.5lb) por sistema.10kg. (22lb) en salas de máquinas especiales o al aire libre
C (Industria/espacios restringidos)	Almacenes de refrigeración, industria de lácteos, de envasado de carne, refinerías, áreas restringidas en los supermercados, habitaciones en fábricas.	<ul style="list-style-type: none">10 kg (22lb) para espacios donde hay personas25 kg. (55lb) si el lado de alta presión (excepto para condensadores enfriados por aire) se encuentra en una habitación especial para máquinas o al aire libre.No tiene límites si todas las piezas que contienen refrigerante se colocan en una habitación especial para máquinas o al aire libre.

2.3 Propiedades inflamables

“Tabla 2.3: Proporciona información sobre las propiedades de los refrigerantes de HC. Estos valores son necesarios en la etapa de diseño, cuando se determina la carga máxima de refrigerante, ventilación, velocidad de flujo y las temperaturas máximas admisibles de los componentes.”

Tabla 2.3: Propiedades de inflamabilidad de los refrigerantes de HC seleccionados

Refrigerante	Limite inferior de inflamabilidad (LFL)		Temperatura de encendido automático
	Por volumen (%)	Por masa (kg/m ³) (lb/ft ³)	
HC-12a®	1.95	0.040 0.002497	891°C (1636°F)
HC-22a®	2.0	0.038 0.002372	480°C (896°F)
HC-502a®	2.2	0.038 0.002372	472°C (882°F)

El límite práctico según se define en la EN 378 es del 20% del LFL.

2.4 Normas de seguridad y Código de práctica

“Hay una gran cantidad de códigos y normas de seguridad apropiados para el uso de refrigerantes de HC y equipo relacionado. La elección de documentos apropiados no siempre es obvia y por lo tanto el objetivo de este capítulo es proporcionar cierto grado de claridad en este aspecto.”

Por lo general, los sistemas de refrigeración deben diseñarse y fabricarse de acuerdo con los requisitos generales de seguridad para los refrigerantes de clasificación A3/L3. Los mismos están detallados en varios códigos regionales (provinciales, estatales o municipales). Es responsabilidad del ingeniero o contratista de sistemas de refrigeración o aire acondicionado conocer y entender las restricciones que regulan el uso de refrigerantes A3/L3 y seguir las pautas correspondientes.

La diferencia más importante entre los sistemas que utilizan refrigerantes inflamables y los que utilizan refrigerantes ignífugos es

- la tolerancia de volumen por metro cuadrado y
- el uso de equipos eléctricos adecuados que no constituyan un riesgo en caso de fugas.

Se supone que los ingenieros y contratistas involucrados en el diseño, fabricación y mantenimiento de los sistemas de refrigeración deben estar calificados y mantenerse actualizados a través de capacitación permanente.

NOTA: Los sistemas de refrigeración domésticos o de tipo hermético por lo general tienen otros aspectos de seguridad, como reglamentaciones de electricidad relacionadas con los mismos, ya que se los considera electrodomésticos. Consulte los requisitos de seguridad específicos para electrodomésticos pequeños cuando realice la instalación.

Las normas no incluyen todos los requisitos y si un sistema de trabajo seguro puede demostrar un nivel similar de seguridad al sistema implícito en estas normas y puede cumplir con la legislación canadiense o estadounidense, este

método también es aceptable. De hecho, los organismos notificados por lo general establecen su propio criterio de fabricación y prueba cuando aún no hay normas disponibles o cuando las que están en vigencia no se consideran apropiadas para su aplicación.

2.5 Diseño

Los requisitos de diseño específicos se aplican generalmente a un sistema de acuerdo con la capacidad de carga de refrigerante y su ubicación.

Las siguientes páginas contienen una explicación acerca de las reglamentaciones que regulan el diseño del equipo.

2.5.1 Carga de refrigerante

A continuación se detallan las equivalencias de los refrigerantes de hidrocarburo vs. las cargas para el sistema a base de clorofluorocarbono (CFC) e hidrocloreofluorocarbono (HCFC). Bajo ninguna circunstancia el sistema podrá sobrecargarse. Es importante tener en cuenta que durante la carga, la densidad del refrigerante de HC es básicamente equivalente al doble del volumen de los refrigerantes de CFC o HCFC, debido a que la densidad de los refrigerantes de HC es mucho menor. Por consiguiente, los sistemas con sobrecarga poseen diferencias muy significativas en cuanto a los aumentos en kPa (psig) y podrían dañar los sistemas y componentes.

Consulte la Tabla 2.5.1.a y la Tabla 2.5.1.b de las páginas 8 y 9 donde se presentan las equivalencias del R12 y R134a.

Tabla 2.5.1.a: Equivalencias para el R12 y R134a

Refrigerante HC-12a®						
CANTIDAD DE REFRIGERANTE EQUIVALENTE POR PESO						
HC-12a®			HFC R134a		CFC R12	
1 oz (28.3 g)			2.5 oz(70.9 g)		2.8 oz (79.4 g)	
2 oz (56.70 g)			5.0 oz (141.75)		5.7 oz (161.6 g)	
3 oz (85.0 g)		= 1/2 lata	7.5 oz (212.6 g)		8.5 oz (241.0 g)	
4 oz (113.4 g)			10 oz (283.5 g)		11.4 oz (323.2 g)	
5 oz (141.7 g)			12.5 oz (354.4 g)		14.2 oz (402.6 g)	
6 oz (170.1 g)		= 1 lata	15 oz (425.2 g)		17 oz (481.9 g)	
7 oz (198.4 g)			1 lb (0.45 kg)	1 oz (28.3 g)	1 lb (0.45 kg)	4 oz (113.4 g)
8 oz (226.8 g)				4 oz (113.4 g)		6 oz (170.1 g)
9 oz (255.1 g)		= 1 lata y media		6 oz (170.1 g)		9 oz (255.1 g)
10 oz (283.5 g)				9 oz (255.1 g)		12 oz (340.2 g)
11 oz (311.8 g)				11 oz (311.8 g)		15 oz (425.2 g)
12 oz (340.19 g)		= 2 latas		14 oz (396.9 g)	2 lb (0.91 kg)	2 oz (56.70 g)
13 oz (368.5 g)			2 lb (0.91 kg)			5 oz (141.7 g)
14 oz (396.9 g)				3 oz (85.0 g)		8 oz (226.8 g)
15 oz (425.2 g)		= 2 latas y media		5 oz (141.7 g)		10 oz (283.5 g)
1 lb (0.45 kg)	(16 oz) (453.6 g)			8 oz (226.8 g)		13 oz (368.5 g)
	1 oz (28.3 g)			10 oz (283.5 g)	3 lb (1.36 kg)	
	2 oz (56.7 g)	= 3 latas		13 oz (368.5 g)		3 oz (85.0 g)
	3 oz (85.0 g)			15 oz (425.2 g)		6 oz (170.10 g)
	4 oz (113.4 g)		3 lb (1.36 kg)	2 oz (56.7 g)		9 oz (255.1 g)
	5 oz (141.7 g)	= 3 latas y media		3 oz (85.0 g)		12 oz (340.2 g)
	6 oz (170.1 g)			7 oz (198.4 g)		14 oz (396.9 g)
	7 oz (198.4 g)			9 oz (255.1 g)	4 lb (1.8 kg)	1 oz (28.3 g)
	8 oz (226.8 g)	= 4 latas		12 oz (340.2 g)		4 oz (113.4 g)
	9 oz (255.1 g)			14 oz (396.9 g)		7 oz (198.4 g)
	10 oz (283.5 g)		4 lb (1.8 kg)	1 oz (28.3 g)		10 oz (283.5 g)
	11 oz (311.8 g)	= 4 latas y media		3 oz (85.0 g)		13 oz (368.5 g)
	12 oz (340.2 g)			6 oz (170.1 g)	5 lb (2.27 kg)	
	13 oz (368.5 g)			8 oz (226.8 g)		2 oz (56.7 g)
	14 oz (396.9 g)	= 5 latas		11 oz (311.8 g)		5 oz (141.7 g)
	15 oz (425.2 g)			13 oz (368.5 g)		8 oz (226.8 g)
2 lb (0.91 kg)			5 lb (2.27 kg)			11 oz (311.8 g)
	1 oz (28.3 g)	= 5 latas y media		2 oz (56.7 g)		14 oz (396.9 g)
	2 oz (56.7 g)			5 oz (141.7 g)	6 lb (2.72 kg)	1 oz (28.3 g)
	3 oz (85.0 g)			7 oz (198.4 g)		4 oz (113.4 g)
	4 oz (113.4 g)	= 6 latas		10 oz (283.5 g)		6 oz (170.1 g)
	5 oz (141.7 g)			12 oz (340.2 g)		9 oz (255.1 g)
	6 oz (170.1 g)			14 oz (396.9 g)		12 oz (340.2 g)
	7 oz (198.4 g)	= 6 latas y media	6 lb (2.72 kg)	1 oz (28.4 g)		15 oz (425.2 g)
	8 oz (226.8 g)			4 oz (113.4 g)	7 lb (3.18 kg)	2 oz (56.7 g)
	9 oz (255.1 g)			6 oz (170.1 g)		5 oz (141.7 g)
	10 oz (283.5 g)	= 7 latas		9 oz (255.1 g)		8 oz (226.8 g)
	11 oz (311.8 g)			11 oz (311.8 g)		10 oz (283.5 g)

Tabla 2.5.1.b: Equivalencias para el R22 y el R502

Refrigerantes de HC					
CANTIDAD DE REFRIGERANTE EQUIVALENTE POR PESO					
HC-22 ^a ® HC-502a®		HCFC R22		CFC R502	
1 oz (28.3 g)		2.3 oz (65.2 g)		2.5 oz (70.9 g)	
2 oz (56.7g)		4.7 oz (133.2 g)		5.0 oz (141.7 g)	
3 oz (85.0 g)		7.0 oz (198.4 g)		7.5 oz (212.6 g)	
4 oz (113.4 g)		9.3 oz (263.6 g)		10.0 oz (283.5 g)	
5 oz (141.7 g)		11.6 oz (328.8 g)		15.5 oz (354.4 g)	
6 oz (170.1 g)		14.0 oz (396.9 g)		15.0 oz (425.2 g)	
7 oz (198.4 g)		1 lb (0.45 kg)		1 lb (0.45 kg)	1 oz (28.3 g)
8 oz (226.8 g)			3 oz (85.0 g)		4 oz (113.4 g)
9 oz (255.1 g)			5 oz (141.7 g)		7 oz (198.4 g)
10 oz (283.5 g)			7 oz (198.4 g)		9 oz (255.1 g)
11 oz (311.8g)			10 oz (283.5 g)		11 oz (311.8 g)
12 oz (340.2 g)			12 oz (340.2 g)		14 oz (396.9 g)
13 oz (368.5 g)			14 oz (396.9 g)	2 lb (0.91 kg)	
14 oz (396.9 g)		2 lb (0.91 kg)	1 oz (28.3 g)		3 oz (85.0 g)
15 oz (425.2 g)			3 oz (85.0 g)		5 oz (141.7 g)
1 lb. (0.45 kg) (16 oz o 453.6 g)			5 oz (141.7 g)		8 oz (226.8 g)
	1 oz (28.3 g)		8 oz (226.8 g)		10 oz (283.5 g)
	2 oz (56.7 g)		10 oz (283.5 g)		13 oz (368.5 g)
	3 oz (85.0 g)		12 oz (340.2 g)		15 oz (425.2 g)
	4 oz (113.4 g)		15 oz (425.2 g)	3 lb (1.36 kg)	2 oz (56.7 g)
	5 oz (141.7 g)	3 lb (1.36 kg)	1 oz (28.3 g)		4 oz (113.4 g)
	6 oz (170.1 g)		3 oz (85.0 g)		7 oz (198.4 g)
	7 oz (198.4 g)		5 oz (141.7 g)		9 oz (255.1 g)
	8 oz (226.8 g)		8 oz (226.8 g)		12 oz (340.2 g)
	9 oz (255.1 g)		10 oz (283.5 g)		14 oz (396.9 g)
	10 oz (283.5 g)		12 oz (340.2 g)	4 lb (1.81 kg)	1 oz (28.3 g)
	11 oz (311.8 g)		15 oz (425.2 g)		3 oz (85.0 g)
	12 oz (340.2 g)	4 lb (1.81 kg)	1 oz (28.3 g)		6 oz (170.1 g)
	13 oz (368.5 g)		3 oz (85.0 g)		8 oz (226.8 g)
	14 oz (396.9 g)		6 oz (170.1 g)		11 oz (311.8 g)
	15 oz (425.2 g)		8 oz (226.8 g)		13 oz (368.5 g)
	2 lb (0.91 kg) (16 oz o 907.2 g)		10 oz (283.5 g)	5 lb (2.27 kg)	
	1 oz (28.3 g)		13 oz (368.5 g)		2 oz (56.7 g)
	2 oz (56.7 g)		15 oz (425.2 g)		5 oz (141.7 g)
	3 oz (85.0 g)	5 lb (2.27 kg)	1 oz (28.3 g)		7 oz (198.4 g)
	4 oz (113.4 g)		4 oz (113.4 g)		10 oz (283.5 g)
	5 oz (141.7 g)		6 oz (170.1 g)		12 oz (340.2 g)
	6 oz (170.1 g)		8 oz (226.8 g)		15 oz (425.2 g)
	7 oz (198.4 g)		11 oz (311.8 g)	6 lb (2.72 kg)	1 oz (28.3 g)
	8 oz (226.8 g)		13 oz (368.5 g)		4 oz (113.40 g)

	9 oz (255.1 g)		15 oz (425.2 g)		6 oz (170.1 g)
--	----------------	--	-----------------	--	----------------

2.5.2 Categorías

Tal como se define en la EN 378, las siguientes categorías de ocupación requieren que se preste atención a la carga permitida y a las disposiciones para cada categoría individual.

Los tipos de ocupación tal como se definen en la norma EN 378 son:

(A) – Habitaciones, partes de edificaciones o construcciones donde es posible que la gente duerma, que sus movimientos se encuentren restringidos, que un número no controlado de individuos se encuentre presente o a donde cualquier persona tenga acceso sin conocer las medidas de seguridad necesarias.

(B) – Habitaciones, partes de edificaciones o construcciones donde sólo puede reunirse un número limitado de personas, de las cuales algunas conocen necesariamente las medidas de seguridad generales del establecimiento.

(C) – Habitaciones, partes de edificaciones o construcciones donde sólo tienen acceso las personas autorizadas, quienes conocen las medidas de seguridad generales y especiales del establecimiento y donde se realiza la fabricación, el procesamiento o almacenamiento de materiales o productos.

Se aplicarán las normas más estrictas en aquellos lugares donde exista la posibilidad de encontrarse más de una categoría de ocupación. Se aplicarán las normas de la categoría de ocupación individual, si las ocupaciones se encuentran aisladas, por ejemplo por compartimientos cerrados, pisos y cielo rasos.

NOTA: En áreas contiguas a un sistema de refrigeración, se llama la atención para la seguridad de los locales aledaños y sus ocupantes. Los refrigerantes con mayor peso que el aire pueden provocar zonas con deficiencia de oxígeno en los niveles más bajos.

