

# Manejo Seguro de **Hidrocarburos** en el Sector Refrigeración y Aire Acondicionado



Manejo Seguro de  
**Hidrocarburos** en  
el Sector Refrigeración  
y Aire Acondicionado



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**MEDIO AMBIENTE**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

---

Derechos reservados: Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Unidad Protocolo de Montreal.

Av. Ejército Nacional 223,  
Col. Anáhuac I Sección, C.P. 11320,  
Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México.

Esta publicación fue elaborada por la Unidad Protocolo de Montreal de la SEMARNAT y la División del Protocolo de Montreal de ONUDI, con la contribución financiera de la Unión Europea (UE) y el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

Primera edición 2021.  
Impreso y hecho en México.

ISBN: 978-607-626-060-9.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio de los textos, gráficos, ilustraciones o fotografías de este Manual sin la autorización expresa de la SEMARNAT (salvo pasajes breves para reseñas o citas, siempre y cuando se citen las fuentes de forma adecuada).

Citar como:  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2021. *Manejo Seguro de Hidrocarburos en el Sector Refrigeración y Aire Acondicionado*. México. SEMARNAT.

---

La información y procedimientos técnicos contenidos en el presente manual están estructurados para impartir el entrenamiento de técnicos en “Buen manejo de hidrocarburos en el sector de refrigeración y aire acondicionado”.

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

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

---

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea (UE) y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Su contenido es responsabilidad exclusiva de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea y del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo.

---

Este documento se ha elaborado sin la edición oficial de las Naciones Unidas. Las denominaciones empleadas y la presentación del material en este documento no implican la expresión de ninguna opinión en absoluto por parte de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) relativa a la condición jurídica de los países, territorios, ciudades o sus respectivas autoridades, concernientes a la delimitación de fronteras o límites territoriales, sistema económico o grado de desarrollo. Los términos referidos como “desarrollado”, “industrializado” y “en desarrollo” son empleados por conveniencia estadística y no expresan necesariamente un juicio sobre la etapa alcanzada por un país o área en particular en el proceso de desarrollo. La mención de nombres de empresas o productos comerciales no constituye un respaldo por parte de la ONUDI.

---

Elaborado en cooperación con GIZ Proklima en el contexto del Plan Nacional para la Eliminación de HCFC (HPMP) Etapa II, con el financiamiento del Fondo Multilateral (MLF) para la Implementación del Protocolo de Montreal y el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).



Cofinanciado por la Unión Europea



german  
cooperation

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



*Al servicio  
de las personas  
y las naciones*



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**MEDIO AMBIENTE**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**

**María Luisa Albores González**

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**Tonatiuh Herrera Gutiérrez**

Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental

**Abel Arguelles Almontes**

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

**UNIDAD PROTOCOLO DE MONTREAL**

**Mónica L. López Aguilar**

Coordinadora de la Unidad Protocolo de Montreal

**Martín Salas Martínez**

Coordinador del Plan de Eliminación de HCFC

**Alan Bastida**

Coordinador de Reducción de HFC

**Ignacio Vázquez Ramírez**

Especialista en HFC e Hidrocarburos

**Ana Karina Pando Contreras**

Consultora Nacional de Capacitación

**Itzel Vargas Rodríguez**

Especialista de Comunicación

## ONU DI

### Ole Nielsen

Jefe de la División del Protocolo de Montreal en ONU DI

### Bettina Schreck

Gerente de Proyecto

### Ester Monroy González

Coordinador de proyecto

### Ailsa Eidet

Asistente de proyecto

## GIZ

### Miriam Frisch

Asesora GIZ Proklima, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

### Yuriana González Ulloa

Asesora técnica, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

### Rolf Hühren

Experto técnico senior, HEAT GmbH

## SSSIRSA®

### Miguel Ángel González Chacón

CEO de SSSIRSA. Especialista en Refrigeración y Consultor en el Buen Manejo de Hidrocarburos.

### Gildardo Yáñez Angli

Especialista en Refrigeración y Consultor en el Buen Manejo de Hidrocarburos

## GRUPO EDITORIAL PUNTUAL MEDIA®

### Antonio Nieto

Editor

### Israel Olvera

Director de Arte

# Contenido

## Capítulo 1

<b>Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali</b>	<b>13</b>
1.1 Uso de hidrocarburos como refrigerantes naturales: una visión general	15
1.2 Propiedades de los refrigerantes hidrocarburos	16
1.3 Refrigerantes propano, isobutano y propileno	17
1.4 Refrigerante propano R-290	19
1.5 Refrigerante isobutano R-600a	19
1.6 Refrigerante propileno R-1270	21
1.7 Normativa mexicana	21

## Capítulo 2

<b>Seguridad y precauciones en el manejo de refrigerantes HC</b>	<b>23</b>
2.1 Seguridad para el manejo de refrigerantes hidrocarburos	24
2.2 Equipo de protección personal	26
2.3 Estándar 34 de ASHRAE: "Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes"	27
2.4 Identificación y etiquetas de comunicación de peligro	28

## Capítulo 3

<b>Cilindros para HC</b>	<b>29</b>
3.1 Manejo de cilindros de refrigerantes HC y códigos de color	30

## Capítulo 4

<b>Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC</b>	<b>36</b>
---	-----------

## Capítulo 5

<b>Sistema y ciclo de refrigeración</b>	<b>53</b>
---	-----------

## Capítulo 6

<b>Opciones de unión de tuberías de transferencia de refrigerantes HC: soldadura fuerte y blanda</b>	<b>58</b>
6.1 Procedimientos y pasos por seguir en el proceso de soldadura fuerte	61

## Capítulo 7

### Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base

<b>refrigerantes HC</b>	<b>67</b>
<b>7.1</b> Inspección	<b>68</b>
<b>7.2</b> Mantenimiento a sistemas de refrigeración base refrigerantes HC	<b>72</b>
<b>7.3</b> Procedimiento para llevar a cabo la reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico de refrigerante HC aplicando soldadura fuerte	<b>73</b>
<b>7.3.1</b> Inspección y diagnóstico del sistema de refrigeración	<b>73</b>
<b>7.3.2</b> Recuperación de refrigerante HC	<b>79</b>
<b>7.4</b> Tipos de mantenimiento que se requieren para llevar a cabo la inspección, diagnóstico y reparación de un equipo de refrigeración comercial con refrigerante HC	<b>84</b>
<b>7.5</b> Reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico con refrigerante HC	<b>86</b>
<b>7.5.1</b> Limpieza del sistema de refrigeración	<b>86</b>
<b>7.5.2</b> Metodología de soldadura fuerte	<b>86</b>
<b>7.5.3</b> Metodología del sistema lock	<b>87</b>
<b>7.5.4</b> Introducción del agente de limpieza	<b>89</b>
<b>7.5.5</b> Armado del sistema de refrigeración	<b>91</b>
<b>7.5.6</b> Metodología de soldadura fuerte	<b>93</b>
<b>7.5.7</b> Metodología de sistema lock	<b>97</b>
<b>7.5.8</b> Revisión y prueba de fugas en la unión de tuberías	<b>101</b>
<b>7.5.9</b> Vacío al sistema de refrigeración	<b>103</b>
<b>7.5.10</b> Carga de refrigerante HC en equipos de refrigeración comercial o doméstico	<b>107</b>
<b>7.5.11</b> Verificación de fugas de refrigerante HC	<b>113</b>
<b>7.6</b> Puesta en marcha de un equipo de refrigeración comercial o doméstico con refrigerante HC	<b>114</b>
<b>7.6.1</b> Medición y verificación de parámetros de trabajo	<b>114</b>
<b>7.6.2</b> Medición del tiempo de abatimiento de temperatura	<b>114</b>
<b>7.6.3</b> Sobrecalentamiento	<b>117</b>
<b>7.6.4</b> Subenfriamiento	<b>117</b>