2.5.3 Fabricación

Si la carga es superior a 15 kg (0.33 lb), una fuga repentina de refrigerante no deberá aumentar la concentración media en la habitación por encima del límite práctico de 0.008 kg/m³ (0.0004994 lb/ft³). El volumen de la habitación determina la capacidad de carga total, la cual se puede determinar mediante la ecuación 2.5.3.a.

$$M_r = 0.2 \cdot (\text{LFL}) \cdot V_{\text{room}} \text{ (Ecuación 2.5.3.a)}$$

Donde:

M_r representa la carga máxima de refrigerante permitida por cada circuito independiente del refrigerante (kg o lb)

V_{room} representa el volumen de la habitación (m³ o ft³)

LFL representa el límite inferior de inflamabilidad del refrigerante (kg/m³ o lb/ft³) de la tabla 2.3

Del mismo modo, el volumen mínimo de una habitación para una carga de refrigerante específica se calcula mediante la ecuación 2.5.3.b.

$$V_{\text{room}} = \frac{M_r}{0.2 \cdot (\text{LFL})} \text{ (Ecuación 2.5.3.b)}$$

Por ejemplo, para una habitación de 100 m³ (3.531 ft³), la carga máxima permitida sería de 760 g (27 oz) de HC-22a® para cada circuito del refrigerante. Las cargas en sistemas que se encuentran bajo tierra (por ejemplo en sótanos) no

pueden exceder de 1.0 kg (2.2 lb), aún cuando se trate de habitaciones de mayores dimensiones. Los sistemas sellados que presenten una carga inferior a 150 g (5.3 oz) pueden ubicarse en cualquier lugar, sin importar el volumen de la habitación.

Tenga en cuenta que los límites de carga se aplican para cada circuito individual del refrigerante, en base a la probabilidad de que dos circuitos no presenten fallas graves simultáneamente.

Evitar la estratificación

En el caso de una fuga “catastrófica”, es posible que se produzca la estratificación del refrigerante. Esto tendría como resultado la formación de concentraciones inflamables en niveles inferiores. Para evitar que esto ocurra, el ventilador del

sistema de refrigeración deberá proporcionar un mínimo de circulación de aire, tal como se detalla en la ecuación 2.5.3.c. Se recomienda que el ventilador sólo trabaje durante el ciclo de funcionamiento del compresor, ya que la probabilidad de que se produzca una fuga desastrosa es mínima cuando éste no está en funcionamiento. Asegúrese de que el ventilador se encuentre conectado a un cortacorriente que sólo se active en caso de que se detecte una fuga.

$$V_{\text{air}} = C \cdot \frac{M_r}{(\text{LFL})} \quad (\text{Ecuación 2.5.3.c})$$

Donde:

V_{air} = velocidad mínima del flujo de aire del ventilador m^3/h (ft^3/h)

La constante (C) depende de la fuente del flujo de aire:

C = 17 cuando el ventilador del vaporizador en un equipo de aire acondicionado proporciona el flujo de aire dentro de la habitación o

C = 20 cuando el ventilador del condensador en un equipo de refrigeración proporciona el flujo de aire dentro de la habitación.

Las distintas constantes son el resultado de la efectividad del mezclado del ventilador. Esto se debe principalmente a la velocidad del aire que se libera.

Carga máxima de refrigerante

La carga máxima permitida de refrigerante para tipos específicos de instalaciones, sujeta a otros requisitos, es la que se presenta en las Normas tal como se define por la ubicación de la instalación. En caso de que no se hayan dictado normas provinciales, municipales o estatales pertinentes en su localidad, le recomendamos que consulte la Norma Europea EN 378.

Materiales combustibles

Los materiales que se utilicen para la fabricación de los sistemas refrigerantes no deben ser combustibles.

2.5.4 Uso de los componentes

Eliminación de la vibración

“Si el equipo se encuentra firmemente instalado entonces no se necesitarán, bajo condiciones normales, eliminadores de vibración para los tubos de descarga y succión. Si el compresor está instalado sobre monturas elásticas o de resortes, puede ser aconsejable instalar eliminadores de vibración en los tubos de descarga y succión.”

Liberación de presión.

Según el tipo de sistema y la capacidad de carga, algunos sistemas deben utilizar una clase de dispositivo para la liberación de presión, no sólo un tapón fusible. Cuando se requiera, es preferible utilizar una válvula automática de liberación de presión en el lateral elevado que ventile hacia el lateral bajo, antes de que otros dispositivos de liberación de presión despidan refrigerante hacia la atmósfera. En caso de que no se hayan dictado normas provinciales, municipales o estatales pertinentes en su localidad, debe consultarse la Norma Europea EN 378 para identificar el tipo y el tamaño de los sistemas que requieren liberación de presión.

Interruptores automáticos de presión

Según el tipo de sistema y la capacidad de carga, algunos sistemas deben utilizar interruptores automáticos por presión baja o elevada que se ubican en los sectores de descarga y succión del sistema. En caso de que no se hayan dictado normas provinciales, municipales o estatales pertinentes en su localidad, debe consultarse la Norma Europea EN 378 para identificar el tipo y el tamaño de los sistemas que requieren interruptores automáticos de presión.

Unión de tuberías

Es preferible utilizar juntas con bridas en lugar de juntas de tipo abocardadas, con tornillos o por compresión. En el caso de las juntas no desmontables, se debe aplicar soldadura con aleaciones de estaño y plomo o cinc y cobre.

Otros componentes del sistema

Otros componentes mecánicos del sistema, como por ejemplo recipientes de presión, compresores, intercambiadores de calor, tuberías y accesorios, deben cumplir con los requisitos de las normas pertinentes.

2.6 Instalación

2.6.1 Información general

Volumen mínimo de la habitación

“Los sistemas, o las partes de un sistema no deben ubicarse dentro de un espacio o habitación cuyo volumen permita que un escape total del refrigerante provoque una mezcla de refrigerante y aire con una concentración de refrigerante superior a un quinto (20%) del límite inferior de inflamabilidad (LFL). Si esto no es posible y la instalación se realiza en una sala de máquinas, se deberá utilizar un detector de fugas de refrigerante y ventilación mecánica.”

Espacios vacíos bajo el suelo

“Si se instala un equipo que puede liberar su carga en una habitación con espacio vacío bajo el suelo, se deben tomar ciertas precauciones. En aquellos lugares en donde existen fuentes de ignición en los espacios vacíos bajo el suelo, éstos deben sellarse o debe ventilarse el espacio. En especial, se deben tomar precauciones para la recolección de refrigerante en desagües.”

Carga máxima bajo el nivel del suelo

“Los sistemas de refrigeración que contengan más de 1.0 kg. (2.2 lb) no deben ubicarse en espacios bajo el nivel del suelo.”

Sistemas ubicados en los techos

“Si existen instalaciones ubicadas en el techo de una construcción, se deben tomar precauciones para asegurar que en el caso de un escape, el refrigerante no ingrese al edificio.”

2.6.2 Tuberías de refrigeración

Tuberías de refrigeración

Según la capacidad de carga del sistema, algunos sistemas no pueden tener tuberías que atraviesen habitaciones que no poseen máquinas como parte de dicho sistema de refrigeración. En lugares donde esto sea poco práctico, este requisito podrá cumplirse mediante el uso de un revestimiento que rodee las cañerías, con cada extremo ventilado hacia las habitaciones que contengan maquinaria de refrigeración o hacia el exterior. En caso de que no se hayan dictado normas provinciales, municipales o estatales en su localidad, debe consultarse la Norma Europea EN 378 para identificar el tamaño de los sistemas.

Servicios de conductos de tuberías

“Los conductos de las tuberías no deben contener ningún otro tipo de tubería, circuito eléctrico o cables a menos que se proporcione la protección necesaria para evitar que se provoquen daños debido a la interacción entre los servicios. Las tuberías a través de conductos no deben contener ninguna conexión mecánica ni otros componentes de línea. Todo conducto por el que pasen las tuberías del refrigerante debe ventilarse hacia la atmósfera.”

Tuberías que atraviesan paredes, pisos, cielo rasos y techos

“La tubería que atraviesa paredes y cielo rasos ignífugos debe estar bien sellada de manera tal que no permita la propagación del fuego hacia habitaciones contiguas. Los conductos y los orificios de las tuberías deben estar aislados de otras habitaciones de manera tal que resistan la propagación del fuego. Se permite la instalación de tuberías en techos falsos siempre que éstos no se encuentren completamente sellados.”

Disposiciones sobre el recorrido de las tuberías

“El recorrido de la tubería entre el evaporador y la unidad condensadora o compresor y el condensador remoto debe ser lo más directo y corto como sea posible.”

Circuitos de agua

“Para aquellos sistemas que utilizan un circuito de enfriamiento indirecto, existe la posibilidad de que ocurra una fuga accidental del refrigerante dentro del circuito secundario como consecuencia de una ruptura en la pared del condensador o evaporador. Esto debe encararse mediante una de las siguientes opciones:

- Incluir un orificio de ventilación o un separador de aire dentro del circuito secundario sobre la tubería de salida del evaporador o condensador. Asegurar que la dimensión sea adecuada de modo que libere el refrigerante nuevamente hacia el alojamiento, la sala de máquinas, un área especial o el exterior. Esta descarga puede tratarse de igual manera que una descarga normal de refrigerante del circuito primario.

Utilice un intercambiador de calor de revestimiento doble, que esté soldado por láser y diseñado de manera tal que sólo pueda ventilar hacia la atmósfera y no hacia el circuito secundario en caso de algún daño.”

2.6.3 Salas de máquinas

“Las salas de máquinas para sistemas que utilizan refrigerantes de HC deben diseñarse para prevenir la combustión de una mezcla de refrigerante y aire. Deben colocarse letreros de advertencia que anuncien que está prohibido fumar, encender llamas o cualquier fuente que pueda provocar combustión. Deben haber extinguidores de incendio disponibles junto con instrucciones claras.”

“Las salas de máquinas no deben construirse con materiales combustibles. Si es posible que la concentración del refrigerante alcance el límite inferior de inflamabilidad (LFL), se deberá proporcionar algún dispositivo de reducción de explosión en la construcción de la sala de máquinas. Esto puede ser a través de paneles móviles o rejillas de ventilación.”

Proteja todas las máquinas que contengan refrigerante para evitar el daño por parte de agentes externos.

“NOTA: Si bien una sala de máquinas no necesariamente se utiliza exclusivamente para equipos de refrigeración, los hervidores y otros dispositivos de llama abierta no deben compartir este espacio. Las entradas de aire para el equipo no deben tomarse desde dentro de la sala de máquinas ni desde cerca de la salida de ventilación de la sala de máquinas.”

Como en todos los casos, deben consultarse las pautas y normas locales.

2.6.4 Ventilación

“Las salas de máquinas de refrigeración deben ventilarse hacia el exterior ya sea natural o mecánicamente.”

Circulación de aire libre (todos)

“Asegúrese de que pueda existir circulación de aire libre alrededor de todas las partes del sistema que contienen refrigerante. Las aberturas para entrada de aire del exterior deben ubicarse de manera tal que no se produzca un cortocircuito.”

Ventilación mecánica (todos)

Cuando la carga de refrigerante de un circuito de refrigeración individual exceda la masa de la ecuación 2.5.3.a, la sala de máquinas que contenga refrigerantes de HC deberá tener ventilación mecánica capaz de proporcionar una velocidad de ventilación mínima. La velocidad mínima de ventilación depende del tipo de protección eléctrica presente dentro de la sala de máquinas. En los lugares donde la instalación se encuentra protegida de acuerdo con el capítulo 2.6.6, la

velocidad mínima de ventilación debe ser equivalente a no menos de 10 cambios de volumen de la habitación por hora.

En aquellos lugares donde la instalación eléctrica no cumple con el capítulo 2.6.6, la velocidad mínima de ventilación se define por la ecuación 2.6.4.a.

$$V_{\min} = \frac{M_r}{t_r \cdot (SF) \cdot (LFL)} \quad (\text{Ecuación 2.6.4.a})$$

Donde:

V_{\min} = representa la velocidad mínima del flujo de volumen del extractor, m^3/hr (ft^3/hr).

M_r = representa la masa máxima de refrigerante dentro de cualquier circuito individual de todo sistema de refrigeración, kg (lb).

t_r = representa la duración mínima de liberación de refrigerante después de una fuga desastrosa, por lo general 0.17 hr.

SF = representa el coeficiente de seguridad, 0.5.

LFL = representa el límite inferior de inflamabilidad, kg/m^3 (lb/ft^3) de la tabla 2.3.

“En todos los casos se debe conectar un detector de refrigerante al inicio de la ventilación mecánica. La ubicación del punto de muestreo debe estar a bajo nivel (donde se utilicen refrigerantes más pesados que el aire). La ventilación debe funcionar continuamente o utilizar un dispositivo de detección de refrigerante que la ponga en funcionamiento cuando alcance el 20% del límite inferior de inflamabilidad (LFL). Pueden iniciarse velocidades de ventilación inferiores cuando se detecten concentraciones menores de refrigerante.”

“La entrada de la ventilación del extractor debe ubicarse al nivel del suelo y conducirse hacia un lugar seguro. Los puntos de descarga para aire ventilado o las aberturas para aire fresco deben ubicarse de manera tal que se evite que el aire liberado sea llevado nuevamente dentro del edificio, como por ejemplo las entradas del sistema de ventilación, puertas y ventanas que se abran y las fuentes de ignición. La expulsión de materiales inflamables no debe representar un riesgo en el exterior, como por ejemplo ingresar a un edificio o entrar en contacto con fuentes de ignición. El sistema de ventilación mecánica debe estar diseñado para mantener la habitación con una presión más baja que las áreas colindantes a fin de que no se produzca ninguna fuga de refrigerantes hacia otras áreas. Los ventiladores para la ventilación mecánica deben utilizar motores que no se enciendan mediante chispas. La cubierta y las paletas del ventilador deben diseñarse para evitar la generación de chispas como resultado del contacto entre metales. El equipo de ventilación mecánica debe instalarse con un control de emergencias independiente ubicado en el exterior de la sala de máquinas pero próximo a ella.”

NOTA:

- Para obtener un flujo de aire reducido en ausencia de condiciones de emergencia, se pueden utilizar ventiladores con velocidades múltiples.
- Las salas de máquinas también pueden estar provistas de ventilación natural siempre que se las diseñe adecuadamente.
- Como en todos los casos, deben consultarse las pautas y normas locales.

2.6.5 Detección de refrigerante

“Las salas de máquinas deben estar provistas de detectores de vapor de refrigerante para activar una alarma y encender automáticamente los ventiladores si la concentración de la emisión de refrigerante supera el límite práctico. Los detectores deben utilizarse para aislar el equipo eléctrico que no cumple con los requisitos eléctricos detallados en el capítulo 2.6.6 y para advertir a las personas que se ha producido una fuga. Los puntos de muestreo deben instalarse en lugares estratégicos dentro de las salas de máquinas. Los puntos deben ubicarse de manera tal que puedan dar señales inmediatas en caso de una fuga y que el efecto de la circulación del aire no reduzca su efectividad. Los detectores de fugas de refrigerante deben calibrarse para el refrigerante específico a detectar. Cuando el refrigerante sea más pesado

que el aire, los puntos de muestreo deberán ubicarse al nivel del suelo. En el caso de que no se hayan dictado normas provinciales, municipales o estatales pertinentes en su localidad, debe consultarse la Norma Europea EN 378 para identificar el tipo, tamaño y ubicación de los sistemas para la detección.”

2.6.6 Fuentes de ignición

No deben existir fuentes de ignición que formen parte del sistema o equipo de refrigeración.