## **Capítulo 8**

### **Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo 118**

<b>8.1</b>	Verificación de las condiciones físicas del equipo	<b>122</b>
<b>8.2</b>	Verificación de las condiciones físicas de la instalación	<b>123</b>
<b>8.2.1</b>	Conexión de la tubería para el evaporador	<b>125</b>
<b>8.2.2</b>	Conexión eléctrica de la unidad evaporadora	<b>126</b>
<b>8.3</b>	Instalación de unidad condensadora	<b>128</b>
<b>8.3.1</b>	Conexión eléctrica de la unidad condensadora	<b>128</b>
<b>8.3.2</b>	Conexión de tubería de la unidad condensadora	<b>130</b>
<b>8.4</b>	Presurización del sistema	<b>132</b>
<b>8.5</b>	Vacío del sistema y liberación de refrigerante HC	<b>133</b>
<b>8.6</b>	Arranque del sistema	<b>138</b>
<b>8.7</b>	Retiro de elementos	<b>139</b>
<b>8.8</b>	Bitácora de revisión	<b>140</b>

## **Capítulo 9**

### **Seguridad eléctrica 145**

<b>9.1</b>	Clases de protección eléctrica	<b>146</b>
------------	--------------------------------	------------

	Acrónimos	<b>149</b>
--	-----------	------------

	Reportes de Servicios	<b>150</b>
--	-----------------------	------------

	Anexo	<b>151</b>
--	-------	------------

	Referencias Bibliográficas	<b>152</b>
--	----------------------------	------------

## **PRESENTACIÓN**

El presente manual contiene los conocimientos básicos que deben aplicar los técnicos en refrigeración y aire acondicionado para el manejo seguro y aplicación de los refrigerantes hidrocarburos. Es una guía de consulta para técnicos y personal a cargo de la instalación, reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y de aire acondicionado.

## **INTRODUCCIÓN**

---

El Manual se compone de una base de conocimientos específicos destinada a técnicos en refrigeración y de aire acondicionado. En el desarrollo de los diferentes capítulos se exponen las características de los refrigerantes hidrocarburos y el ámbito de aplicación de cada uno de ellos en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Todo esto, teniendo en cuenta las medidas de seguridad obligatorias que se deben seguir al manipular estos refrigerantes.

Incluye los métodos aprobados para la recuperación de refrigerantes hidrocarburos, cambio de compresores y el proceso de carga en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

El Manual se complementa con gráficos, diagramas y tablas que son de utilidad para los técnicos que trabajan con los refrigerantes hidrocarburos.

# 1

CAPÍTULO



---

**PROTOCOLO  
DE MONTREAL Y  
ENMIENDA DE KIGALI**

#### **1. PROTOCOLO DE MONTREAL Y ENMIENDA DE KIGALI**

Se formaliza con la firma del Convenio de Viena para la Protección a la Capa de Ozono, que fue adoptado y firmado el 22 de marzo de 1985 en Viena, Austria y adoptado por 197 países. Esto conlleva a que en septiembre de 1987 se redactara el Protocolo de Montreal referente a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). El Protocolo fue firmado en esa ocasión por 24 países y la Comunidad Europea, entrando en vigor el 1 de enero de 1989.

El Protocolo de Montreal es considerado el acuerdo ambiental multilateral más exitoso de la historia debido al doble impacto positivo que ha tenido sobre la capa de ozono. Ha sido enmendado con el paso del tiempo para acelerar los calendarios de eliminación y reducción gradual de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO), entre ellas los refrigerantes clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), agregando medidas de control y actualización en la lista de las sustancias que agotan la capa de ozono. La Enmienda de Kigali (EK) es la quinta enmienda que tiene el Protocolo, aprobada para disminuir el consumo de los hidrofluorocarbonos (HFC). Si bien los HFC no son sustancias que agotan el ozono, sí son poderosos gases de efecto invernadero que tienen un potencial de calentamiento global (PCG) importante.

La EK señala que los países que la ratifiquen se comprometen a lograr objetivos jurídicamente vinculantes que exigen reducciones graduales del consumo y la producción de sustancias HFC. Para países en desarrollo, como México, el acuerdo especifica que los sistemas de concesión de licencias para la importación y exportación de HFC entraron en vigor el 1 de enero de 2021.

Debido a que los HFC tienen impacto sobre el clima global, las reducciones de consumo se medirán en términos de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), con base en los PCG de cada sustancia controlada. El calendario de reducción de HFC para

México establece que debe congelar su consumo en 2024, tomando como línea base el promedio de consumo de HFC en el periodo de 2020 a 2022 más un 65% de la línea base de hidroclorofluorocarbonos (HCFC).

Tabla 1. Calendario de la Enmienda de Kigali para México.

Calendario de la Enmienda de Kigali para México		
Línea base de consumo		
Componente HFC	Promedio de consumo de los años 2020-2022	
Componente HCFC	Más 65% de la línea base de HCFC	
Metas de reducción		
	Año	Porcentaje de reducción
Congelamiento de consumo	2024	-
Etapa 1	2029	10%
Etapa 2	2035	30%
Etapa 3	2040	50%
Estabilización	2045	80%

Para cumplir los compromisos adquiridos en la Enmienda de Kigali y reducir el consumo de refrigerantes hidrofluorocarbonos, el uso de refrigerantes naturales como los hidrocarburos son una opción viable, ya que poseen un bajo PCG<sup>1</sup> y no son sustancias agotadoras de la capa de ozono.

### 1.1. Uso de los hidrocarburos como refrigerantes naturales: una visión general

Un hidrocarburo es un compuesto orgánico que consta sólo de átomos de carbono e hidrógeno. Los refrigerantes naturales, como son sustancias que se presentan de manera natural en la biósfera, tienen un bajo o nulo valor de PCG<sup>1</sup>. Dentro de los refrigerantes naturales se encuentran los hidrocarburos (HC) están clasificados como grupo de seguridad A3 de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE, por sus siglas en inglés), lo que significa que no son tóxicos y son inflamables.

<sup>1</sup> El potencial de calentamiento global depende de los siguientes factores:

- La absorción de la radiación infrarroja por una determinada especie.
- La ubicación del espectro de absorción de las longitudes de onda.
- La vida en la atmósfera, de las especies

Tabla 2. Refrigerantes naturales.

Refrigerante	Número ASHRAE	PCG (100 años)	PAO	Temperatura de ebullición (°C)	Temperatura crítica (°C)	Presión crítica kpa
Amoniaco	R-717	0	0	-33.327	132.255	11300
Dióxido de carbono	R-744	1	0	-78.4	30.978	7377.3
Propano	R-290	3.3	0	-42.11	96.74	4251.2
Isobutano	R-600a	4	0	-11.75	134.6	3629.0
Propileno	R-1270	1.8	0	-47.62	91.061	22064.0
Agua	R-718	0	0	99.974	373.95	217.7
Aire	R-729	0	0	-194.5	-140.59	3789.6

Referencia: *ASHRAE Handbook 2017 Fundamentals* Tabla 5 "Propiedades físicas de refrigerantes específicos", con datos del NIST (2010) REFPROP V.9.0.

### 1.2 Propiedades de los refrigerantes hidrocarburos

Los refrigerantes HC son componentes de petróleo y gas natural que se encuentran en la naturaleza. Aunque los refrigerantes de hidrocarburos tienen excelentes propiedades ambientales, termodinámicas y termofísicas, estos refrigerantes son inflamables. Cabe destacar que el uso de los refrigerantes inflamables siempre estará limitado y condicionado por las regulaciones correspondientes.

Los hidrocarburos se utilizan en el sector de la refrigeración moderna debido a sus propiedades termodinámicas, son inodoros, incoloros, tienen un potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) = 0 y un potencial de calentamiento global (PCG)  $\leq 5$ .

Se emplean principalmente en sistemas de refrigeración autocontenidos, circuitos secundarios y sistemas en cascada. Por ejemplo:

- Refrigeración en supermercados
- Enfriadores de líquido (chillers) aprobados
- Aparatos de refrigeración (refrigeradores domésticos y refrigeradores comerciales)
- Máquinas para hacer helado
- Máquinas para hacer hielo

Es importante resaltar que los equipos que utilizan refrigerantes hidrocarburos deben de cumplir con las Normas Mexicanas NMX:

**NMX-J-521/2-24-ANCE-2014<sup>2</sup>**

Aparatos electrodomésticos y similares – Seguridad – Parte 2-24:  
Requisitos particulares para aparatos de refrigeración, máquinas para hacer helado y máquinas para hacer hielo.