Componentes eléctricos

Se deben tomar precauciones para evitar la posibilidad de que existan fuentes de ignición directas provenientes de contactos eléctricos descubiertos. Se debe prestar especial atención a los artículos eléctricos que puedan producir chispas durante el funcionamiento normal a los efectos de eliminarlos por representar posibles fuentes de ignición. Se pueden aplicar los siguientes métodos:

- Aislar las terminales
- Ubicarlos dentro de recintos apropiados
- Reemplazarlos por componentes en estado sólido
- Reemplazarlos por componentes a prueba de explosiones
- Ubicarlos en el exterior

Las precauciones adecuadas mencionadas anteriormente por lo general se llevan a cabo si estos componentes están formados sólo por piezas en estado sólido, o se encuentran en recintos firmemente encapsulados o sellados, o se encuentren ubicados en el exterior de la cobertura de las partes que contienen refrigerante. Los motores, incluidos los ventiladores, las bombas y los compresores, deben ser de un modelo sin escobillas para evitar posibles chispas.

Los siguientes componentes se consideran como posibles fuentes de ignición:

- | | | |
|--|------------------------------------|--|
| - Interruptores manuales de encendido y apagado | - Interruptor del nivel de líquido | - Interruptor de la bomba de condensación |
| - Termostatos | - Conmutadores de flujo | - Reguladores de velocidad del ventilador |
| - Interruptores automáticos por caída de presión | - Relés de arranque | - Reguladores de humedad |
| - Interruptores del diferencial de aceite | - Relés de sobrecarga térmica | - Reguladores programables |
| - Conmutador de retardo del ventilador | - Relés de voltaje | - Relojes/ interruptores de descongelación |
| - Interruptor automático | - Relés universales | - Interruptores/relés de tiempo |
| - Interruptores de aislamiento | | |

NOTA: Esta lista no es exhaustiva.

Si la carga del refrigerante excede los 2.5 kg. (5.5 lb) en cualquier circuito de refrigeración, la elección de los artefactos eléctricos y su instalación debe realizarse de acuerdo con los requisitos provinciales, municipales o estatales pertinentes.

En las salas de máquinas, es suficiente con instalar un equipo de detección de fugas para que aisle la electricidad de toda la planta mediante un interruptor automático cuando se detecte la existencia de refrigerante. El dispositivo de detección además debe iniciar la ventilación con un sistema de extracción apropiado desde una fuente de energía independiente.

Superficies calientes

Se deben evitar las partes de máquinas de refrigeración cuyas superficies puedan tornarse excesivamente calientes. La superficie de todos los componentes que puedan tener contacto con el refrigerante liberado debe presentar una temperatura máxima que no supere los 100 °C (212°F) por debajo de la temperatura de autoencendido del refrigerante utilizado. En la Tabla 2.3, se proporcionan las temperaturas de autoencendido de varios refrigerantes.

2.6.7 Instalación de sistemas de tuberías

La instalación de sistemas de tuberías debe realizarse de acuerdo con los requisitos para el lugar en el cual se la está realizando.

2.7 Señalización e instrucciones

Señalización para sistemas instalados en el lugar

Las instrucciones de seguridad relacionadas con el refrigerante en uso deben exhibirse principalmente en las salas de máquinas. Se recomienda que los sistemas de refrigeración instalados en el lugar posean una placa claramente visible que proporcione al menos la siguiente información:

- Nombre y domicilio del instalador
- Año en que se realizó la instalación
- Tipo y número de refrigerante
- Niveles de presión permitidos para el sistema
- Carga aproximada del refrigerante

Señalización de los compresores y sistemas unitarios

Es recomendable que cada sistema unitario y cada compresor posean una placa adhesiva que proporcione como mínimo la siguiente información:

- Nombre(s) del fabricante o vendedor
- Referencia del tipo o modelo
- Número de serie
- Peso de carga del sistema del refrigerante
- Presión de prueba y presión permitida (si es aplicable)

Señalización de tuberías

Las tuberías deben señalizarse preferentemente de acuerdo con un código apropiado (por ejemplo, un código de color para indicar la sustancia que circula por dentro).

Etiquetas adhesivas para gases inflamables

Es recomendable que todos los sistemas tengan pegadas por lo menos dos etiquetas adhesivas de “gases inflamables” antes de la puesta en funcionamiento. Las etiquetas deben ubicarse sobre el compresor, el receptor y cualquier otra parte del sistema a través de la cual un ingeniero tendría acceso al refrigerante.

2.8 Consideraciones generales para talleres y fábricas

Las áreas de producción dentro de fábricas y talleres requieren precauciones adicionales además de aquellas detalladas en otros capítulos. Ya que el alcance de esta publicación no permite la cobertura detallada de estos requisitos, a continuación se enumeran puntos a tener en cuenta.

- **Almacenamiento y manejo de cilindros para refrigerantes de HC**
 - a) Requisitos generales
 - b) Almacenamiento al aire libre

- c) Almacenamiento dentro de edificios especialmente diseñados
- d) Almacenamiento dentro de sectores de un edificio
 - **Instalaciones de almacenamiento a granel**
- a) Requisitos de ubicación, separación y seguridad
- b) Contenedores apilados y subterráneos
- c) Tuberías y accesorios
- d) Precauciones contra incendios
 - **Áreas para la carga de artefactos**
- a) Requisitos generales
- b) Fábrica, zonas restringidas
- c) Fábrica, línea de producción
 - **Requisitos eléctricos**
 - **Administración de la seguridad**

3.0 Servicio, mantenimiento y manejo del refrigerante

“Este capítulo trata de los aspectos prácticos relacionados con el manejo tanto de la máquina de refrigeración como del refrigerante de hidrocarburo en sí. Es recomendable que las empresas que utilizan refrigerantes de hidrocarburo, ya sea en equipos que fabrican o en aquellos por los cuales son responsables, empleen una estrategia general para asegurar que se aplican pautas de trabajo correctas.”

“Tenga en cuenta que los requisitos detallados en el capítulo 3 han sido incluidos sólo como guía, ya que no son exhaustivos. Es posible que sea apropiado tomar precauciones adicionales según el equipo y las condiciones en particular.”

3.1 Capacidad práctica

“Toda persona que esté encargada de trabajar con un circuito de refrigeración o de abrirlo, debe contar con un certificado válido otorgado por una autoridad de evaluación acreditada de la industria, la cual certifique su competencia para trabajar con refrigerantes.”

3.2 Enfoque general para el manejo de refrigerantes de HC

“Todos los gases refrigerantes inflamables cuando se mezclan con el aire forman una mezcla inflamable. Es posible que el efecto de la ignición de dicha mezcla sea grave. Por lo tanto, es importante que se cumplan los requisitos de seguridad apropiados en todo momento cuando se trabaje con refrigerantes inflamables.”

Todo equipo utilizado en el proceso de reparación debe ser apropiado para el uso con refrigerantes inflamables. Se deberá controlar si todas las herramientas e instrumentos (inclusive instrumental de medida) son apropiados para trabajar en el equipo y se deberá prestar especial atención a la elección de:

- Equipos de recuperación de refrigerantes (sin escobillas exteriores)
- Detectores de fuga de refrigerante
- Medidores de pruebas eléctricas
- Cilindros de recuperación de refrigerante
- Luz portátil

“Si la instalación lo permite, es recomendable trasladar el equipo desde su posición actual al ambiente controlado de un taller que sea apropiado para el tipo de reparación y donde el trabajo pueda realizarse con seguridad.”

3.3 Controles de seguridad

3.3.1 Controles del área

Antes de comenzar a trabajar con sistemas que contienen refrigerantes de HC, es necesario efectuar ciertos controles de seguridad para asegurarse de que el riesgo de ignición sea mínimo. Antes de trabajar en el sistema, se deben tomar las siguientes precauciones:

Procedimiento de trabajo

El trabajo se debe realizar bajo un procedimiento controlado para minimizar el riesgo de un gas o vapor inflamable mientras se lleva a cabo la tarea.

Área de trabajo general

Todos los empleados, inclusive los de mantenimiento, que trabajen en el área local deben recibir instrucciones sobre la naturaleza del trabajo que se realiza. Debe evitarse el trabajo en espacios cerrados. El área alrededor de los lugares de trabajo debe dividirse en secciones. Asegúrese de que las condiciones de seguridad dentro del área se hayan cumplido mediante el control de materiales inflamables.

Control para detectar la presencia de refrigerante

Antes y durante el trabajo, se debe controlar el área con un detector de refrigerante adecuado para asegurar que el técnico tenga conocimiento de ambientes potencialmente inflamables. Asegúrese de que el equipo para detección de fugas utilizado sea apropiado para su utilización con refrigerantes inflamables, es decir que no genere chispas, esté sellado correctamente o sea inherentemente seguro (ver el capítulo 3.4).

Presencia de extinguidores de incendios

Si se realizará algún trabajo a altas temperaturas sobre el equipo de refrigeración o alguna parte de éste, se deben tener al alcance de la mano equipos extinguidores de incendios adecuados. Tenga próximo al área de carga un extinguidor de incendios de polvo químico seco o de CO².

Ausencia de fuentes de ignición

Toda persona que trabaje con un sistema de refrigeración que esté expuesto a tuberías que contienen o han contenido refrigerantes inflamables, no deberá utilizar fuente alguna de ignición de manera tal que pueda provocarse un incendio o explosión. Todas las fuentes posibles de ignición, incluidos los cigarrillos, deben permanecer lo suficientemente alejadas del lugar donde se realiza la instalación, reparación, traslado y eliminación, en que pueda producirse un escape de refrigerante inflamable hacia los espacios colindantes. Si es necesario soldar con aleaciones de estaño y plomo o cinc y cobre, esto debe realizarse en un lugar alejado del aire acondicionado o sistema de refrigeración. Si esto no es posible, el sistema debe evacuarse totalmente según las pautas que se resumen en 3.5.1. Antes de comenzar el trabajo, el área que rodea al equipo debe ser examinada para detectar todo riesgo de inflamabilidad o ignición. Exhiba carteles con la prohibición de fumar.

Ventilación del área

Asegúrese de que el área se encuentre al aire libre o que esté adecuadamente ventilada antes abrir el sistema o realizar algún trabajo. Durante el período de desarrollo del trabajo, debe mantenerse un cierto grado de ventilación. La ventilación debe disipar de manera segura todo refrigerante liberado y eliminarlo preferentemente hacia la atmósfera exterior.

3.3.2 Controles del equipo de refrigeración

Cuando se cambien componentes eléctricos, deberán ser "a medida" y conforme a las especificaciones apropiadas. Siempre se deberán seguir las guías de servicio y mantenimiento del fabricante. Si tiene dudas, comuníquese con el Departamento Técnico del fabricante para recibir asistencia.

Las instalaciones que utilizan refrigerantes de HC deben someterse a los siguientes controles:

- El volumen de carga debe ser acorde con el volumen de la habitación en la cual se instalan las piezas que contienen refrigerante, según el capítulo 2.5.3 (tenga en cuenta que los volúmenes de carga de los refrigerantes de HC generalmente contienen de 40% a 42% de HCFC y otros CFC y de 35% a 38% de HFC y otros volúmenes de carga de CFC).
- Las máquinas y las salidas de ventilación deben funcionar correctamente y no estar obstruidas, según se indica en el capítulo 2.6.4
- Se debe confirmar el funcionamiento del equipo, por ejemplo los detectores de fugas de refrigerante y los sistemas de ventilación mecánica.
- Si se utiliza un circuito indirecto de refrigeración, se debe controlar si existe refrigerante en el circuito secundario.
- La señalización del equipo debe permanecer visible y legible. Deben reemplazarse la señalización y los carteles que estén gastados (ver el capítulo 2.7).
- Las tuberías y los componentes de refrigeración no deben instalarse en un lugar donde puedan estar expuestos a cualquier sustancia que corroa los componentes que contienen refrigerante, a menos que los componentes estén fabricados con materiales inherentemente resistentes a la corrosión o que estén protegidos contra ésta.

3.3.3 Controles de los dispositivos eléctricos

La reparación y el mantenimiento de los componentes eléctricos deben incluir controles de seguridad iniciales y procedimientos de inspección de los componentes. Si existe una falla que pueda poner en peligro la seguridad, no deberá conectarse ninguna fuente de energía al circuito hasta que se solucione el problema satisfactoriamente. Si la falla no puede solucionarse de inmediato y es necesario que continúe el funcionamiento, deberá emplearse una solución temporaria adecuada. Asimismo, deberá darse aviso al dueño del equipo para que todos tengan conocimiento del hecho.

Los controles de seguridad iniciales deben ser los siguientes:

- Descarga de los condensadores con la seguridad adecuada para evitar la posibilidad de chispas.
- No trabajar con cables y componentes eléctricos "activos" mientras se realiza la carga, recuperación o depuración del sistema.
- Continuidad de la conexión a tierra.

Durante la reparación de los componentes sellados, todas las fuentes de energía deben desconectarse del equipo con el que se está trabajando antes de quitar las cubiertas selladas y otros elementos. Si es absolutamente necesario contar con energía eléctrica durante la reparación, se debe colocar algún tipo de detector de fugas que funcione ininterrumpidamente en el punto más crítico para alertar al individuo sobre una posible situación de riesgo.

Cuando se reparen componentes sellados, se deberá prestar especial atención a lo siguiente:

- Al trabajar con los componentes eléctricos, asegúrese de no alterar la cubierta de manera tal que esto afecte el nivel de protección. Esto incluye, entre otros, daños en cables, exceso de conexiones, terminales no realizadas conforme a las especificaciones originales, daños en los precintos y colocación incorrecta de cubiertas, como así también el montaje firme de los aparatos.
- Asegúrese de que los precintos y materiales de sellado no se hayan deteriorado, de manera tal que no sirvan para evitar el ingreso de atmósferas inflamables. Los repuestos deben cumplir con las especificaciones del fabricante.

NOTA: Es posible que la utilización de selladores de silicona afecte la efectividad de algunos tipos de equipos de detección de fugas. Los componentes intrínsecamente seguros no requieren ser aislados antes de trabajar sobre ellos.

Se deberá respetar la información para la reparación de componentes intrínsecamente seguros:

- No deben aplicarse cargas inductivas o capacitivas permanentes al circuito sin asegurarse de que ello no excederá la tensión admisible y la corriente permitida para el equipo en funcionamiento.
- Los componentes intrínsecamente seguros son los únicos elementos con los que se puede trabajar dentro de una atmósfera inflamable. Sin embargo, el aparato de prueba deberá tener un valor apropiado.
- Sólo deben utilizarse los repuestos especificados por el fabricante. Es posible que, ante una fuga, la utilización de otros repuestos provoque la ignición del refrigerante en la atmósfera.

Verifique que el cableado no esté expuesto a corrosión por el uso, presión excesiva, bordes filosos o cualquier otro efecto ambiental adverso. Asimismo, deben tenerse en cuenta los efectos del paso del tiempo o la vibración continua de fuentes tales como el compresor o los ventiladores.

Cuando se instale o se le efectúen tareas de mantenimiento al sistema, deben seguirse los códigos locales de electricidad.

3.4 Detección de refrigerantes de hidrocarburo

“Bajo ninguna circunstancia deberán utilizarse fuentes posibles de ignición para buscar o detectar fugas de refrigerante. No deberá utilizarse una lámpara de halogenuro (o cualquier otro detector que utilice una llama abierta).”

Los siguientes métodos para la detección de fugas pueden utilizarse en sistemas que contienen refrigerantes de HC:

- Pueden utilizarse detectores de fugas electrónicos para revelar los refrigerantes de HC, pero es posible que su sensibilidad no sea apropiada o que se requiera su recalibración. (El equipo de detección debe calibrarse en un área libre de refrigerante). Asegúrese de que el detector no represente una fuente potencial de ignición y que sea adecuado para los refrigerantes de HC. El equipo de detección de fugas debe ajustarse a un porcentaje del límite inferior de inflamabilidad (LFL) del refrigerante y debe calibrarse de acuerdo con el refrigerante utilizado y el porcentaje de gas apropiado.
- Los fluidos de detección de fugas son apropiados para su utilización con refrigerantes de HC. Sin embargo, debe evitarse el uso de detergentes que contengan cloro ya que éste puede corroer el sistema de tuberías de cobre.
- Los aditivos a base de aceite, como aquellos utilizados en los sistemas de detección de fugas fluorescentes, funcionarán con todos los refrigerantes de HC.
- Si existen sospechas de que se ha producido una fuga en un sistema con refrigerantes de HC, deberán eliminarse o extinguirse todas las fuentes posibles de ignición.

“Si se encuentra una fuga de refrigerante que requiera soldadura, deberá recuperarse todo el refrigerante del sistema o aislarse (mediante el cierre de las válvulas) en algún sector alejado de la fuga del sistema. Luego deberá purgarse el sistema con nitrógeno y aspirarse para asegurar que se haya eliminado todo remanente del refrigerante retenido en el aceite del sistema. Luego deberá usarse nitrógeno para purgar el sistema durante el proceso de soldadura.”

3.5 Apertura de un sistema y carga

3.5.1 Eliminación y evacuación

“Cuando se abre un circuito de refrigeración para realizar reparaciones, o por cualquier otro motivo, se utilizan procedimientos convencionales. Sin embargo, es importante que se sigan las mejores prácticas ya que ahora debe considerarse la inflamabilidad. Deberán respetarse los siguientes procedimientos:”

- Eliminar el refrigerante
- Purgar el circuito con gas inerte
- Evacuar
- Purgar nuevamente con gas inerte
- Abrir el circuito mediante la realización de cortes o soldaduras

La carga del refrigerante deberá recobrase en los cilindros de recuperación correctos. Luego, deberá purgarse el sistema con nitrógeno para que la unidad esté segura. Es posible que este proceso tenga que repetirse varias veces. No utilice oxígeno o aire a presión para realizar esta tarea.

Para realizar la purga debe romperse el vacío del sistema con nitrógeno y llenarse hasta que se alcance la presión de trabajo. Luego, se debe despresurizar hacia la atmósfera y por último, eliminarse para recuperar el vacío. El proceso deberá repetirse hasta que exista la seguridad de que no hay refrigerante de hidrocarburo en el sistema. Cuando se utilice la última carga de nitrógeno, se podrá despresurizar el sistema hasta alcanzar la presión atmosférica para permitir la realización del trabajo. Este procedimiento es de vital importancia si se realizarán soldaduras en el sistema de tuberías.

“Asegúrese de que la salida de la bomba de vacío no se encuentre próxima a alguna fuente de ignición y que exista ventilación.”

3.5.2 Carga

“La carga de los sistemas de refrigeración con refrigerantes de HC es similar a aquellas que se realizan con refrigerantes halocarbonados. Al igual que con todos los refrigerantes mezclados, las combinaciones de refrigerantes de HC también deberán cargarse en estado líquido, a los efectos de mantener la composición correcta de la mezcla.”

Se deberán cumplir los siguientes requisitos adicionales:

- Asegúrese de que no se contaminen los distintos refrigerantes cuando utilice el equipo de carga. Las mangueras o tuberías deben ser lo más cortas posible para minimizar la cantidad de refrigerante en ellas.
- Se recomienda mantener los cilindros en posición vertical y cargar el refrigerante en estado líquido.
- Asegúrese de que el sistema de refrigeración presente una conexión a tierra antes de cargarlo con el refrigerante.
- Coloque una etiqueta en el sistema una vez que se haya completado la carga. La etiqueta debe indicar que los refrigerantes de HC se han cargado en el sistema y que el refrigerante es inflamable. Coloque la etiqueta en un lugar llamativo del equipo (ver el capítulo 2.7).
- Se deberá tener extremo cuidado de no llenar excesivamente el sistema de refrigeración. (Tenga en cuenta que los volúmenes de carga de los refrigerantes de HC generalmente contienen de 40% a 42% de HCFC y otros CFC y de 35% a 38% de HFC y otros volúmenes de carga de CFC).

Antes de efectuar la recarga del sistema, debe realizarse una prueba de presión, de acuerdo con todas las reglamentaciones locales o regionales.

Se debe realizar una prueba de fugas en el sistema al finalizar la carga, pero antes de la puesta en funcionamiento. Siempre, antes de abandonar el lugar, deberá llevarse a cabo una prueba de fugas.

3.5.3 Puesta en funcionamiento

Los sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes de HC se ponen en funcionamiento exactamente de la misma manera que los sistemas que emplean refrigerantes de CFC, HCFC y HFC.

Asegúrese de señalar correctamente el sistema (ver el capítulo 2.7).

3.5.4 Baja del servicio

Antes de llevar a cabo este procedimiento, es esencial que el ingeniero esté completamente familiarizado con la planta y todos sus detalles. Antes de realizar esta tarea, deberá tomarse una muestra de aceite y refrigerante y efectuar un análisis de caso antes de la reutilización del refrigerante recuperado. Es esencial contar con energía eléctrica disponible antes de comenzar con dicha tarea.

- 1) Familiarícese con el equipo y su funcionamiento.
- 2) Aísle eléctricamente el sistema.
- 3) Antes de intentar efectuar el procedimiento asegúrese de que:
 - de ser necesario, se encuentren disponibles equipos mecánicos para manipular los cilindros del refrigerante,
 - se encuentre disponible todo el equipo de protección personal y éste se utilice correctamente,
 - una persona capacitada supervise el proceso de recuperación en todo momento,
 - el equipo de recuperación y los cilindros cumplan con los requisitos del capítulo 3.5.5
- 4) De ser posible, vacíe con la bomba el sistema de refrigeración.
- 5) Si no se puede realizar un aspirado, utilice un colector múltiple para que se pueda eliminar el refrigerante desde varios sectores del sistema.
- 6) Asegúrese de que el cilindro esté ubicado sobre la balanza antes de que se efectúe la recuperación.
- 7) Encienda la máquina de recuperación y manéjela de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- 8) No llene excesivamente los cilindros (no más de 80% del volumen de carga líquida).
- 9) No sobrepase, ni siquiera temporalmente, la presión máxima de trabajo del cilindro.
- 10) Cuando se hayan llenado correctamente los cilindros y se haya completado el proceso, asegúrese de que se retiren rápidamente del lugar los cilindros y el equipo y se cierren todas las válvulas de aislamiento del equipo.
- 11) No podrá cargarse el refrigerante recuperado en otro sistema de refrigeración salvo que se lo haya controlado.

NOTA: Coloque etiquetas en el equipo con la advertencia de que éste ha sido dado de baja y que se le ha extraído la totalidad del refrigerante. La etiqueta debe estar firmada e indicar la fecha. A menos que el equipo haya sido purgado, asegúrese de que éste contenga etiquetas que indiquen que la última carga que tuvo fue un refrigerante de HC.

3.5.5 Recuperación

Las buenas prácticas recomiendan que cuando se eliminen los refrigerantes de un sistema, ya sea para el mantenimiento o por la baja del servicio, esto se realice con precaución.

Cuando se transfiera refrigerante a los cilindros, asegúrese de que sólo se utilicen cilindros de recuperación de refrigerante apropiados. Asegúrese de que se encuentre disponible la cantidad correcta de cilindros para contener la carga completa del sistema. Todos los cilindros a utilizar deberán estar designados para el refrigerante recuperado y

etiquetados para dicho refrigerante. Los cilindros deberán estar completos, con la válvula de reducción de presión. Asimismo, el cilindro y las válvulas de cierre deberán estar en buenas condiciones. Los cilindros de recuperación vacíos deberán evacuarse y, de ser posible, enfriarse antes de que se efectúe la recuperación.

El equipo de recuperación deberá estar en buenas condiciones, poseer un conjunto de instrucciones y ser apropiado para la recuperación de refrigerantes de HC. Además, se deberá disponer de un conjunto de balanzas calibradas que se encuentren en buenas condiciones. Las mangueras deberán estar completas, con acoplamientos de desconexión libres de fugas, y deberán encontrarse en buenas condiciones. Los puntos principales que deben respetarse son:

- Antes de utilizar el equipo de recuperación, controle que éste se encuentre en buenas condiciones y se le haya realizado el mantenimiento apropiado. Asimismo, verifique que se hayan sellado todos los componentes eléctricos asociados para evitar la ignición en caso de una fuga de refrigerante. Si tiene dudas, consulte al fabricante.
- Siga las recomendaciones proporcionadas en este Código de Práctica sobre seguridad general y manejo de cilindros.

El refrigerante recuperado deberá estar en el cilindro de recuperación correcto. No mezcle refrigerantes de HC con otros refrigerantes en las unidades de recuperación y, en especial, tampoco en los cilindros.

Si se eliminarán los compresores o el aceite de éstos, asegúrese de que se los haya evacuado a un nivel aceptable, para poder asegurar que el refrigerante inflamable aún no permanece dentro del lubricante. El proceso de evacuación debe realizarse antes de devolver el compresor a los proveedores. Sólo podrá acelerarse este proceso mediante la aplicación de calefacción eléctrica en el cuerpo del compresor. Cuando se extraiga aceite de un sistema, deberá realizarse con precaución.

3.6 Manejo de los cilindros

El refrigerante de HC-12a[®] se encuentra disponible en recipientes de 6 oz (170 g) y al por mayor o en cilindros equivalentes a 30 lb (13.6 kg), 50 lb (22.6 kg) y 1.000 lb (454 kg).

Los refrigerantes de HC-22a[®] y HC-502a[®] se encuentran disponibles al por mayor y en cilindros de 50 lb (22.6 kg), 1.000 lb (454 kg). En los cilindros se encuentra una válvula de reducción de presión para evitar la acumulación excesiva de presión. Los cilindros cuentan con válvulas de descarga de líquido, con conexión Acme de ¼" (0.64 cm) y Flare de ½" (1.27 cm).

Cuando no se utilicen, deberá quitarse el conector y taparse el cilindro.

El manejo de los cilindros con precaución presenta escasas diferencias con respecto al manejo de otros cilindros para refrigerante. Dichas precauciones consisten en:

- No eliminar ni ocultar las etiquetas oficiales de un cilindro.
- Siempre colocar nuevamente la tapa de la válvula del cilindro cuando éste no se utilice.
- Utilizar y almacenar los cilindros en posición vertical.
- Verificar el estado de la rosca y asegurarse de que ésta esté limpia y no se haya dañado.
- Almacenar y utilizar los cilindros en áreas secas, bien ventiladas y que se encuentren alejadas de todo riesgo de incendio.
- No exponer los cilindros a fuentes directas de calor, tales como el vapor o radiadores eléctricos.
- No reparar ni modificar los cilindros o sus válvulas.
- Siempre utilizar equipo apropiado para trasladar los cilindros, aunque se trate de una distancia corta. Nunca hacer rodar los cilindros por el suelo.

- Tomar las precauciones necesarias para evitar que ingrese aceite, agua o alguna sustancia externa en el cilindro.
- De ser necesario calentar el cilindro, sólo utilizar aire o agua caliente, cuya temperatura no debe exceder los 40°C (104°F). No emplee llamas abiertas o calefactores por radiación.
- Siempre tomar el peso del cilindro para verificar si se encuentra vacío. La presión no es una indicación precisa de la cantidad de refrigerante que contiene el cilindro.

Sólo utilice cilindros de recuperación especiales para la recuperación de refrigerantes de HC.

3.7 Traslado de los cilindros

La Reglamentación sobre Mercancías Peligrosas (Dangerous Goods Regulations) se aplica al traslado de los cilindros que contienen refrigerantes. Esta reglamentación también se aplica al transporte de otros gases comprimidos, tales como el oxígeno, el acetileno y los refrigerantes halocarbonados. La falta de cumplimiento de esta reglamentación provocará acciones judiciales. Todas las personas encargadas de embarcar mercancías peligrosas deben haber completado un curso de capacitación apropiado. Para obtener información sobre las agencias autorizadas para proporcionar dicha capacitación, comuníquese con Transport Canada, el Departamento de Transporte (DOT) o la agencia de gobierno de su localidad a cargo de la seguridad del transporte.

Para obtener más información sobre el traslado de cilindros, comuníquese con la línea de asistencia técnica para refrigerantes de HC (HC Refrigerants Technical Assistance Line).

3.8 Almacenamiento de los cilindros

Los cilindros deberán almacenarse en el exterior y nunca en establecimientos residenciales. Según lo disponga la autoridad que tenga jurisdicción, los cilindros pueden conservarse en establecimientos comerciales o industriales de acuerdo con las siguientes pautas de almacenamiento:

- Las cantidades que se almacenen deberán colocarse en áreas o cajas especiales y específicas.
- El acceso a las zonas de almacenamiento deberá estar restringido “únicamente para personal autorizado”. Estos lugares deberán señalizarse con avisos que prohíban fumar y la utilización de fuentes potenciales de ignición.
- Los cilindros que contengan refrigerantes deberán almacenarse al nivel del suelo, nunca en sótanos. Los cilindros deberán almacenarse en posición vertical y deberán contar con un fácil acceso.

Deberá evitarse la acumulación de electricidad estática.

3.9 Transporte de los sistemas

Para poder transportar equipo de refrigeración que contenga una carga de refrigerante, es necesario cumplir con las reglamentaciones nacionales e internacionales. El volumen de carga del equipo generalmente determina ciertos requisitos especiales. Por lo general, las reglamentaciones pertinentes exigen el uso de embalaje y etiquetado apropiados. También debe consultarse a las empresas de transporte cuando se traslada un equipo que contiene refrigerantes. El número de designación de las Naciones Unidas para los refrigerantes de HC es UN1075 y para los sistemas de refrigeración que contienen refrigerantes inflamables, UN3358. A continuación, se resume una serie de reglamentaciones de transporte para equipos que contienen gas inflamable:

Transporte por vía terrestre:

La Ley de Transporte de Mercancías Peligrosas de Canadá (Canadian Transportation of Dangerous Goods Act o TGD, 2002) y el título 49 del Código de Reglamentos Federales (CFR), Secciones 100 a 185 (2002) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) regulan el transporte de todas las mercancías peligrosas, inclusive todos los refrigerantes. Se exige contar con capacitación a aquellas personas encargadas del embarque. Las diversas leyes contienen excepciones con respecto a las cantidades, los paquetes para consumidores y vendedores minoristas; por lo tanto, se debe consultar para obtener información específica.

Transporte por vía marítima:

El Código Marítimo Internacional para Mercancías Peligrosas (International Maritime Dangerous Goods Code o IMDG, 2001) establece los requisitos para el transporte marítimo de equipos. Las máquinas de refrigeración que contengan menos de 100 g (3.5 oz) de refrigerante de HC no están sujetas a estas reglamentaciones. De lo contrario, el embalaje requiere una señalización especial. Las máquinas de refrigeración pueden trasladarse sin embalaje en cajones u otros contenedores adecuados, con la condición de que se haya controlado la presión del equipo y éste haya sido diseñado para prevenir fugas de refrigerante durante el transporte.

Transporte por vía aérea:

La Organización de Aviación Civil Internacional/Asociación de Transporte Aéreo Internacional (Civil Aviation Organization/International Air Transport Association o IATA, 2003) establece las reglamentaciones para el transporte aéreo. Éstas prohíben el transporte de equipos que contengan más de 0.1 kg (4 oz) ya sea en aviones de carga o de pasajeros. Si es necesario el transporte aéreo, las reglamentaciones permiten transportar hasta 150 kg (330 lb) de refrigerante de HC a través de cilindros, por lo tanto se pueden cargar los sistemas.