**NMX-J-521/2-40-ANCE-2014<sup>3</sup>**

Seguridad en aparatos electrodomésticos y similares – Parte 2-40:  
Requisitos particulares para bombas de calor, acondicionadores de aire y deshumidificadores.

### **1.3. Refrigerantes propano, isobutano y propileno**

El impacto medioambiental de refrigerantes sintéticos HFC utilizados en la actualidad, junto con los cambios regulatorios y la reducción mundial en su uso, se ha traducido en el resurgimiento del interés por el uso en los refrigerantes hidrocarburos. El propano y el isobutano son gases que se obtienen de las refinerías después de su fraccionamiento, y destilación. Los hidrocarburos para aplicarse como refrigerante debe tener una pureza mínima del 99.5%. Los procesos de servicio en sistemas de refrigeración para estos refrigerantes son muy similares a aquellos que se usan con los refrigerantes sintéticos no inflamables. En los procesos de servicio para refrigerantes HC se deben tener en cuenta consideraciones de seguridad adicionales. Los técnicos de servicio deben estar capacitados para manejarlos de manera segura.

---

<sup>2</sup> NMX vigente a la fecha de redacción del presente manual

<sup>3</sup> NMX vigente a la fecha de redacción del presente manual

## Capítulo 1

Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali

Los HC de compuesto puro que tienen aplicación como refrigerante son:

1. Propano R-290
2. Isobutano R-600a
3. Propileno R-1270

Los HC antes listados se componen principalmente de hidrógeno y carbono.

Tabla 3. Propiedades físicas de los refrigerantes hidrocarburos R-600a y R-290.

Propiedades físicas	Isobutano (R-600a)	Propano (R-290)
Temperatura de evaporación en °C	-11.75	-42.11
Calor específico del líquido a 30° C (Kj/Kg · K)	1.150	2.777
Calor específico del vapor a 30° C (Kj/Kg · K)	1.835	2.088
Densidad del líquido a 30° C (Kg/m <sup>3</sup> )	544.3	484.4
Densidad del vapor a 30° C (Kg/m <sup>3</sup> )	0.09542	0.04264
Conductividad térmica del líquido a 30° C (mW / (m · K)	87.5	91.4
Conductividad térmica del vapor a 30° C (mW / (m · K)	17.37	19.72
Viscosidad del líquido a 30° μPa · s	87.5	92.2
Viscosidad del vapor a 30° μPa · s	7.63	8.46
Pureza mínima	99.5%	99.5%
<b>Propiedades medioambientales</b>	<b>Isobutano (R-600a)</b>	<b>Propano (R-290)</b>
PAO (R11=1)	0	0
PCG (CO <sub>2</sub> =1)	3	3
<b>Compatibilidad con lubricantes</b>	<b>Isobutano (R-600a)</b>	<b>Propano (R-290)</b>
Lubricante mineral	Compatible	Compatible
Lubricante alquilbenceno	Compatible	Compatible
Lubricante polioléster (POE)	Compatible	Compatible

Referencia: *ASHRAE Handbook 2017 Fundamentals* Tabla 5 "Propiedades físicas de refrigerantes específicos", con datos del NIST (2010) REFPROP V.9.0.

El uso de HC es una opción que presenta beneficios para los consumidores y el medioambiente. Comparados con los refrigerantes sintéticos equivalentes, los HC operan de manera más eficiente en los sistemas de refrigeración.

#### 1.4. Refrigerante propano R-290

El propano tiene tres átomos de carbono; su fórmula química es  $C_3H_8$ . El número de registro del Chemical Abstracts Service (CAS) para el Propano es CAS 74-98-6. Como refrigerante, el propano tiene la designación R-290 en el Estándar 34 de ASHRAE "Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes". Al propano también se le conoce como HC- 290 o  $CH_3CH_2CH_3$ .

Una gran diferencia entre el R-290 y el R-134a es el nivel de presiones. El R-290 está más cerca al R-22 y al R-404A. Por ejemplo, una presión de evaporación de  $-25^\circ C$  corresponde aproximadamente a un 190% de R-134a, el 81% del R-404A, 350% del R-600a o casi igual para R-22. El diseño del evaporador debe ser similar a los diseñados para R-22 y R-404A. El nivel de presión y la temperatura crítica son casi como las del R-22. Sin embargo, la temperatura de descarga es mucho más baja. Trabaja con relaciones de presión más altas, lo cual significa temperaturas de evaporación más bajas o temperatura de gas de aspiración (succión) más altas. La carga máxima, de acuerdo con las Normas Mexicanas, es de 150 g para muebles refrigerados y aplicaciones similares, las cuales corresponden aproximadamente a 360 g de R-22 o R-404A.

Comparándolo con el refrigerante R-134a, tiene las siguientes diferencias:

- Ahorro de energía, con un aumento de eficiencia del 10%.
- Menor costo de refrigerante, ya que el volumen de carga requerida disminuye significativamente.
- Reducción de más del 25% en el costo de intercambiadores de calor, ya que su tamaño disminuye significativamente.

#### 1.5. Refrigerante isobutano R-600a

El isobutano, también llamado metilpropano, tiene cuatro átomos de carbono; su fórmula química es  $C_4H_{10}$ . El isobutano se escribe a menudo

## Capítulo 1

Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali

como  $\text{H}_3\text{C}-\text{CHCH}_3-\text{CH}_3$  para distinguirlo del butano, que es un hidrocarburo de cadena lineal con la misma química.

El número de registro del CAS para el isobutano es 75-28-5. Como refrigerante, el isobutano está designado como R-600a por el Estándar 34 de ASHRAE. El isobutano también se conoce como HC-600a o ISO-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

El refrigerante R-600a se utilizó en refrigeradores residenciales hasta la década de 1940, y ha vuelto a encontrar aceptación de uso en refrigeradores y congeladores domésticos en Europa, donde se fabrican la mayoría de los refrigeradores actuales que utilizan refrigerante R-600a. El isobutano R-600a es un refrigerante adecuado para aplicaciones domésticas con buena eficiencia energética, pero este refrigerante tiene características muy diferentes en comparación con el R-134a, lo que significa que no es un reemplazo directo del R-134a, especialmente porque R-600a es inflamable.

Las características que tiene el R-600a son diferentes a las del R-134a cuando se utiliza en los refrigeradores domésticos; algunas de ellas son:

- 1 Tiene una buena capacidad de enfriamiento aun trabajando con elevadas temperaturas de condensación.
- 2 Sólo se requiere de un 45% de carga de gas para igualar la potencia completa de una carga de R-134a.

Sin embargo, la gran diferencia entre el R-600a, R-134a y R-12<sup>4</sup> se encuentra en el nivel de presión, el cual es más bajo. El R-600a tiene aproximadamente el 55% de la capacidad volumétrica del R-134a a una temperatura de condensación de 55 °C. Debido a esto, el volumen de desplazamiento del compresor necesario será mayor, hasta 2 veces el volumen de desplazamiento del compresor usado para el R-134a. En general, los compresores están especialmente diseñados para ser usados con el R-600a. La capacidad volumétrica de refrigeración es un valor calculado a partir de la densidad del gas de succión y la diferencia de entalpía de la evaporación. Por ejemplo, a -25°C de temperatura de evaporación equivale a un 55% del de R-134a y un 45% del de R-12. Esto lleva a tener presiones de trabajo mucho más bajas que las de los refrigerantes sintéticos anteriores. Los evaporadores en los refrigeradores domésticos por lo tanto trabajarán por debajo de la presión atmosférica. Esta característica da una buena capacidad de enfriamiento incluso con altas temperaturas de condensación.

---

<sup>4</sup> El Refrigerante R-12 fue eliminado de México en 2005.

A medida que pasa el tiempo, más países adoptan el uso de los refrigerantes hidrocarburos. La eficiencia de las unidades de refrigeración continuará subiendo mientras que el impacto ambiental seguirá disminuyendo. Es decir, la nueva generación de equipos diseñados para el uso de los refrigerantes R-290 y R-600a consumirá menor energía eléctrica por las características antes citadas.