NOTA: De acuerdo con otros requisitos, la carga del refrigerante se aplica para cada circuito de refrigeración.

La información y las recomendaciones contenidas en este documento son para uso exclusivo de las personas que cuentan con una capacitación técnica adecuada en las áreas pertinentes al contenido del documento. Asimismo, este documento ha sido compilado sólo como material de ayuda. La información y recomendaciones deben verificarse antes de ser utilizadas con cualquier fin y por cualquier individuo. El usuario también deberá establecer la aplicabilidad de la información y recomendaciones con relación a toda circunstancia específica. Si bien se considera que la información y las recomendaciones son correctas, Northcutt Inc., sus funcionarios, empleados y representantes se eximen de toda responsabilidad por todo error que pueda existir en el documento, inclusive aquellos producidos como consecuencia de descuidos en la preparación y publicación de dicho documento.

Northcutt, Inc.

5055 North Broadway

Wichita, Kansas USA

67219

316.838.1477

4.1 Información sobre la tubería de succión para HC-12a®

4.1.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de succión

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e / C_{f_{CO'}}$, recalentamiento de 10K en el evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulgadas)	Temperatura (°C) de evaporación (Condensación/Burbuja)						
	-30/-38.7	-20/-28.6	-10/-18.4	-5/-13.3	0/-8.2	5/-3.1	10/2.0
	Pérdida de presión de la tubería de succión (equivalente a 0.04 K/m) (Pa/m)						
	132	184	240	288	328	376	424
1/4	0.06	0.09	0.13	0.17	0.20	0.24	0.28
3/8	0.18	0.28	0.42	0.52	0.63	0.75	0.88
1/2	0.41	0.65	0.97	1.20	1.45	1.75	2.05
5/8	0.78	1.23	1.83	2.28	2.74	3.30	3.87
3/4	1.25	1.97	2.92	3.64	4.48	5.27	6.18
7/8	1.94	3.03	4.53	5.64	6.79	8.17	9.58
1 1/8	3.93	6.18	9.18	11.4	13.8	16.5	19.4
1 3/8	6.86	10.8	16.0	19.9	24.0	28.7	33.9
1 5/8	10.9	17.1	25.4	31.6	38.1	45.8	53.7
2 1/8	22.6	35.7	52.9	65.8	79.3	95.4	112
2 5/8	40.9	64.5	95.7	119	143	173	202
3 1/8	63.7	100	149	185	223	269	315
3 5/8	95.5	150	233	278	334	402	472

4.1.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, $C_{f_{CO'}}$, para la temperatura de salida del condensador

Temperatura de salida del condensador (°C)	1.8	12.1	22.3	32.7	43.0	53.5
Factor de corrección $C_{f_{CO'}}$	1.29	1.20	1.10	1.00	0.90	0.78

4.1.3 Capacidad mínima de refrigeración para el arrastre de aceite en los conductos ascendentes de succión

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/Cf_{co}$, recalentamiento de 10K en el evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulgadas)	Temperatura (°C) de evaporación (Condensación/Burbuja)						
	-30/-38.7	-20/-28.6	-10/-18.4	-5/-13.3	0/-8.2	5/-3.1	10/2.0
1/4	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
3/8	0.12	0.15	0.19	0.22	0.24	0.27	0.30
1/2	0.27	0.35	0.45	0.50	0.56	0.63	0.69
5/8	0.50	0.66	0.85	0.95	1.06	1.19	1.30
3/4	0.81	1.06	1.35	1.52	1.70	1.90	2.08
7/8	1.25	1.64	2.10	2.36	2.64	2.94	3.23
1 1/8	2.53	3.32	4.25	4.77	5.34	5.97	6.55
1 3/8	4.42	5.79	7.42	8.34	9.33	10.4	11.4
1 5/8	7.01	9.19	11.8	13.2	14.8	16.5	18.1
2 1/8	14.6	19.1	24.5	27.5	30.8	34.4	37.7
2 5/8	26.4	34.6	44.3	49.8	55.7	62.2	68.2
3 1/8	41.1	53.9	69.0	77.6	86.7	96.9	106
3 5/8	61.6	80.7	103	116	130	145	159

4.2 Información sobre la tubería de líquidos para HC-12a®

4.2.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de líquidos

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/Cf_{te}$, Temperatura de condensación 40.0/32.7 °C, subenfriamiento de 5K en el líquido)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
Capacidad a 0.02 K/m (402 Pa/m)	2.10	6.54	15.2	28.6	48.7	70.9
Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8		
Capacidad a 0.02 K/ m (402 Pa/m)	144	251	398	828		

4.2.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, Cf_{te} para la temperatura de evaporación

(recalentamiento de 10K en el evaporador)

Temp. de evap. (°C)	-30	-20	-10	-5	0	5	10
Factor de Correc. Cf_{te}	0.91	0.96	1.01	1.03	1.06	1.08	1.11

4.3 Información sobre la tubería de descarga para HC-12a®

4.1.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de descarga

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/Cf_{te}$, recalentamiento de 10K del evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	Temperatura (°C) de evaporación (Condensación/Burbuja)						
	-30/-38.7	-20/-28.6	-10/-18.4	-5/-13.3	0/-8.2	5/-3.1	10/2.0
1/4	0.33	0.35	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43
3/8	1.03	1.10	1.18	1.22	1.25	1.29	1.33
1/2	2.38	2.55	2.73	2.82	2.90	2.99	3.08
5/8	4.50	4.83	5.16	5.33	5.49	5.66	5.82
3/4	7.18	7.71	8.24	8.50	8.77	9.03	9.29
7/8	11.1	12.0	12.8	13.2	13.6	14.0	14.4
1 1/8	22.6	24.2	25.9	26.7	27.5	28.4	29.2
1 3/8	39.4	42.3	45.2	46.6	48.1	49.5	51.0
1 5/8	62.4	67.0	71.6	73.9	76.2	78.5	80.8
2 1/8	130	140	149	154	159	164	168
2 5/8	235	252	270	278	284	296	304
3 1/8	366	393	420	434	447	460	474
3 5/8	548	589	629	649	669	690	710

4.3.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, Cf_{te} para la temperatura de condensación

(subenfriamiento de 5k)

Temperatura de condensación (°C)	10	20	30	40	50	60
Pérdida de presión 0.02 K/m (Pa/m)	212	266	330	402	482	574

Factor de corrección, Cf_{te}	0.61	0.74	0.90	1.05	1.19	1.31
---------------------------------	------	------	------	------	------	------

Notas

1. La metodología de la tabla de selección de tuberías se basa en el Capítulo 2 de *Prácticas de sistemas para refrigerantes halocarbonados (System Practices for Halocarbon Refrigerants)* del Manual de Refrigeración ASHRAE de 1994.
2. Las propiedades de los refrigerantes se obtuvieron de KMKREIS, versión 3.22.
3. Todos los diámetros de las tuberías internas se basan en el valor promedio de la tabla 3 de la norma ASTM B88.
4. Las capacidades de las tuberías de descarga asumen una eficacia del compresor del 65%.
5. Para convertir las capacidades del evaporador de la tabla para la mitad de la pérdida de presión indicada, multiplique por 0.68.
6. Para convertir las capacidades del evaporador de la tabla para 1.5 veces la pérdida de presión indicada, multiplique por 1.25.

5 TABLAS DE SELECCIÓN DE TUBERÍAS PARA HC-22a®

5.1 Información sobre la tubería de succión para HC-22a®

5.1.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de succión

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e / Cf_{co}$, recalentamiento de 10K en el evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	Temperatura de evaporación (°C)						
	-30	-20	-10	-5	0	5	10
	Pérdida de presión de la tubería de succión (equivalente a 0.04 K/m) (Pa/m)						
	264	352	460	520	584	652	728
1/4	0.12	0.18	0.26	0.31	0.36	0.43	0.50
3/8	0.37	0.55	0.80	0.96	1.13	1.33	1.56
1/2	0.85	1.28	1.86	2.22	2.62	3.08	3.61
5/8	1.61	2.42	3.52	4.19	4.96	5.83	6.83
3/4	2.58	3.86	5.61	6.69	7.92	9.30	10.9
7/8	4.00	5.99	8.70	10.4	12.3	14.4	16.9
1 1/8	8.09	12.1	17.7	21.0	24.9	29.2	34.3
1 3/8	14.1	21.2	30.8	36.7	43.4	51.0	59.8
1 5/8	22.4	33.6	48.8	58.3	68.8	80.9	94.8
2 1/8	46.7	69.9	102	121	143	168	197
2 5/8	84.4	126	185	219	259	305	357
3 1/8	131	197	286	341	404	474	556
3 5/8	197	295	429	511	604	710	832

5.1.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, Cf_{CO} , para la temperatura de salida del condensador

Temperatura de salida del condensador (°C)	1.8	12.1	22.3	32.7	43.0	53.5
Factor de corrección Cf_{CO}	1.29	1.20	1.10	1.00	0.90	0.78

5.1.3 Capacidad mínima de refrigeración para el arrastre de aceite en los conductos ascendentes de succión

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/Cf_{CO}$, recalentamiento de 10K en el evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	Temperatura de evaporación (°C)						
	-30	-20	-10	-5	0	5	10
1/4	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13
3/8	0.16	0.21	0.26	0.29	0.32	0.35	0.39
1/2	0.38	0.48	0.60	0.66	0.75	0.82	0.91
5/8	0.71	0.90	1.13	1.27	1.39	1.55	1.71
3/4	1.13	1.45	1.81	2.01	2.25	2.46	2.72
7/8	1.75	2.24	2.80	3.13	3.46	3.82	4.23
1 1/8	3.55	4.54	5.69	6.36	7.01	7.81	8.52
1 3/8	6.21	7.89	9.94	11.1	12.3	13.6	15.0
1 5/8	9.83	12.6	15.7	17.5	19.4	21.5	23.7
2 1/8	20.5	26.2	32.8	36.5	40.5	45.0	49.2
2 5/8	37.0	47.2	59.4	66.0	73.4	80.7	89.1
3 1/8	57.7	73.7	92.5	103	114	126	140
3 5/8	86.5	110	138	154	170	189	209

5.2 Información sobre la tubería de líquidos para HC-22a®

5.2.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de líquidos

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/Cf_{te}$, Temperatura de condensación 40°C/subenfriamiento de 5K del líquido)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
Capacidad a 0.02 K/ m (644 Pa/m)	2.62	8.15	18.9	35.7	57.1	88.4
Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8		
Capacidad a 0.02 K/ m (644 Pa/m)	179	313	496	1033		

5.2.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, $C_{f_{te}}$ para la temperatura de evaporación

(recalentamiento de 10K en el evaporador)

Temp. de evap. (°C)	-30	-20	-10	-5	0	5	10
Factor de Correc. $C_{f_{te}}$	0.92	0.97	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11

5.3 Información sobre la tubería de descarga para HC-22a®

5.3.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de descarga

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e / C_{f_{te}}$, recalentamiento de 10K del evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	Temperatura de evaporación (°C)						
	-30	-20	-10	-5	0	5	10
1/4	0.53	0.57	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68
3/8	1.64	1.76	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12
1/2	3.80	4.08	4.36	4.50	4.64	4.78	4.92
5/8	7.18	7.71	8.24	8.51	8.78	9.04	9.31
3/4	11.5	12.3	13.2	13.6	14.0	14.4	14.9
7/8	17.8	19.1	20.4	21.1	21.7	22.4	23.0
1 1/8	36.0	38.7	41.3	42.7	44.0	45.3	46.7
1 3/8	62.8	67.5	72.2	74.5	76.8	79.1	81.5
1 5/8	99.6	107	114	118	122	125	129
2 1/8	208	223	238	246	254	261	269
2 5/8	375	403	431	445	459	472	486
3 1/8	584	628	671	693	714	736	758
3 5/8	875	940	1005	1037	1070	1096	1135

5.3.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, $C_{f_{te}}$ para la temperatura de condensación

(subenfriamiento de 5k)

Temperatura de condensación (°C)	10	20	30	40	50	60
Pérdida de presión 0.02 K/m (Pa/m)	364	446	538	644	758	882
Factor de corrección, $C_{f_{te}}$	0.70	0.82	0.95	1.06	1.16	1.21

Notas

1. La metodología de la tabla de selección de tuberías se basa en el Capítulo 2 de Prácticas de sistemas para refrigerantes halocarbonados (System Practices for Halocarbon Refrigerants) del Manual de Refrigeración ASHRAE de 1994.
2. Las propiedades de los refrigerantes se obtuvieron de KMKREIS, versión 3.22.
3. Todos los diámetros de las tuberías internas se basan en el valor promedio de la tabla 3 de la norma ASTM B88.
4. Las capacidades de las tuberías de descarga asumen una eficacia del compresor del 65%.
5. Para convertir las capacidades del evaporador de la tabla para la mitad de la pérdida de presión indicada, multiplique por 0.68.
6. Para convertir las capacidades del evaporador de la tabla para 1.5 veces la pérdida de presión indicada, multiplique por 1.25.

6 TABLAS DE SELECCIÓN DE TUBERÍAS PARA HC-502a®

6.1 Información sobre la tubería de succión para HC-502a®

6.1.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de succión

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/C_{f_{co}}$, recalentamiento de 10K en el evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulgadas)	Temperatura (°C) de evaporación (Condensación/Burbuja)						
	-30/-36.0	-20/-25.7	-10/-15.	-5/-10.2	0/-5.0	5/0.1	10/5.3
	Pérdida de presión de la tubería de succión (equivalente a 0.04 K/m) (Pa/m)						
	276	372	484	548	612	688	768
1/4	0.13	0.19	0.28	0.33	0.39	0.46	0.54
3/8	0.40	0.60	0.87	1.04	1.22	1.44	1.69
1/2	0.93	1.40	2.02	2.41	2.84	3.34	3.91
5/8	1.76	2.64	3.81	4.55	5.36	6.32	7.40
3/4	2.81	4.21	6.08	7.26	8.56	10.1	11.8
7/8	4.35	6.54	9.43	11.3	13.3	15.7	19.3
1 1/8	8.81	13.2	19.1	22.8	26.9	31.7	37.1
1 3/8	15.4	23.1	33.4	39.8	46.9	55.3	64.8

1 5/8	24.4	36.7	52.9	63.2	74.4	87.7	103
2 1/8	50.8	76.3	110	132	155	183	214
2 5/8	91.9	138	199	238	280	330	387
3 1/8	143	215	310	370	437	515	602
3 5/8	214	322	464	555	660	771	902

6.1.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, Cf_{co} , para la temperatura de salida del condensador

Temperatura de salida del condensador (°C)	5.7	16.0	26.3	36.6	46.9	57.3
Factor de corrección Cf_{co}	1.34	1.23	1.12	1.00	0.88	0.74

6.1.3 Capacidad mínima de refrigeración para el arrastre de aceite en los conductos ascendentes de succión

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e/Cf_{co}$, recalentamiento de 10K en el evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías (pulgadas)	Temperatura (°C) de evaporación (Condensación/Burbuja)						
	-30/-36.0	-20/-25.7	-10/-15.4	-5/-10.2	0/-5.0	5/0.1	10/5.3
1/4	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
3/8	0.17	0.22	0.27	0.30	0.34	0.37	0.41
1/2	0.40	0.51	0.63	0.70	0.78	0.86	0.95
5/8	0.75	0.96	1.20	1.33	1.48	1.63	1.79
3/4	1.20	1.53	1.91	2.13	2.36	2.60	2.86
7/8	1.87	2.37	2.96	3.30	3.65	4.04	4.44
1 1/8	3.78	4.80	6.00	6.68	7.40	8.17	9.00
1 3/8	6.59	8.39	10.5	11.7	12.9	14.3	15.7
1 5/8	10.5	13.3	16.6	18.5	20.5	22.6	24.9
2 1/8	21.8	27.7	34.6	38.5	42.7	47.1	51.9
2 5/8	39.4	50.1	62.6	69.6	77.1	85.2	93.8