### 1.6. Refrigerante propileno R-1270

El R-1270 también se conoce como propileno o propeno de grado refrigerante y se está utilizando como reemplazo del R-22 y R-502 en sistemas nuevos. El R-1270, al igual que el R-290 y el R-600a, no debe usarse para actualizar ningún sistema de refrigeración que no esté aprobado. La capacidad del R-1270 es similar a la del R-22 en todas las temperaturas.

### 1.7. Normativa Mexicana

La EK establece el compromiso de reducir la producción, el consumo de HFC en más de 80% durante los próximos 30 años. Para lograr tales reducciones, los usuarios de HFC deberán comenzar a utilizar fluidos alternativos con potenciales de calentamiento global mucho más bajos que los HFC actuales. Algunas de las alternativas actuales de bajo PCG a los HFC son inflamables. Sin embargo, se puede lograr la aplicación segura y exitosa de refrigerantes inflamables empleando adecuadamente las medidas de seguridad.

Para ello, los países alrededor del mundo están implementando normativas para la fabricación de equipos y normativas para dar el servicio técnico de mantenimiento y reparación.

México tiene dos normas para fabricación de equipos que usen refrigerantes inflamables:

- **NMX-J-521/2-24-ANCE**

Aparatos Electrodomésticos y Similares – Seguridad – Parte 2-24: Requisitos Particulares para Aparatos de Refrigeración, Máquinas para hacer Helado y Máquinas para hacer Hielo.

- **NMX-J-521/2-40-ANCE**

Seguridad en Aparatos Electrodomésticos y Similares – Parte 2-40: Requisitos Particulares para Bombas de Calor, Acondicionadores de Aire y Deshumidificadores.

## Capítulo 1

Protocolo de Montreal y Enmienda de Kigali

De la **NMX-J-521/2-24-ANCE**, podemos destacar el Capítulo 22 “Construcción de los Equipos”:

- 22.106 La masa del refrigerante en aparatos de tipo compresión que utilizan refrigerante inflamable en su sistema de enfriamiento no debe exceder de 150 g en cada circuito de refrigeración separado.
- 22.107 Los aparatos de tipo compresión con un sistema de enfriamiento protegido y que utilizan refrigerantes inflamables deben de construirse para evitar cualquier riesgo de incendio y explosión, en caso de fugas del refrigerante del sistema de enfriamiento.

Y de la **NMX-J-521/2-40-ANCE**, podemos destacar el Apéndice DD “Operaciones de Servicio”:

### DD.4 Información sobre el servicio

El manual del equipo debe contener información específica para el personal de servicio que debe capacitarse para realizar lo siguiente cuando se ponga en servicio un aparato que utiliza un refrigerante inflamable:

- DD.4.1 Comprobación a la zona
- DD.4.2 Procedimiento de trabajo
- DD.4.3 Área de trabajo en general
- DD.4.4 Comprobación de la presencia de refrigerante
- DD.4.5 Presencia de extintores
- DD.4.6 No hay fuentes de ignición
- DD.4.7 Área ventilada
- DD.4.8 Comprobación de los equipos de refrigeración
- DD.4.9 Comprobación de los dispositivos eléctricos
- DD.5 Reparaciones de componentes sellados
- DD.6 Reparación de los componentes de seguridad intrínseca
- DD.7 Cableado
- DD.8 Detección de los refrigerantes inflamables
- DD.9 Métodos de detección de fugas
- DD.10 Eliminación y evacuación
- DD.11 Procedimientos de carga

# 2

CAPÍTULO



---

## **SEGURIDAD Y PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE REFRIGERANTES HC**

### 2. SEGURIDAD Y PRECAUCIONES EN EL MANEJO DE REFRIGERANTES HC

El uso de refrigerantes hidrocarburos en el sector refrigeración y aire acondicionado es un tema en el cual se debe poner especial atención, pues su manejo adecuado garantizará un trabajo eficiente y protegerá al técnico de cualquier riesgo relacionado con su uso. Los refrigerantes HC R290, R600a, y R1270 son Clase A, representan refrigerantes para los cuales no se ha identificado toxicidad en concentraciones menores o iguales a 400 ppm.

#### 2.1. Seguridad para el manejo de refrigerantes hidrocarburos

Es importante recalcar la necesidad de aplicar las medidas de seguridad y normativa para el buen manejo de hidrocarburos en el sector refrigeración y aire acondicionado en todas las etapas de operación; es decir, instalación, puesta en servicio, operación y mantenimiento, y debe ponerse énfasis en el uso de herramientas antiestáticas por parte de los técnicos.

Se debe comprender el “triángulo del fuego” o “triángulo de combustión”. Este es un modelo que describe los tres elementos necesarios para generar la mayor parte de los fuegos:

1. Un combustible
2. Un comburente (un agente oxidante como el oxígeno)
- 3 Una energía de activación que genere una alta temperatura (calor)



Ilustración 1. Triángulo del fuego.

Como medida de seguridad, es necesario conocer los límites de inflamabilidad y los límites de explosividad de los refrigerantes HC. El Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) es la concentración mínima de gas en el aire por debajo de la cual el fuego no es posible.

El Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) es la máxima concentración de gas en el aire por encima de la cual el fuego no es posible. Tener una mezcla de vapor combustible y aire por debajo del LII, se considera que la mezcla es “demasiado pobre” para arder; por encima del LSI, es “demasiado rica” para arder.

El Límite Inferior de Explosividad (LIE) es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en el aire por debajo de la cual la mezcla no es explosiva. El Límite Superior de Explosividad (LSE) es la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en el aire por encima de la cual la mezcla no es explosiva.

Si se pretende que una determinada mezcla de gases o vapores inflamables en aire no produzca una atmósfera explosiva, será necesario mantener una concentración que se mantenga por debajo del LIE o por encima del LSE.

Los términos límite inferior inflamable y superior inflamable (LII y LSI) con frecuencia se usan indistintamente con LIE y LSE. En cualquier caso, se refieren a los límites entre los que se puede encender una mezcla. Fuera de estos parámetros, es decir, si tiene muy poco o mucho R-290 o R-600a, mezclados con aire, hay menos posibilidades de ignición. Las fuentes de ignición deben evitarse en todo momento, trabajar en áreas abiertas o en áreas que tienen constantes cambios de aire.

El LII del propano (R-290) es de 2.1%; para el isobutano (R-600a) es de 1.8%. El LSE del R290 tiene una concentración del 9.5% en el aire; para el R-600a la concentración es del 8.5% en el aire.

La temperatura de autoignición es la temperatura a la que una sustancia comienza a arder espontáneamente. La temperatura de autoignición tanto para el propano como para el isobutano es superior a 800 °F. Al alcanzar esta temperatura, la sustancia se quema sin fuente de ignición. El punto de inflamación es la temperatura mínima de una sustancia líquida que se necesita para generar suficiente vapor para que pueda encenderse. Así, por debajo de la temperatura del punto de inflamación, no hay suficiente vapor para que se produzca una llama. El punto de inflamación del propano es -155 °F; el punto de inflamación del isobutano es -117 °F.

### 2.2. Equipo de protección personal

Los ojos y la piel de las manos son las partes del cuerpo más fáciles de dañar cuando se trabaja con refrigerantes. Protegerlas de manera adecuada es básico para evitar lesiones. Al igual que en la construcción de instalaciones eléctricas, la instalación de un sistema de refrigeración o de aire acondicionado requiere práctica y preparación.

Los riesgos van desde lesiones por quemaduras durante el proceso de soldado, al tocar la línea de la descarga de los compresores cuando se encuentran trabajando, descargas eléctricas; lesiones en la cintura al cargar (lumbalgia), hasta la posibilidad de que el minisplit o el equipo que se esté instalando resbale y caiga sobre la cabeza o en uno de los pies. Para disminuir la posibilidad de una lesión grave en caso de sufrir alguno de los incidentes mencionados, debemos utilizar equipo de seguridad personal en todo momento.

**Zapatos de seguridad**<sup>5</sup>. Calzado de uso profesional que brinda protección en los pies y dedos mediante la incorporación de elementos de resguardo que protegen al usuario de las posibles lesiones causadas por accidentes en los sectores de trabajo. Están equipados con topes que ofrecen protección contra impactos con un nivel de energía de 200 J en el momento del choque y frente a la compresión estática bajo una carga de 15 KN.

**Casco de protección, Clase “E”**. La función del casco de seguridad es proteger la cabeza de posibles golpes. Lo hace distribuyendo el impacto del golpe en una superficie mayor. Su uso da protección a objetos que pueden caer sobre la cabeza, golpes contra un objeto punzocortante y una descarga eléctrica que puede causar una conmoción cerebral.

**Tapones para los oídos**. Al trabajar con equipos de refrigeración y de aire acondicionado se está expuesto continuamente a ruidos elevados que pueden dañar el oído de forma permanente. Dependiendo del nivel de ruido al que se esté expuesto, se deben utilizar tapones desechables auditivos u orejeras electrónicas. Los tapones auditivos reducen el nivel de ruido en 29 decibeles (dB); las orejeras reducen, 23 dB.

---

<sup>5</sup> NOM-113-STPS.

**Lentes de seguridad.** Tienen como función proteger los ojos de cualquier impacto o de la salpicadura de algún producto irritante (gas refrigerante o refrigerante líquido, lubricante, limpiador de condensadores, etc.). Generalmente, están fabricados en policarbonato.

**Guantes.** Los guantes de mecánico, que son resistentes al aceite y al agua, son muy útiles para la protección de las manos durante el trabajo de un técnico en refrigeración.

**Faja de seguridad lumbar.** En el trabajo de la refrigeración y del aire acondicionado, es común sufrir alguna lesión en la cintura durante el trabajo, lo que puede incapacitar al técnico por varios días. Es indispensable el uso de este elemento de seguridad para evitar este tipo de lesiones.

**Ropa de algodón.** La vestimenta debe ser de algodón. La camisa debe ser de manga larga debido a que el trabajo se realiza en equipos cuyo voltaje de operación rebasa los 100 volts. Esta especificación proviene del Standard NFPA 70E, que trata de la seguridad eléctrica en lugares de trabajo.

**Detector electrónico de gas HC.** Detecta la presencia de refrigerante hidrocarburo gaseoso (posible fuga de gas) durante la manipulación de estos (recuperación, carga u operación del equipo). Se debe tener funcionando sobre el piso dentro de la zona de trabajo, a una distancia no mayor de dos metros del compresor o de la unidad condensadora.

**Ventilador portátil “ATEX<sup>6</sup>” para control de áreas explosivas.** Se acciona al rebasar 2.5 del LFL Salida de (~1400m<sup>3</sup>/h); diseñado para operar en ambientes inflamables.

### 2.3. Estándar 34 de ASHRAE: “Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes”

Trabajar con todos los refrigerantes implica una gran responsabilidad. Se recomienda que los técnicos y el contratista discutan y analicen cada situación antes de comenzar a trabajar con sistemas que contienen refrigerantes inflamables.

Número ASHRAE <https://www.ashrae.org/>

Define ocho grupos de seguridad. Dependiendo de la inflamabilidad y toxicidad de un refrigerante:

---

<sup>6</sup> Recibe el nombre de ATEX por la directiva 94/9/EC Francesa: Appareils destinés à être utilisés en ATMosphères EXplosives.

## Capítulo 2

Seguridad y precauciones en el manejo de refrigerantes HC

La matriz de seguridad que se muestra a continuación fue desarrollada por ASHRAE para clasificar los refrigerantes en función de la toxicidad y la inflamabilidad. La intención del estándar es la de referirse, por un método simple, a los refrigerantes con números y letras, en lugar de utilizar el nombre químico del gas, fórmula o marca.

<b>A</b>	Denota una toxicidad más baja
<b>B</b>	Denota una toxicidad más alta
<b>1</b>	Significa que no habrá propagación de fuego
<b>2</b>	Indica una inflamabilidad más baja
<b>3</b>	Indica una inflamabilidad más alta
<b>L</b>	Indica ligeramente inflamable o ligeramente tóxico

Ejemplo: B3 indica un refrigerante con una toxicidad alta y con una inflamabilidad alta

Estándar 34  
ASHRAE Define 8  
grupos de seguridad  
inflamabilidad  
y toxicidad.

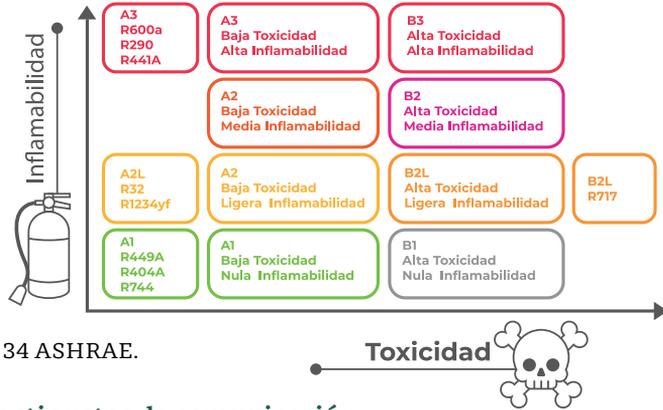


Ilustración 2. Estándar 34 ASHRAE.

### 2.4. Identificación y etiquetas de comunicación de peligro

Antes de intervenir cualquier sistema que use refrigerantes hidrocarburos, verifique el compresor y la etiqueta del sistema para determinar si el sistema que se reparará contiene refrigerantes inflamables. Un compresor diseñado para uso de refrigerante inflamable debe tener la designación de refrigerante impresa en la etiqueta de serie del compresor, así como también puede mostrar una etiqueta de refrigerante inflamable por separado<sup>7</sup>.



Ilustración 3. Etiqueta de identificación.

<sup>7</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015. Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

# 3

CAPÍTULO

# 3

---

## CILINDROS PARA HC

### 3. CILINDROS PARA HC

#### 3.1. Manejo de cilindros de refrigerantes HC y códigos de color

Las dos características que pueden indicar el tipo de refrigerante que se encuentra al interior de un cilindro son el color del cilindro y la marcación o etiqueta de éste. La manera más sencilla y segura de determinar el tipo de refrigerante contenido en un cilindro es viendo la etiqueta con la cual el fabricante marca su producto.

En la etiqueta de un cilindro que contiene un refrigerante se podrán encontrar diferentes nombres o designaciones para la misma sustancia. Para el caso de los refrigerantes hidrocarburos, deben estar claramente etiquetados para identificar el tipo de refrigerante e indicar que el contenido del cilindro es inflamable.

Los refrigerantes son uno de los muchos productos que ofrece la industria química y, por tanto, están sujetos a ciertos controles por parte de la autoridad. Las regulaciones aplicables al sector de la refrigeración son numerosas y su campo de aplicación es bastante amplio. Por esto mismo, es muy importante estar familiarizados con ellas y sus requisitos. La información mínima que debe verificarse y estar plasmada en los etiquetados son:

- Información relativa al transporte
- Recomendaciones de uso
- Especificaciones del envase
- Información sobre del producto (origen, contenido, etcétera)
- Información del grado de riesgo

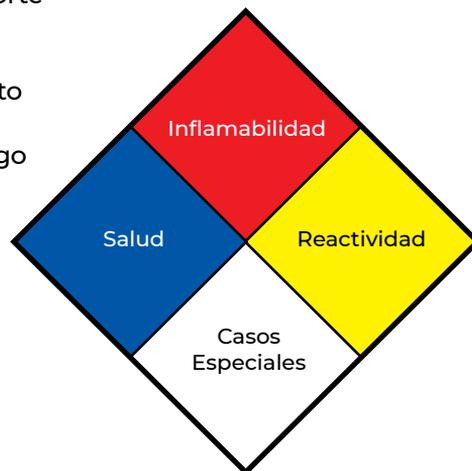


Ilustración 4. Rombo NFPA.