3 1/8	61.3	78.0	97.4	108	120	133	146
3 5/8	91.8	117	146	162	180	199	219

6.2 Información sobre la tubería de líquidos para HC-502a®

6.2.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de líquidos

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e / C_{f_{te}}$, Temperatura de condensación 40.0°C, subenfriamiento de 5K del líquido)

Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
Capacidad a 0.02 K/ m (678 Pa/m)	2.77	8.60	19.9	37.7	60.1	93.3
Tamaño nominal de las tuberías (pulg.)	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8		
Capacidad a 0.02 K/ m (678 Pa/m)	189	330	523	1090		

6.2.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, $C_{f_{te}}$ para la temperatura de evaporación

(recalentamiento de 10K en el evaporador)

Temp. de evap. (°C)	-30	-20	-10	-5	0	5	10
Factor de Correc. $C_{f_{te}}$	0.93	0.97	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10

6.3 Información sobre la tubería de descarga para HC-502a®

6.3.1 Tabla de capacidad del evaporador para tuberías de descarga

(Capacidades en kW, $Q_e' = Q_e / C_{f_{te}}$, recalentamiento de 10K del evaporador, recalentamiento de 10K en la succión)

Tamaño nominal de las tuberías	Temperatura (°C) de evaporación (Condensación/Burbuja)						
	-30/-36.0	-20/-25.7	-10/-15.4	-5/-10.2	0/-5.0	5/0.1	10/5.3

(pulg.)								
1/4	0.57	0.62	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	
3/8	1.78	1.91	2.04	2.11	2.17	2.24	2.30	
1/2	4.13	4.43	4.74	4.89	5.04	5.19	5.33	
5/8	7.81	8.38	8.96	9.24	9.53	9.80	10.1	
3/4	12.5	13.4	14.3	14.8	15.2	15.7	16.1	
7/8	19.3	20.8	22.2	22.9	23.6	24.3	25.0	
1 1/8	39.2	42.0	44.9	46.3	47.8	49.2	50.6	
1 3/8	68.4	73.4	78.4	80.9	93.4	85.8	88.3	
1 5/8	108	116	124	128	132	136	140	
2 1/8	226	242	259	267	275	284	292	
2 5/8	408	438	468	483	498	512	527	
3 1/8	636	682	729	752	775	798	821	
3 5/8	952	1022	1092	1126	1161	1195	1229	

6.3.2 Factores de corrección de la capacidad del evaporador, $C_{f_{te}}$ para la temperatura de condensación

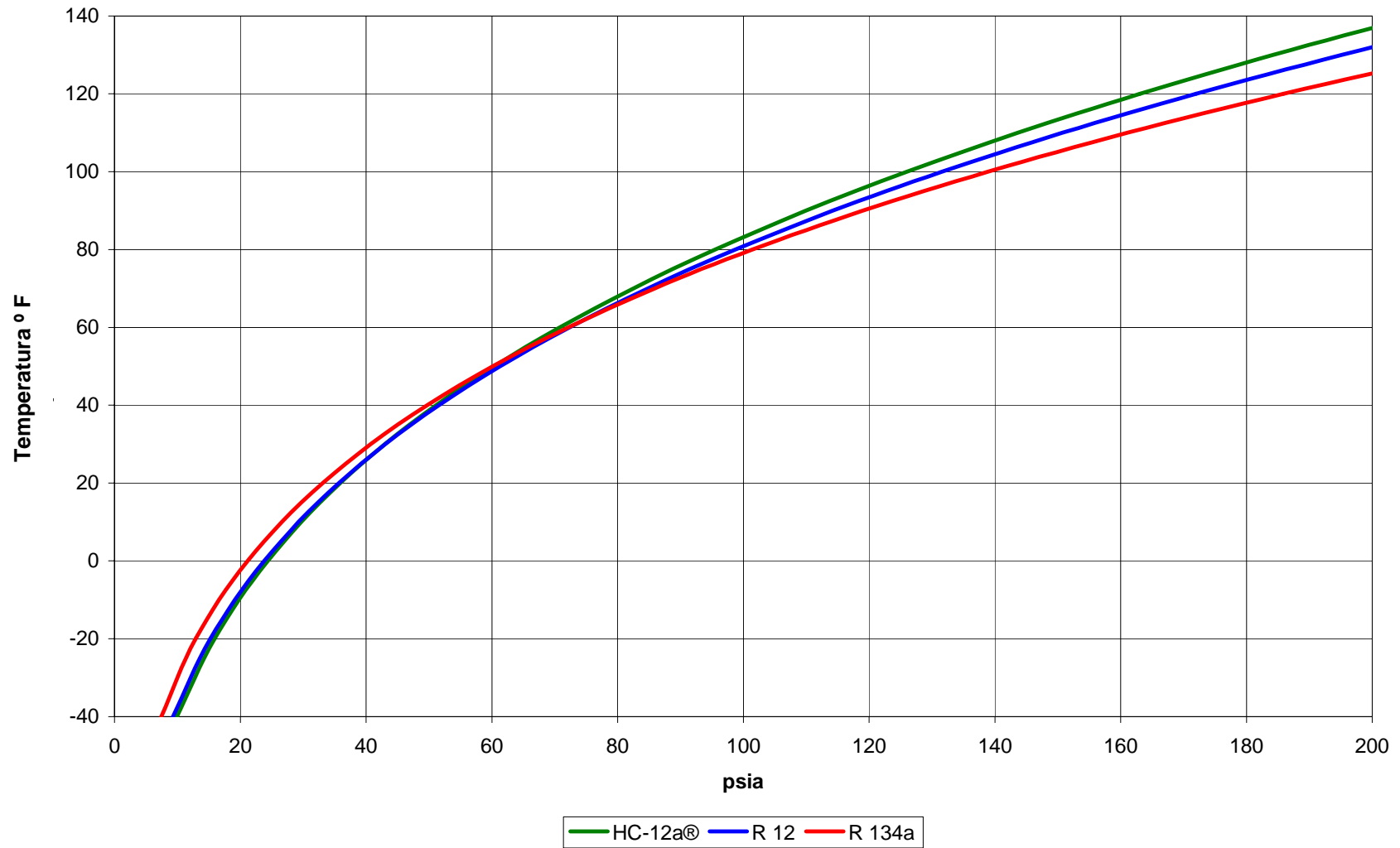
(subenfriamiento de 5k)

Temperatura de condensación (°C)	10	20	30	40	50	60
Pérdida de presión 0.02 K/m (Pa/m)	384	472	570	678	802	938
Factor de corrección, $C_{f_{te}}$	0.72	0.86	0.99	1.12	1.23	1.30

Notas

1. La metodología de la tabla de selección de tuberías se basa en el Capítulo 2 de Prácticas de sistemas para refrigerantes halocarbonados (System Practices for Halocarbon Refrigerants) del Manual de Refrigeración ASHRAE de 1994.
2. Las propiedades de los refrigerantes se obtuvieron de KMKREIS, versión 3.22.
3. Todos los diámetros de las tuberías internas se basan en el valor promedio de la tabla 3 de la norma ASTM B88.
4. Las capacidades de las tuberías de descarga asumen una eficacia del compresor del 65%.
5. Para convertir las capacidades del evaporador de la tabla para la mitad de la pérdida de presión indicada, multiplique por 0.68.
6. Para convertir las capacidades del evaporador de la tabla para 1.5 veces la pérdida de presión indicada, multiplique por 1.25.

HC-12a® Presión del vapor vs. temperatura



HC-12a®: Punto de burbujeo (estándar)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°F)	(psia)	(psia)	(lb/ft ³)	(lb/ft ³)	(Btu/lb)	(Btu/lb)	(Btu/R-lb)	(Btu/R-lb)
-40	10.7	10.7	37.5	0.1	46.7	208.5	0.2	0.5
-35	12.0	12.0	37.3	0.1	49.3	210.1	0.2	0.5
-30	13.5	13.5	37.1	0.2	51.9	211.6	0.2	0.5
-25	15.2	15.2	36.9	0.2	54.6	213.2	0.2	0.5
-20	17.0	17.0	36.7	0.2	57.2	214.8	0.2	0.5
-15	19.0	19.0	36.5	0.2	59.9	216.3	0.2	0.5
-10	21.1	21.1	36.3	0.2	62.6	217.9	0.2	0.5
-5	23.5	23.5	36.1	0.3	65.3	219.5	0.2	0.5
0	26.0	26.0	35.9	0.3	68.1	221.0	0.2	0.5
5	28.7	28.7	35.7	0.3	70.8	222.6	0.2	0.5
10	31.7	31.7	35.5	0.3	73.6	224.2	0.2	0.5
15	34.8	34.8	35.3	0.4	76.4	225.8	0.2	0.5
20	38.2	38.2	35.1	0.4	79.2	227.3	0.2	0.5
25	41.8	41.8	34.9	0.4	82.0	228.9	0.2	0.5
30	45.7	45.7	34.7	0.5	84.9	230.5	0.2	0.5
35	49.9	49.9	34.5	0.5	87.8	232.0	0.2	0.5
40	54.3	54.3	34.3	0.6	90.7	233.6	0.2	0.5
45	59.0	59.0	34.0	0.6	93.6	235.2	0.3	0.5
50	64.0	64.0	33.8	0.7	96.5	236.7	0.3	0.5
55	69.4	69.4	33.6	0.7	99.5	238.3	0.3	0.5
60	75.0	75.0	33.4	0.8	102.5	239.8	0.3	0.5
65	81.0	81.0	33.1	0.8	105.5	241.4	0.3	0.5
70	87.3	87.3	32.9	0.9	108.5	242.9	0.3	0.5
75	94.0	94.0	32.6	1.0	111.6	244.5	0.3	0.5
80	101.0	101.0	32.4	1.0	114.7	246.0	0.3	0.5
85	108.4	108.4	32.2	1.1	117.8	247.5	0.3	0.5
90	116.2	116.2	31.9	1.2	120.9	249.0	0.3	0.5
95	124.4	124.4	31.6	1.3	124.1	250.5	0.3	0.5
100	133.0	133.0	31.4	1.3	127.3	252.0	0.3	0.5
105	142.1	142.1	31.1	1.4	130.6	253.5	0.3	0.5
110	151.5	151.5	30.8	1.5	133.8	254.9	0.3	0.5

HC-12a®: Punto de condensación (estándar)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°F)	(psia)	(psia)	(lb/ft ³)	(lb/ft ³)	(Btu/lb)	(Btu/lb)	(Btu/R-lb)	(Btu/R-lb)
-40	7.0	7.0	35.3	0.1	51.5	222.2	0.2	0.6
-35	8.0	8.0	35.2	0.1	54.2	223.7	0.2	0.6
-30	9.2	9.2	35.1	0.1	57.0	225.3	0.2	0.6
-25	10.4	10.4	34.9	0.1	59.7	226.8	0.2	0.6
-20	11.8	11.8	34.8	0.1	62.4	228.3	0.2	0.6
-15	13.3	13.3	34.6	0.1	65.2	229.8	0.2	0.6
-10	15.0	15.0	34.5	0.2	68.0	231.3	0.2	0.6
-5	16.8	16.8	34.3	0.2	70.8	232.9	0.2	0.6
0	18.8	18.8	34.2	0.2	73.6	234.4	0.2	0.6
5	21.0	21.0	34.0	0.2	76.4	235.9	0.2	0.6
10	23.4	23.4	33.9	0.2	79.2	237.4	0.2	0.6
15	25.9	25.9	33.7	0.3	82.1	239.0	0.2	0.6
20	28.7	28.7	33.5	0.3	84.9	240.5	0.2	0.6
25	31.7	31.7	33.4	0.3	87.8	242.0	0.2	0.6
30	34.9	34.9	33.2	0.4	90.7	243.5	0.3	0.6
35	38.4	38.4	33.0	0.4	93.6	245.0	0.3	0.6
40	42.2	42.2	32.9	0.4	96.5	246.5	0.3	0.6
45	46.2	46.2	32.7	0.5	99.5	248.1	0.3	0.6
50	50.5	50.5	32.5	0.5	102.4	249.6	0.3	0.6
55	55.0	55.0	32.3	0.6	105.4	251.1	0.3	0.6
60	59.9	59.9	32.1	0.6	108.4	252.5	0.3	0.6
65	65.1	65.1	31.9	0.7	111.4	254.0	0.3	0.6
70	70.7	70.7	31.7	0.7	114.5	255.5	0.3	0.6
75	76.5	76.5	31.6	0.8	117.6	257.0	0.3	0.6
80	82.8	82.8	31.3	0.8	120.6	258.4	0.3	0.6
85	89.4	89.4	31.1	0.9	123.7	259.9	0.3	0.6
90	96.4	96.4	30.9	1.0	126.9	261.3	0.3	0.6
95	103.7	103.7	30.7	1.0	130.0	262.7	0.3	0.6
100	111.5	111.5	30.5	1.1	133.2	264.1	0.3	0.6
105	119.8	119.8	30.3	1.2	136.4	265.5	0.3	0.6

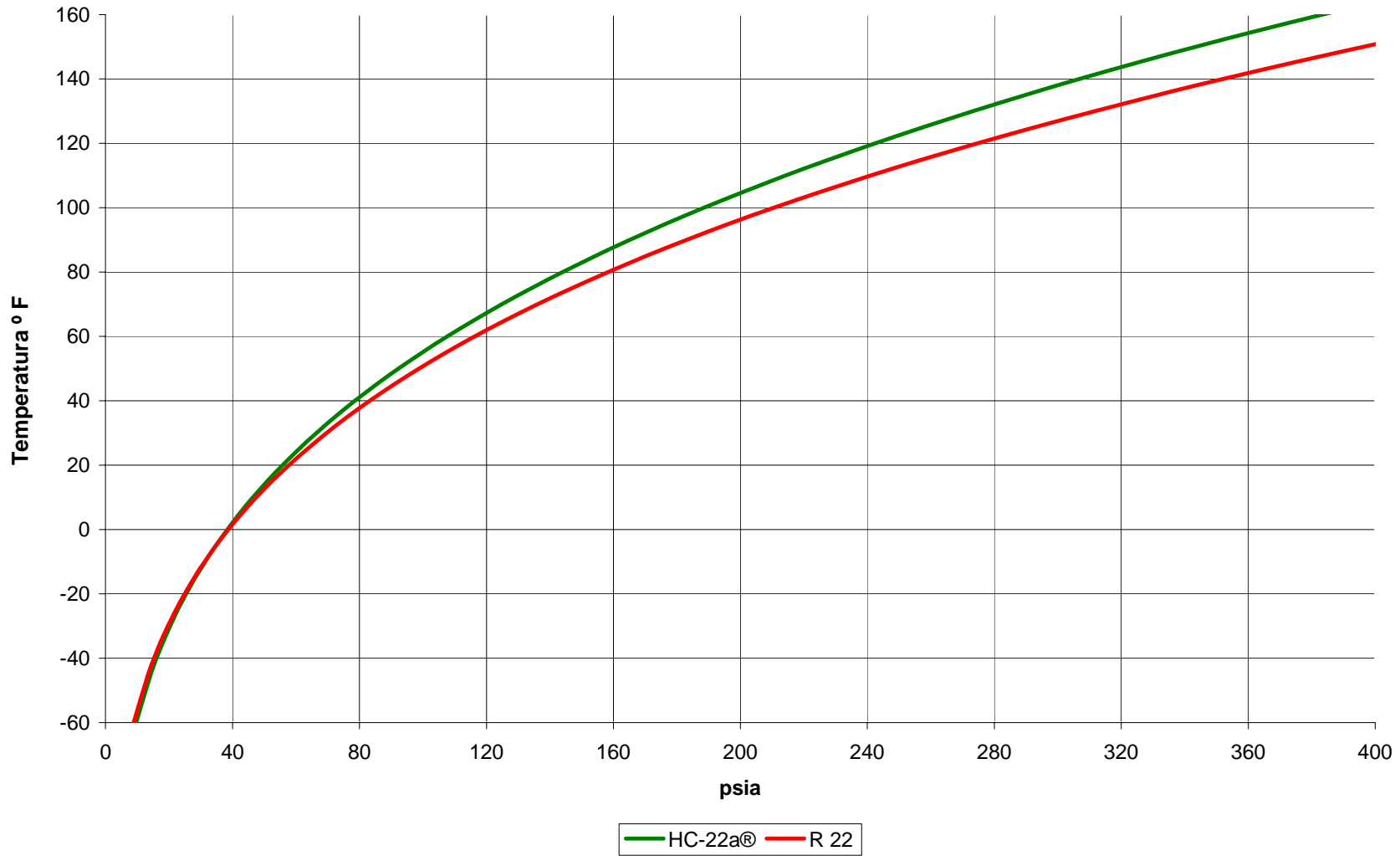
110	128.4	128.4	30.1	1.3	139.7	266.9	0.3	0.6
-----	-------	-------	------	-----	-------	-------	-----	-----

HC-12a®: Punto de burbujeo (métrico)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/K-kg)	(kJ/K-kg)
-40	73.40	73.40	600.80	1.96	108.50	484.70	0.64	2.23
-35	91.20	91.20	595.30	2.40	119.50	491.20	0.69	2.23
-30	112.20	112.20	589.70	2.91	130.60	497.70	0.73	2.22
-25	136.70	136.70	584.00	3.49	141.80	504.30	0.78	2.22
-20	165.20	165.20	578.20	4.17	153.10	510.90	0.82	2.21
-15	198.00	198.00	572.40	4.94	164.60	517.50	0.87	2.21
-10	235.60	235.60	566.50	5.81	176.30	524.00	0.91	2.21
-5	278.20	278.20	560.40	6.79	188.10	530.60	0.96	2.21
0	326.50	326.50	554.20	7.90	200.00	537.20	1.00	2.21
5	380.80	380.80	548.00	9.14	212.10	543.70	1.04	2.21
10	441.50	441.50	541.50	10.53	224.40	550.30	1.09	2.21
15	509.20	509.20	535.00	12.08	236.80	556.80	1.13	2.22
20	584.10	584.10	528.20	13.80	249.40	563.20	1.17	2.22
25	666.90	666.90	521.30	15.71	262.30	569.70	1.22	2.22
30	758.00	758.00	514.20	17.83	275.30	576.00	1.26	2.23
35	857.80	857.80	506.80	20.18	288.50	582.30	1.30	2.23
40	966.80	966.80	499.20	22.79	302.00	588.50	1.34	2.24
45	1085.50	1085.50	491.40	25.67	315.70	594.60	1.39	2.24
50	1214.50	1214.50	483.20	28.88	329.70	600.50	1.43	2.24
55	1354.10	1354.10	474.70	32.44	343.90	606.40	1.47	2.25
60	1505.10	1505.10	465.80	36.40	358.50	612.00	1.52	2.25
65	1667.80	1667.80	456.50	40.83	373.40	617.40	1.56	2.26
70	1842.80	1842.80	446.60	45.80	388.60	622.50	1.60	2.26
75	2030.80	2030.80	436.20	51.41	404.30	627.30	1.65	2.27
80	2232.30	2232.30	425.00	57.79	420.40	631.60	1.69	2.27

HC-12a®: Punto de condensación (métrico)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/K-kg)	(kJ/K-kg)
-40	48.30	48.30	566.00	1.28	119.80	516.50	0.68	2.43
-35	61.50	61.50	562.00	1.61	131.10	522.90	0.73	2.41
-30	77.30	77.30	557.80	1.99	142.60	529.20	0.78	2.40
-25	96.20	96.20	553.60	2.44	154.10	535.60	0.83	2.39
-20	118.50	118.50	549.20	2.96	165.80	542.00	0.87	2.39
-15	144.70	144.70	544.80	3.57	177.50	548.40	0.92	2.38
-10	175.10	175.10	540.20	4.26	189.40	554.70	0.97	2.37
-5	210.10	210.10	535.50	5.06	201.40	561.10	1.01	2.37
0	250.30	250.30	530.60	5.97	213.50	567.50	1.06	2.37
5	296.10	296.10	525.60	7.00	225.70	573.80	1.10	2.36
10	347.90	347.90	520.50	8.17	238.10	580.10	1.15	2.36
15	406.20	406.20	515.20	9.48	250.60	586.30	1.19	2.36
20	471.60	471.60	509.70	10.94	263.30	592.50	1.23	2.36
25	544.50	544.50	504.00	12.59	276.10	598.70	1.28	2.36
30	625.60	625.60	498.20	14.43	289.10	604.70	1.32	2.36
35	715.20	715.20	492.10	16.48	302.30	610.70	1.36	2.36
40	814.10	814.10	485.70	18.77	315.60	616.50	1.40	2.36
45	922.80	922.80	479.10	21.33	329.20	622.20	1.45	2.36
50	1041.90	1041.90	472.20	24.18	342.90	627.80	1.49	2.36
55	1172.00	1172.00	465.00	27.37	356.90	633.20	1.53	2.36
60	1313.90	1313.90	457.30	30.94	371.10	638.30	1.57	2.37
65	1468.30	1468.30	449.30	34.95	385.60	643.20	1.61	2.37

70	1635.90	1635.90	440.70	39.47	400.40	647.70	1.65	2.37
75	1817.70	1817.70	431.60	44.61	415.50	651.90	1.70	2.37
80	2014.60	2014.60	421.80	50.47	431.00	655.50	1.74	2.36

HC-22a® Presión del vapor vs. temperatura



HC-22a®: Punto de burbujeo (estándar)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°F)	(psia)	(psia)	(lb/ft ³)	(lb/ft ³)	(Btu/lb)	(Btu/lb)	(Btu/R-lb)	(Btu/R-lb)
-40	18.2	18.2	36.1	0.2	45.3	220.3	0.2	0.6
-35	20.4	20.4	35.9	0.2	48.0	222.0	0.2	0.6
-30	22.8	22.8	35.7	0.2	50.7	223.6	0.2	0.6
-25	25.4	25.4	35.4	0.3	53.5	225.2	0.2	0.6
-20	28.2	28.2	35.2	0.3	56.3	226.9	0.2	0.6
-15	31.3	31.3	35.0	0.3	59.1	228.5	0.2	0.6
-10	34.6	34.6	34.8	0.3	61.9	230.0	0.2	0.6
-5	38.2	38.2	34.6	0.4	64.7	231.6	0.2	0.6
0	42.1	42.1	34.4	0.4	67.5	233.2	0.2	0.6
5	46.2	46.2	34.2	0.4	70.4	234.7	0.2	0.6
10	50.7	50.7	33.9	0.5	73.3	236.3	0.2	0.6
15	55.4	55.4	33.7	0.5	76.2	237.8	0.2	0.6
20	60.5	60.5	33.5	0.6	79.2	239.3	0.2	0.6
25	65.9	65.9	33.3	0.6	82.1	240.8	0.2	0.6
30	71.7	71.7	33.0	0.7	85.1	242.2	0.2	0.6
35	77.9	77.9	32.8	0.7	88.2	243.7	0.2	0.6
40	84.4	84.4	32.5	0.8	91.2	245.1	0.3	0.6
45	91.4	91.4	32.3	0.8	94.3	246.6	0.3	0.6
50	98.7	98.7	32.1	0.9	97.4	248.0	0.3	0.6
55	106.5	106.5	31.8	1.0	100.5	249.3	0.3	0.6
60	114.8	114.8	31.5	1.1	103.7	250.7	0.3	0.6
65	123.4	123.4	31.3	1.1	106.8	252.0	0.3	0.6
70	132.6	132.6	31.0	1.2	110.1	253.3	0.3	0.6
75	142.3	142.3	30.7	1.3	113.3	254.6	0.3	0.6
80	152.4	152.4	30.5	1.4	116.6	255.9	0.3	0.6
85	163.1	163.1	30.2	1.5	120.0	257.1	0.3	0.6
90	174.4	174.4	29.9	1.6	123.3	258.3	0.3	0.6
95	186.1	186.1	29.6	1.7	126.7	259.5	0.3	0.6
100	198.5	198.5	29.3	1.9	130.2	260.6	0.3	0.6

105	211.4	211.4	29.0	2.0	133.7	261.7	0.3	0.6
110	225.0	225.0	28.7	2.1	137.2	262.8	0.3	0.6

HC-22a®: Punto de condensación (estándar)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°F)	(psia)	(psia)	(lb/ft ³)	(lb/ft ³)	(Btu/lb)	(Btu/lb)	(Btu/R-lb)	(Btu/R-lb)
-40	16.4	16.4	35.9	0.2	45.4	227.3	0.2	0.6
-35	18.5	18.5	35.7	0.2	48.1	228.8	0.2	0.6
-30	20.7	20.7	35.5	0.2	50.9	230.2	0.2	0.6
-25	23.2	23.2	35.3	0.2	53.6	231.6	0.2	0.6
-20	25.9	25.9	35.1	0.3	56.4	233.0	0.2	0.6
-15	28.8	28.8	34.9	0.3	59.2	234.4	0.2	0.6
-10	32.0	32.0	34.7	0.3	62.0	235.8	0.2	0.6
-5	35.4	35.4	34.5	0.3	64.9	237.2	0.2	0.6
0	39.1	39.1	34.3	0.4	67.7	238.6	0.2	0.6
5	43.1	43.1	34.1	0.4	70.6	240.0	0.2	0.6
10	47.4	47.4	33.8	0.4	73.5	241.4	0.2	0.6
15	51.9	51.9	33.6	0.5	76.4	242.7	0.2	0.6
20	56.9	56.9	33.4	0.5	79.4	244.1	0.2	0.6
25	62.1	62.1	33.2	0.6	82.4	245.4	0.2	0.6
30	67.7	67.7	32.9	0.6	85.4	246.8	0.2	0.6
35	73.7	73.7	32.7	0.7	88.4	248.1	0.2	0.6
40	80.1	80.1	32.5	0.7	91.4	249.4	0.3	0.6
45	86.9	86.9	32.2	0.8	94.5	250.7	0.3	0.6
50	94.0	94.0	32.0	0.9	97.6	252.0	0.3	0.6
55	101.6	101.6	31.7	0.9	100.7	253.2	0.3	0.6
60	109.7	109.7	31.5	1.0	103.9	254.5	0.3	0.6
65	118.2	118.2	31.2	1.1	107.1	255.7	0.3	0.6
70	127.2	127.2	30.9	1.2	110.3	256.9	0.3	0.6
75	136.7	136.7	30.7	1.3	113.6	258.1	0.3	0.6
80	146.7	146.7	30.4	1.4	116.9	259.3	0.3	0.6
85	157.2	157.2	30.1	1.5	120.2	260.4	0.3	0.6

90	168.3	168.3	29.8	1.6	123.6	261.5	0.3	0.6
95	179.9	179.9	29.5	1.7	127.0	262.6	0.3	0.6
100	192.1	192.1	29.2	1.8	130.5	263.6	0.3	0.6
105	204.9	204.9	28.9	1.9	133.9	264.6	0.3	0.6
110	218.4	218.4	28.6	2.1	137.5	265.5	0.3	0.6

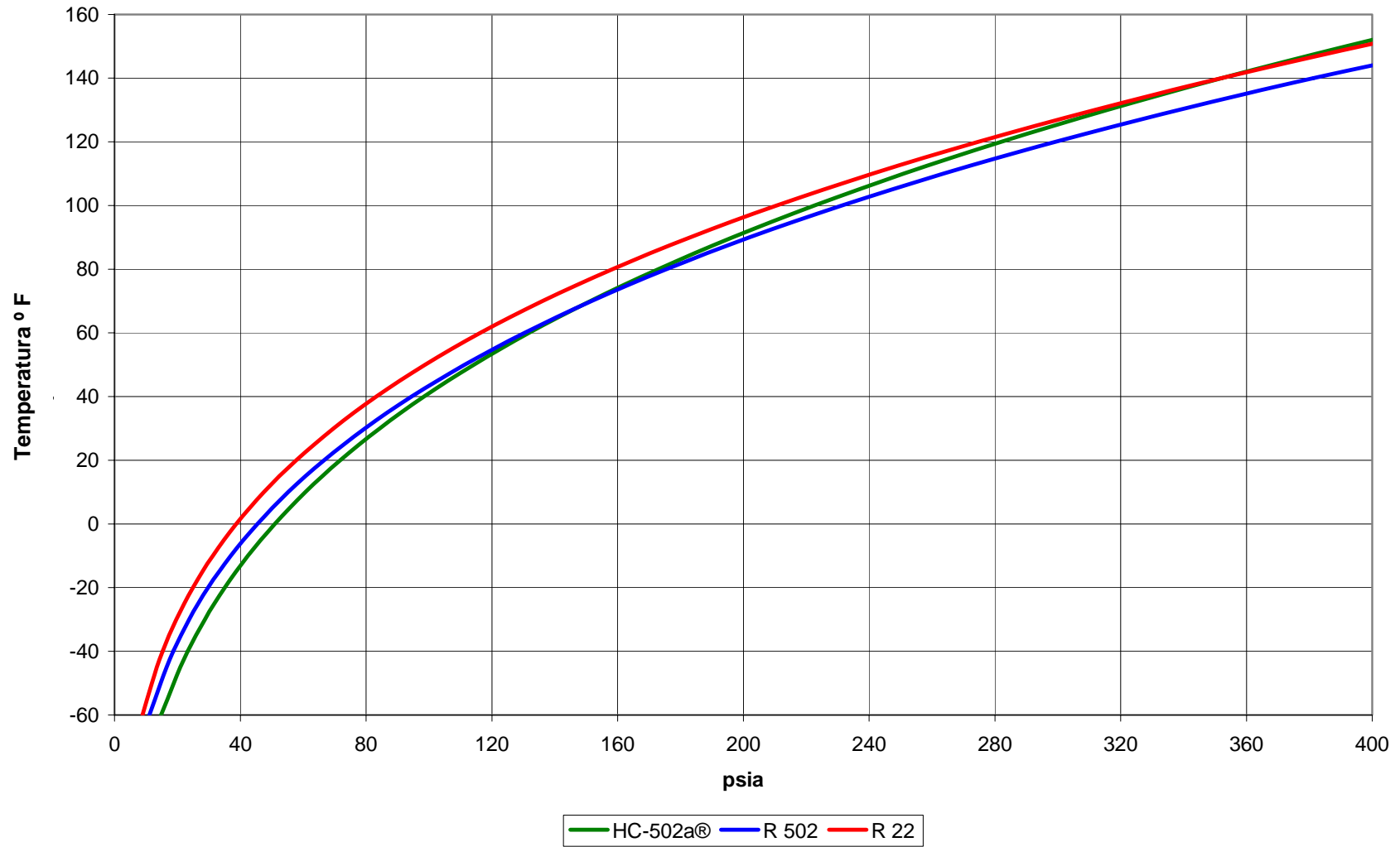
HC-22a®: Punto de burbujeo (métrico)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/K-kg)	(kJ/K-kg)
-40	126.0	125.5	578.0	3.0	105.2	512.1	0.6	2.5
-35	154.0	153.8	572.0	3.6	116.6	519.0	0.7	2.4
-30	187.0	186.7	566.0	4.3	128.2	525.8	0.7	2.4
-25	225.0	224.8	560.0	5.1	139.9	532.5	0.8	2.4
-20	269.0	268.6	553.0	6.0	151.7	539.1	0.8	2.4
-15	319.0	318.6	547.0	7.1	163.7	545.6	0.9	2.4
-10	375.0	375.3	541.0	8.3	175.8	552.0	0.9	2.4
-5	439.0	439.3	534.0	9.6	188.2	558.3	1.0	2.4
0	511.0	511.2	527.0	11.1	200.7	564.4	1.0	2.4
5	591.0	591.5	520.0	12.8	213.4	570.5	1.1	2.4
10	681.0	680.8	513.0	14.7	226.3	576.4	1.1	2.4
15	780.0	779.6	506.0	16.8	239.5	582.1	1.2	2.4
20	889.0	888.7	498.0	19.2	252.8	587.7	1.2	2.4
25	1009.0	1009.0	491.0	21.8	266.5	593.1	1.2	2.4
30	1140.0	1140.0	482.0	24.7	280.4	598.2	1.3	2.4
35	1283.0	1283.0	474.0	28.0	294.6	603.2	1.3	2.4
40	1440.0	1440.0	465.0	31.7	309.1	607.8	1.4	2.4
45	1609.0	1609.0	456.0	35.8	324.0	612.1	1.4	2.4
50	1793.0	1793.0	446.0	40.4	339.2	616.1	1.5	2.3
55	1992.0	1992.0	436.0	45.7	354.9	619.6	1.5	2.3
60	2207.0	2207.0	425.0	51.7	371.1	622.5	1.6	2.3
65	2439.0	2439.0	413.0	58.6	387.8	624.8	1.6	2.3
70	2688.0	2688.0	400.0	66.7	405.3	626.2	1.7	2.3