### Objetivos del rotulado:

- Hacer que los productos peligrosos puedan ser fácilmente reconocidos, a distancia, por las características del rótulo.
- Proporcionar una fácil identificación de la naturaleza del riesgo que se puede presentar durante la manipulación y almacenamiento de las mercancías.
- El Código NFPA 740<sup>8</sup> establece un sistema de identificación de riesgos para que, en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque éstos no resulten evidentes.
- Este código ha sido creado para la utilización específica de los cuerpos de bomberos.

Los refrigerantes HC están disponibles en una variedad de tamaños de cilindros, tanto recargables como no recargables. Los cilindros recargables están equipados con válvulas de alivio de presión, y algunos cilindros emplean conexiones especiales (cuerda izquierda) para diferenciarlos de otros cilindros de refrigerante. Algunos cilindros también emplean una válvula automática de exceso de flujo dentro de la válvula de líquido, que cerrará la válvula si el flujo de refrigerante fuera del cilindro es demasiado rápido (por ejemplo, si la manguera de refrigerante se desconecta). El manejo de cilindros, su almacenamiento y su transporte están regulados por normas oficiales mexicanas<sup>9</sup>.

---

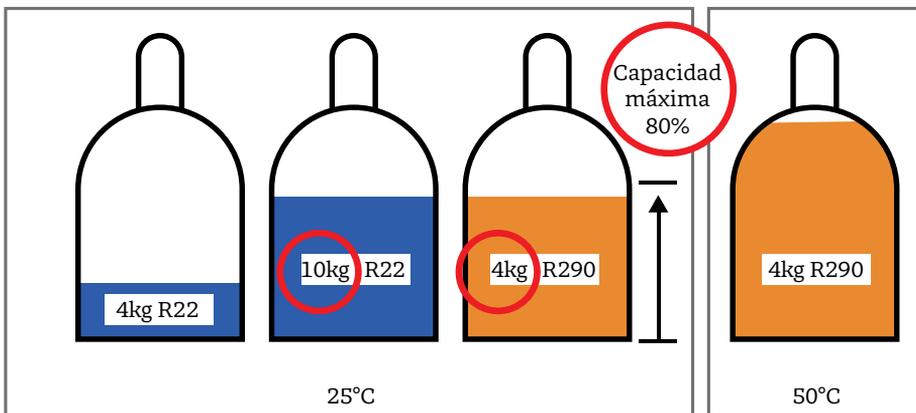
8 NFPA 704 es la norma estadounidense que explica el "rombo de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, por sus siglas en inglés), utilizada para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos. Es importante para ayudar a los cuerpos de bomberos y emergencias a identificar los peligros a los que se enfrentan a la hora de atender una emergencia con la sustancia en combustión. No se emplea para el transporte de productos envasados y a granel, y sí para el almacenamiento estacionario, como tanque de crudo, productos, etc. La edición actual es la del año 2018.

9 NOM-007-SESH-2010, Vehículos para el transporte y distribución de Gas L.P.- Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento; NOM-002-SCT/2003, Listado de las substancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de diciembre de 2003. NOM-004-SCT/2008, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de agosto de 2008. NOM-008-SESH/SCFI-2010, Recipientes transportables para contener Gas L.P. Especificaciones de fabricación, materiales y métodos de prueba.

### Manejo de cilindros para refrigerantes HC:

- Para la recuperación de los refrigerantes inflamables, es de fundamental importancia evitar la transferencia de gases no condensables (GNCs) al cilindro de recuperación.
- El GNC más común es el aire. El oxígeno del aire creará una mezcla combustible crítica a presiones más altas con refrigerantes que contienen hidrógeno (HC, HCFC, HFC). Esta condición puede provocar un accidente.
- No quite ni oculte el etiquetado oficial en un cilindro.
- Vuelva a colocar siempre la tapa de la válvula cuando el cilindro no esté en uso.
- Compruebe el estado de la cuerda (hilos) y asegúrese de que esté limpia y no esté dañada.
- No exponga los cilindros a fuentes directas de calor como vapor o radiadores eléctricos.
- No repare ni modifique cilindros o válvulas de cilindro.
- Utilice siempre un dispositivo de transporte adecuado para mover los cilindros, incluso a corta distancia; nunca ruede los cilindros por mucho tiempo sobre el piso.
- Tome precauciones para evitar la entrada de aceite, agua y materias extrañas en el cilindro.
- Si es necesario calentar el cilindro, use solo agua tibia a una temperatura no mayor a los 40 °C.
- No usar una flama abierta para calentar el cilindro.
- Pese siempre el cilindro para verificar si está vacío: la presión no es una indicación precisa de la cantidad de refrigerante que queda en el cilindro.
- Use solo cilindros de recuperación exclusivos para la recuperación de refrigerante HC.
- Siempre verifique que el cilindro no esté más allá de la fecha de prueba hidrostática o prueba de presión obligatoria.
- No debe cargarse el cilindro más allá del 80% de su capacidad.
- El cilindro de recuperación debe tener el mismo potencial eléctrico que la unidad de recuperación (unión equipotencial) para evitar la ESD (descarga electrostática). Debe de estar conectado a tierra.

- La puesta a tierra debe de cumplir con lo establecido por la NOM-001-SEDE Utilización, y la NOM-022-STPS Electricidad Estática en los Centros de Trabajo - Condiciones de Seguridad.
- Para determinar la capacidad del cilindro, se debe multiplicar la capacidad de agua (WC) x la gravedad específica (SG) del refrigerante a una temperatura de 25 °C (77 °F)<sup>10</sup>.
- Si un cilindro recuperador se carga más allá de su capacidad con refrigerante líquido y se almacena en condiciones de alta temperatura, la presión hidrostática puede ocasionar que el cilindro se fracture. Debe de estar siempre seguro de que la válvula de alivio del tanque recuperador está instalada, que ésta sea probada periódicamente y que opere correctamente.



Tanque recuperador llenado máx. con un 80% de líquido de volumen a 50° C

Ilustración 5. Tanque recuperador llenado máx. con un 80% de líquido en volumen a 50°C.

Los HC líquidos tienen una densidad de menos de la mitad que la densidad de los refrigerantes fluorados. Por lo tanto, los HC ocupan más del doble del volumen dentro de un tanque. La capacidad de carga depende del volumen interno del recipiente y de la densidad del líquido del refrigerante a una temperatura de referencia.

<sup>10</sup> La guía K-2015 es para todos los refrigerantes fluorados recuperados no inflamables y el contexto de este procedimiento es para refrigerante hidrocarburo.

#### Almacenamiento de cilindros para refrigerante HC:

- Los cilindros deben almacenarse en áreas específicas o jaulas específicas, preferiblemente en exteriores, pero en un área seca y bien ventilada, lejos del riesgo de incendio.
- El ingreso a las áreas de almacenamiento está restringido; “personas autorizadas únicamente” podrán tener acceso, y dichos lugares deben estar marcados con avisos que prohíben fumar y el uso de flama abierta.
- Deben almacenarse a nivel del piso, nunca en bodegas o sótanos.
- La entrada a los cilindros debe ser de fácil acceso.
- Nunca almacene cilindros en locales residenciales.
- Use y almacene los cilindros en posición vertical.
- La cantidad total almacenada no debe superar los 70 kg.
- Debe evitarse la acumulación de electricidad estática.

Los requisitos para los cilindros de refrigerante HC no son los mismos para gas propano y gas butano, usados como combustible<sup>11</sup>:

- Lleve información escrita que proporcione los detalles de las sustancias transportadas (como las hojas de seguridad del refrigerante). Esta información debe estar disponible en caso de emergencia, por lo que debe ubicarse en una posición donde sea visible y accesible, y a menudo es aplicable a vehículos que transportan una cantidad de gas inflamable por encima de cierta cantidad.
- Conocer y comprender los peligros y los procedimientos de emergencia para manipular estas sustancias.
- Lleve un extintor de polvo seco de al menos 2 kg de capacidad. Se recomienda que el conductor del vehículo esté capacitado en el uso práctico de extintores de incendios.
- Los cilindros deben ubicarse en posición vertical con la válvula hacia arriba y estar debidamente asegurados.
- Asegurar una ventilación adecuada en el vehículo. Esto puede requerir modificaciones a una camioneta cerrada.