75	2956.0	2956.0	385.0	76.3	423.6	626.5	1.7	2.3
80	3243.0	3243.0	369.0	88.0	443.1	625.2	1.8	2.3
85	3552.0	3552.0	349.0	103.1	464.5	621.5	1.8	2.3
90	3884.0	3884.0	323.0	124.6	489.4	613.1	1.9	2.2
95	4429.0	4429.0	308.0	308.0	509.0	509.0	1.9	1.9

HC-22a®: Punto de condensación (métrico)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/K·kg)	(kJ/K·kg)
-40	113.1	113.1	575.3	2.7	105.5	528.4	0.6	2.5
-35	139.7	139.7	569.5	3.2	116.9	534.4	0.7	2.5
-30	170.9	170.9	563.7	3.9	128.5	540.3	0.7	2.4
-25	207.2	207.2	557.7	4.7	140.2	546.2	0.8	2.4
-20	249.0	249.0	551.6	5.6	152.1	552.0	0.8	2.4
-15	297.0	297.0	545.4	6.6	164.1	557.8	0.9	2.4
-10	351.6	351.6	539.0	7.7	176.3	563.6	0.9	2.4
-5	413.5	413.5	532.5	9.0	188.6	569.3	1.0	2.4
0	483.2	483.2	525.9	10.5	201.2	574.8	1.0	2.4
5	561.3	561.3	519.1	12.1	213.9	580.3	1.1	2.4
10	648.4	648.4	512.1	14.0	226.9	585.7	1.1	2.4
15	745.1	745.1	504.8	16.0	240.0	591.0	1.1	2.4
20	852.0	852.0	497.4	18.3	253.4	596.1	1.2	2.4
25	969.8	969.8	489.6	20.9	267.1	601.0	1.2	2.4
30	1099.0	1099.0	481.6	23.8	281.0	605.8	1.3	2.4
35	1241.0	1241.0	473.3	27.0	295.2	610.3	1.3	2.4
40	1395.0	1395.0	464.5	30.6	309.7	614.5	1.4	2.4
45	1563.0	1563.0	455.4	34.7	324.6	618.5	1.4	2.4
50	1746.0	1746.0	445.7	39.3	339.8	622.0	1.5	2.4
55	1944.0	1944.0	435.5	44.5	355.5	625.2	1.5	2.3
60	2158.0	2158.0	424.5	50.4	371.6	627.7	1.6	2.3
65	2389.0	2389.0	412.8	57.2	388.4	629.6	1.6	2.3
70	2639.0	2639.0	399.9	65.2	405.8	630.7	1.7	2.3

75	2907.0	2907.0	385.7	74.7	424.0	630.6	1.7	2.3
80	3197.0	3197.0	369.4	86.3	443.4	628.9	1.8	2.3
85	3510.0	3510.0	349.9	101.3	464.6	624.8	1.8	2.3
90	3849.0	3849.0	324.0	122.6	489.2	616.0	1.9	2.2
95	4409.0	4409.0	306.1	306.1	509.9	509.9	1.9	1.9

HC-502a® Presión del vapor vs. temperatura



HC-502a®: Punto de burbujeo (estándar)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°F)	(psia)	(psia)	(lb/ft ³)	(lb/ft ³)	(Btu/lb)	(Btu/lb)	(Btu/R-lb)	(Btu/R-lb)
-40	22.8	22.8	35.9	0.2	45.7	210.3	0.2	0.6
-35	25.4	25.4	35.7	0.3	48.4	212.1	0.2	0.6
-30	28.2	28.2	35.5	0.3	51.2	214.0	0.2	0.6
-25	31.2	31.2	35.2	0.3	53.9	215.8	0.2	0.6
-20	34.5	34.5	35.0	0.3	56.7	217.6	0.2	0.6
-15	38.0	38.0	34.8	0.4	59.5	219.4	0.2	0.6
-10	41.8	41.8	34.6	0.4	62.4	221.2	0.2	0.6
-5	45.8	45.8	34.4	0.4	65.2	223.0	0.2	0.6
0	50.2	50.2	34.2	0.5	68.1	224.7	0.2	0.6
5	54.9	54.9	33.9	0.5	71.0	226.4	0.2	0.6
10	59.9	59.9	33.7	0.6	73.9	228.1	0.2	0.6
15	65.2	65.2	33.5	0.6	76.8	229.8	0.2	0.6
20	70.9	70.9	33.3	0.7	79.8	231.5	0.2	0.6
25	76.9	76.9	33.0	0.7	82.8	233.2	0.2	0.6
30	83.3	83.3	32.8	0.8	85.8	234.8	0.2	0.6
35	90.1	90.1	32.6	0.8	88.8	236.4	0.3	0.6
40	97.3	97.3	32.3	0.9	91.9	238.0	0.3	0.6
45	104.9	104.9	32.1	1.0	95.0	239.6	0.3	0.6
50	113.0	113.0	31.8	1.0	98.1	241.1	0.3	0.6
55	121.5	121.5	31.6	1.1	101.3	242.7	0.3	0.6
60	130.4	130.4	31.3	1.2	104.4	244.2	0.3	0.6
65	139.9	139.9	31.0	1.3	107.7	245.7	0.3	0.6
70	149.8	149.8	30.8	1.4	110.9	247.1	0.3	0.6
75	160.3	160.3	30.5	1.5	114.2	248.5	0.3	0.6
80	171.2	171.2	30.2	1.6	117.5	249.9	0.3	0.6
85	182.7	182.7	29.9	1.7	120.9	251.3	0.3	0.6
90	194.8	194.8	29.6	1.8	124.3	252.6	0.3	0.6
95	207.4	207.4	29.3	1.9	127.7	253.9	0.3	0.6
100	220.6	220.6	29.0	2.1	131.2	255.2	0.3	0.6
105	234.4	234.4	28.7	2.2	134.8	256.4	0.3	0.6

110	248.9	248.9	28.3	2.4	138.4	257.5	0.3	0.6
-----	-------	-------	------	-----	-------	-------	-----	-----

HC-502a®: Punto de condensación (estándar)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°F)	(psia)	(psia)	(lb/ft ³)	(lb/ft ³)	(Btu/lb)	(Btu/lb)	(Btu/R-lb)	(Btu/R-lb)
-40	17.1	17.1	35.4	0.2	46.0	227.7	0.2	0.6
-35	19.3	19.3	35.2	0.2	48.8	229.1	0.2	0.6
-30	21.7	21.7	35.0	0.2	51.6	230.6	0.2	0.6
-25	24.2	24.2	34.8	0.2	54.4	232.0	0.2	0.6
-20	27.0	27.0	34.6	0.3	57.2	233.4	0.2	0.6
-15	30.1	30.1	34.4	0.3	60.0	234.8	0.2	0.6
-10	33.4	33.4	34.2	0.3	62.9	236.2	0.2	0.6
-5	36.9	36.9	34.0	0.4	65.7	237.6	0.2	0.6
0	40.8	40.8	33.8	0.4	68.6	239.0	0.2	0.6
5	44.9	44.9	33.6	0.4	71.6	240.3	0.2	0.6
10	49.4	49.4	33.4	0.5	74.5	241.7	0.2	0.6
15	54.2	54.2	33.2	0.5	77.5	243.1	0.2	0.6
20	59.3	59.3	33.0	0.6	80.4	244.4	0.2	0.6
25	64.8	64.8	32.7	0.6	83.4	245.8	0.2	0.6
30	70.7	70.7	32.5	0.7	86.5	247.1	0.2	0.6
35	76.9	76.9	32.3	0.7	89.5	248.4	0.3	0.6
40	83.5	83.5	32.0	0.8	92.6	249.7	0.3	0.6
45	90.6	90.6	31.8	0.8	95.7	251.0	0.3	0.6
50	98.1	98.1	31.6	0.9	98.9	252.2	0.3	0.6
55	106.0	106.0	31.3	1.0	102.0	253.5	0.3	0.6
60	114.4	114.4	31.1	1.0	105.2	254.7	0.3	0.6
65	123.3	123.3	30.8	1.1	108.5	255.9	0.3	0.6
70	132.7	132.7	30.6	1.2	111.7	257.1	0.3	0.6
75	142.6	142.6	30.3	1.3	115.0	258.3	0.3	0.6
80	153.0	153.0	30.0	1.4	118.4	259.4	0.3	0.6
85	164.0	164.0	29.7	1.5	121.7	260.5	0.3	0.6
90	175.6	175.6	29.5	1.6	125.1	261.6	0.3	0.6

95	187.8	187.8	29.2	1.7	128.6	262.6	0.3	0.6
100	200.5	200.5	28.9	1.9	132.1	263.6	0.3	0.6
105	213.9	213.9	28.6	2.0	135.6	264.6	0.3	0.6
110	227.9	227.9	28.2	2.1	139.2	265.5	0.3	0.6

HC-502a®: Punto de burbujeo (métrico)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m3)	(kg/m3)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/K-kg)	(kJ/K-kg)
-40	157.3	157.3	574.5	3.666	106.1	488.8	0.6722	2.404
-35	190.3	190.3	568.6	4.373	117.6	496.5	0.7206	2.397
-30	228.4	228.4	562.5	5.18	129.2	504.2	0.7686	2.391
-25	272.1	272.1	556.4	6.099	141	511.7	0.8161	2.385
-20	321.9	321.9	550.1	7.139	152.9	519.1	0.8633	2.38
-15	378.3	378.3	543.7	8.312	164.9	526.3	0.9101	2.376
-10	441.9	441.9	537.2	9.631	177.2	533.5	0.9566	2.372
-5	513.2	513.2	530.5	11.11	189.6	540.4	1.003	2.369
0	592.8	592.8	523.7	12.76	202.2	547.3	1.049	2.366
5	681.2	681.2	516.7	14.61	215	554	1.095	2.364
10	779	779	509.4	16.66	228	560.5	1.14	2.362
15	886.8	886.8	502	18.95	241.3	566.9	1.186	2.36
20	1005	1005	494.3	21.5	254.8	573.1	1.232	2.358
25	1135	1135	486.3	24.33	268.6	579	1.277	2.356
30	1276	1276	478	27.49	282.6	584.7	1.323	2.355
35	1430	1430	469.3	31.01	296.9	590.2	1.369	2.353
40	1597	1597	460.2	34.95	311.6	595.4	1.415	2.351
45	1778	1778	450.7	39.36	326.7	600.2	1.461	2.349
50	1973	1973	440.7	44.34	342.1	604.6	1.508	2.346
55	2183	2183	430	49.97	358	608.5	1.556	2.342
60	2410	2410	418.5	56.41	374.5	611.8	1.604	2.337
65	2653	2653	406.1	63.85	391.5	614.5	1.653	2.33
70	2914	2914	392.5	72.56	409.4	616.2	1.703	2.322
75	3194	3194	377.2	83	428.2	616.6	1.756	2.311

80	3493	3493	359.4	95.96	448.5	615.2	1.811	2.295
85	3812	3812	337.4	113.1	471.1	610.9	1.872	2.272
90	4150	4150	305.4	139.8	499.1	600	1.947	2.231

HC-502a®: Punto de condensación (métrico)								
Temperatura	Presión (líquido)	Presión (vapor)	Densidad (líquido)	Densidad (vapor)	Entalpía (líquido)	Entalpía (vapor)	Entropía (líquido)	Entropía (vapor)
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/K·kg)	(kJ/K·kg)
-40	118.1	118.1	567.6	2.743	107	529.3	0.6488	2.501
-35	145.9	145.9	562	3.339	118.6	535.3	0.6983	2.488
-30	178.4	178.4	556.2	4.029	130.3	541.2	0.7473	2.475
-25	216.2	216.2	550.3	4.825	142.2	547	0.7958	2.464
-20	259.9	259.9	544.4	5.736	154.2	552.9	0.844	2.455
-15	309.9	309.9	538.3	6.775	166.3	558.7	0.8917	2.446
-10	366.9	366.9	532.1	7.953	178.7	564.4	0.9392	2.438
-5	431.4	431.4	525.7	9.287	191.2	570	0.9863	2.431
0	504.1	504.1	519.1	10.79	203.8	575.6	1.033	2.425
5	585.5	585.5	512.4	12.48	216.7	581	1.08	2.419
10	676.3	676.3	505.5	14.37	229.8	586.3	1.127	2.414
15	777.1	777.1	498.4	16.5	243.1	591.5	1.173	2.409
20	888.7	888.7	491	18.87	256.7	596.6	1.219	2.405
25	1012	1012	483.4	21.53	270.5	601.4	1.266	2.401
30	1147	1147	475.4	24.51	284.5	606.1	1.312	2.396
35	1294	1294	467.1	27.84	298.9	610.5	1.359	2.392
40	1456	1456	458.4	31.58	313.6	614.6	1.406	2.388
45	1632	1632	449.3	35.8	328.6	618.4	1.453	2.384
50	1823	1823	439.7	40.57	344	621.8	1.5	2.378
55	2030	2030	429.4	45.99	359.8	624.7	1.548	2.373
60	2255	2255	418.4	52.2	376.2	627	1.597	2.366
65	2498	2498	406.5	59.39	393.1	628.6	1.646	2.357

70	2761	2761	393.4	67.85	410.7	629.2	1.697	2.347
75	3045	3045	378.8	78	429.3	628.5	1.75	2.334
80	3352	3352	361.7	90.61	449.2	626.1	1.805	2.316
85	3686	3686	340.7	107.3	471.2	620.5	1.866	2.291
90	4052	4052	310.6	132.9	497.9	608.5	1.939	2.25