---

<sup>11</sup> Guía M de AHRI - 2020: Accesorios y puertos de servicio únicos para el uso de refrigerantes inflamables

- Tener señales de advertencia de gases inflamables en la parte trasera del vehículo.
- No se permite fumar dentro del vehículo.
- Nunca deje los cilindros en un vehículo cerrado sin supervisión por más tiempo del necesario.

Los cambios significativos en el protocolo de color del cilindro de refrigerante comenzaron en enero de 2020, como se describe en la Directriz N-2017 del Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (AHRI)<sup>12</sup>: Asignación de colores de contenedores de refrigerante. Las revisiones de las directrices especifican que todos los recipientes de refrigerante deben tener el mismo color de pintura RAL 7044 para reducir la confusión entre los recipientes de refrigerante de colores similares. Los que contienen refrigerantes inflamables tienen, además, una franja de color rojo.

---

<sup>12</sup> AHRI N-2017: Assignment of Refrigerant Container Colors (Asignación de colores de los contenedores de refrigerantes)

# 4

CAPÍTULO

---

## **HERRAMIENTAS PARA REALIZAR TRABAJOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO CON HC**

#### 4. HERRAMIENTAS PARA REALIZAR TRABAJOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO CON HC

**Alicate boca plana**



**Alicate boca redonda**

**Alicate telefonista**



## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

 A pair of wire cutters with orange and black handles and curved jaws.	<p>Alicate corta alambre</p>
<p>Alicate corte diagonal</p>	 A pair of diagonal cutters with orange and black handles and beveled jaws.
 A pair of universal pliers with orange and black handles and multiple jaw configurations.	<p>Alicate universal</p>

**Alicate tipo Ford**



**Alicate pelacables**

**Juego de dados de 21 piezas std ¼"**



**Llave ajustable de  
6", 8", 10" y 12"**

## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

Juego de 10 llaves Allen 1.5 - 10 mm



Martillo de bola cabeza

Cortador de tubo para cobre  
3/8 a 1 1/8 de abertura



**Cortador de tubo para cobre  
miniatura 3/8 a 3/4 de abertura**



**Cortador de tubo para cobre grande  
1/2 a 1 5/8 de abertura**

**Pinzas de corte para capilares  
de refrigeración**



## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

	<p><b>Juego de escariadores para tubería de cobre de mango</b></p>
<p><b>Escariador de tubería de cobre universal</b></p>	
	<p><b>Juego de expansores para tubería de cobre 1/4, 3/8, 5/16, 1/2 y 5/8</b></p>

**Juego de herramientas de  
abocardado de tubo de cobre**



**Pinzas selladoras para  
tubería de cobre**

**Pinza especial punzonadora para  
tubería de cobre, con aditamento para  
conexión de manguera de refrigeración**



## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

	<p>Juego de conectores rápidos para tuberías de cobre de refrigeración de 1/4", 5/16", 3/8" y 1/2" (dos piezas por medida)</p>
<p>Doblador de tubo 180° para medidas de 1/4", 5/16", 3/8"</p>	
	<p>Doblador de tubo 180° para medida de 1/2"</p>

**Doblador de tubo 180°  
para medida de 5/8"**



**Juego de dobladores de resorte  
de 210 mm para tuberías  
de 1/4" a 5/8"**

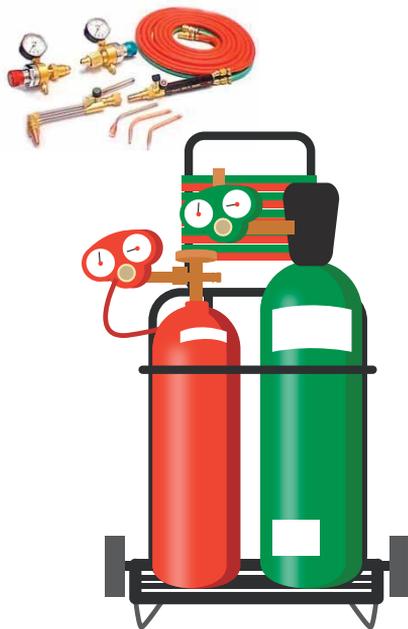
**Espejo de inspección telescópico**



## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

Válvula extractora de núcleos



Equipo de oxiacetileno portátil con juego de mangueras, manómetros y boquillas de soldadura

Cilindro para oxígeno 1.50 m<sup>3</sup>; acumulador para acetileno capacidad 1.00 kg; regulador para oxígeno modelo 1710-C, conexión CGA 540; regulador para acetileno modelo 1720 conexión CGA 510; maneral modelo boquilla para soldar, juego de válvulas check; carro portacilindros; juego de mangueras con conexiones (5 m).

**Chispa de encendido  
para soldador SI01 Obi**



**Tanque de nitrógeno portátil de  
20 ft<sup>3</sup> con manómetro regulador  
(referencia normas DOT3AA2015)**

Especificaciones:

Tamaño 20 pies cub., tipo de buje cga 540, diám. exterior 5-1/4" con altura de 18-1/2"; manómetro regulador de gas de alta pureza; presión de trabajo min. 580 psi / 40 bar (ISO5149 / EN378) de entrada CGA-580.

## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

Analizador de Sistemas  
de Refrigeración



Vacuómetro digital para  
sistemas de refrigeración

**Multímetro gancho**

Corriente (A~) Rango:  
20A, 200A, 1000A.  
Rango de frecuencia: 50Hz / 60Hz.



**Termómetro digital con  
sonda de medición**

**Tanque Extintor ABC de 2Kg**



## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC

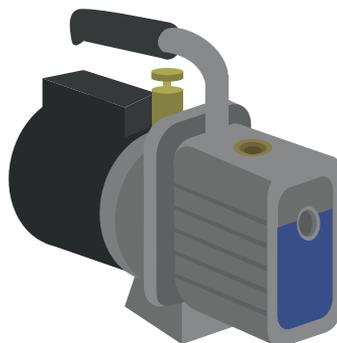


**Báscula electrónica para carga de refrigerante**

### **Bomba de vacío para sistemas de refrigeración**

Especificaciones:

Bomba de alto vacío doble efecto con motor ATEX, especialmente desarrollada para trabajar con HC, con clasificación de seguridad A3 y un vacío final de  $1 \times 10^{-2}$  mbar.



### **Ventilador atex para control de áreas explosivas (referencia IEC 60079-10-1)**

Especificaciones:

Ventiladores helicoidales tubulares a transmisión, con motor fuera del flujo del aire, capacitados para trasegar aire hasta 120 oC en continuo; camisa de chapa de acero reforzada y protegida contra la corrosión por cataforesis y pintura poliéster, con apertura de camisa para inspección; hélice con pintura epoxi-poliéster antiadherente (excepto modelos Ø 900 y 1000).





### **Detector de fuga de gas**

#### **Especificaciones:**

El detector de fugas de gas es un detector equipado con una sonda de 300 mm que detecta el metano (CH<sub>4</sub>), gases licuados del petróleo, como isopropano e isobutano, y otros combustibles gaseosos (hidrocarburos como R600a y R290) con un rango de medición de 0 a 10000 ppm.

### **Pinzas Lokring**

#### **Especificaciones:**

Herramienta de montaje Lokring para tubos con diámetro exterior desde 6 a 35 mm (1/4" a 1 3/8").

Organizada cuidadosamente en un caso práctico con inserto de espuma rígida.



## Capítulo 4

Herramientas para realizar trabajos de refrigeración y aire acondicionado con HC



### Torquímetro o llave de torsión

Torque: 10-75 Nm. / 7-55 Pie  
por libra de fuerza

Probador de polaridad  
para contactos de 127 Vca



Herramienta para prensar  
tuberías de cobre



CAPÍTULO



**SISTEMA Y CICLO  
DE REFRIGERACIÓN**

## 5. SISTEMA Y CICLO DE REFRIGERACIÓN

### ¿Qué es refrigeración?

Refrigeración es un proceso por el que se reduce la temperatura artificialmente de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias. El almacenamiento refrigerado de alimentos perecederos, pieles, productos farmacéuticos y otros se conoce como almacenamiento en frío. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente.

### Termodinámica

La termodinámica es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor. Hay ciertos principios fundamentales de la naturaleza, llamados Leyes Termodinámicas, que rigen nuestra existencia aquí en la Tierra, varios de los cuales son básicos para el estudio de la refrigeración. La primera y la más importante de estas leyes dice: “La energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede transformarse de un tipo de energía en otra”.

### Calor

El calor es una forma de energía creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor; por ejemplo, la energía mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor.

Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. La mayor parte del calor en la Tierra se deriva de las radiaciones del Sol. Sin embargo, las palabras “más caliente” y “más frío” son sólo términos comparativos.

### Transmisión de calor

La segunda ley importante de la termodinámica es aquella según la cual el calor siempre viaja del cuerpo más cálido al cuerpo más frío. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos.

El calor puede viajar en tres diferentes formas: radiación, conducción y convección.

**Radiación** es la transmisión de calor por ondas similares a las ondas de luz y a las ondas de radio. Un ejemplo de radiación es la transmisión de energía solar a la Tierra. Una persona puede sentir el impacto de las ondas de calor, moviéndose de la sombra a la luz del Sol, aun cuando la temperatura del aire a su alrededor sea idéntica en ambos lugares. Hay poca radiación a bajas temperaturas. También cuando la diferencia de temperaturas entre los cuerpos es pequeña, por lo tanto, la radiación tiene poca importancia en el proceso de refrigeración. Sin embargo, la radiación al espacio o al de un producto refrigerado por agentes exteriores, particularmente el Sol, puede ser un factor importante en la carga de refrigeración.

**Conducción** es el flujo de calor a través de una substancia. Para que haya transmisión de calor entre dos cuerpos en esta forma se requiere contacto físico real. La conducción es una forma de transmisión de calor sumamente eficiente. Cualquier mecánico que ha tocado una pieza de metal caliente puede atestiguarlo.

**Convección** es el flujo de calor por medio de un fluido que puede ser un gas o un líquido, generalmente agua o aire. El aire puede ser calentado en un horno y después descargado en el cuarto donde se encuentran los objetos que deben ser calentados por convección. La aplicación típica de refrigeración es una combinación de los tres procesos citados anteriormente.

La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. En algunos países, la temperatura se mide en grados Fahrenheit, pero en nuestro país, y generalmente en el resto del mundo, se usa la escala de grados Centígrados, algunas veces llamada Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a 0°C o a 32°F y hierve a 100°C o a 212°F.

**Ciclo básico de refrigeración por compresión**

En la Ilustración 6 se superponen un esquema de un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier.

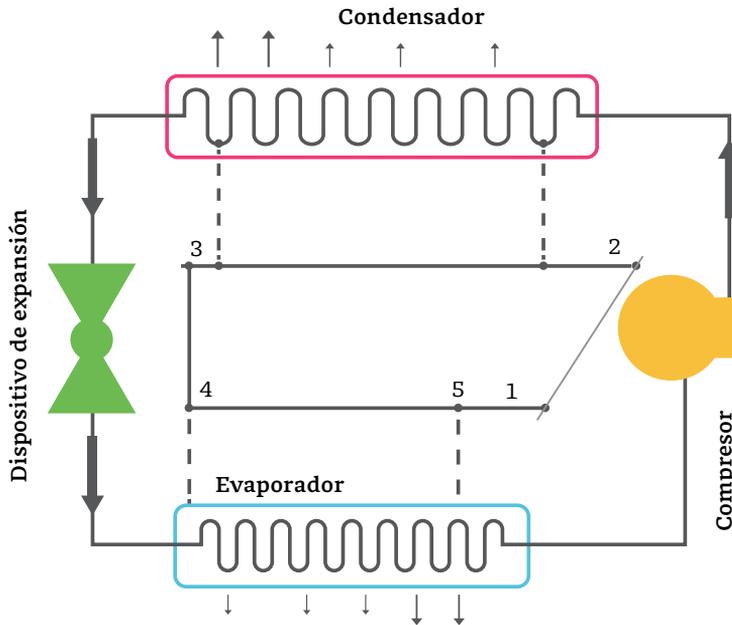


Ilustración 6. Diagrama de un ciclo básico de refrigeración.

Debemos recordar que el objeto de un proceso de refrigeración es extraer calor de los materiales: alimentos, bebidas, y de cualquier otro material que deseemos enfriar, valiéndonos de los principios de la física, como del comportamiento de los fluidos y materiales desarrollados durante el avance de la tecnología.

Como su nombre lo indica, el ciclo se trata de un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente. Dentro del ciclo de refrigeración, y basado en la presión de operación, se puede dividir el sistema en dos partes:

**Lado de alta presión:**

Parte del sistema que está bajo la presión del condensador.

**Lado de baja presión:**

Parte del sistema que está bajo la presión del evaporador.

**Compresor:** (1-2) Comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso de entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

**Condensador:** (2-3) Extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido.

**Dispositivo de expansión:** de (3-4) Es el elemento que regula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño.

**Evaporador:** (4-5) Suministra calor al refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar.

El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del refrigerante antes de salir de él. Conforme el vapor del refrigerante alcanza la temperatura de saturación, correspondiente a la alta presión del condensador, el vapor se condensa y fluye al elemento de expansión como líquido, repitiendo nuevamente el ciclo.

# 6

CAPÍTULO

---

## **OPCIONES DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE TRANSFERENCIA DE REFRIGERANTES HC: SOLDADURA FUERTE Y BLANDA**

## **6. OPCIONES DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE TRANSFERENCIA DE REFRIGERANTES HC: SOLDADURA FUERTE Y BLANDA**

Las técnicas de soldadura blanda y fuerte son los métodos más comunes para unir tubería y acoples en cobre. Las buenas soldaduras de juntas son fuertes, duraderas y se mantienen herméticas. La soldadura es necesaria para brindar uniones que soporten la vibración, temperatura y la tensión cíclica térmica. La teoría básica y las técnicas de soldadura fuerte y blanda son las mismas para todos los diámetros de tubos en cobre. Las únicas variables son el aporte metálico y la cantidad de tiempo y calor necesarios para completar una unión en particular. La soldadura blanda es el proceso de unión que se lleva a cabo en temperaturas menores a los 450°C (840°F), y la soldadura fuerte se considera a partir de los 450°C (840°F), pero por debajo del punto de fusión de los metales base.

### **Conexiones de cobre/cobre:**

Metal de aporte para soldadura fuerte sin contenido de plata: soldadura de cobre-fósforo L-CuP6 (CP 203)

### **Conexiones de cobre/cobre:**

Metal de aporte para soldadura fuerte con bajo contenido de plata: soldadura de cobre-plata-fósforo L-Ag2P (CP 105), L-Ag5P

### **Cobre/latón:**

Metal de aporte para soldadura fuerte con alto contenido de plata: L-Ag45Sn

### **Cobre/acero:**

Metal de aporte para soldadura fuerte con alto contenido de plata: L-Ag45Sn

La elección del metal de aporte depende del rango de temperatura en el que operará la aplicación.

En su mayoría, la soldadura se hace en temperaturas del rango de 600°C a 815°C (1100°F a 1500°F). El método preferido para la soldadura fuerte para conexiones no desmontables utiliza aportes metálicos de cobre-fósforo (CP). No se requiere fundente ya que el fósforo vaporizado eliminará la película de óxido de cobre. El fundente utilizado para la soldadura fuerte también puede contaminar el ambiente dentro de la tubería y debe eliminarse después del proceso de soldadura.

## Capítulo 6

Opciones de unión de tuberías de transferencia de refrigerantes HC: soldadura fuerte y blanda

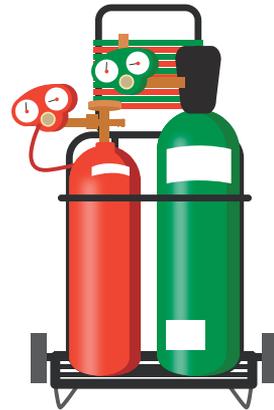
Al soldar con una atmósfera de nitrógeno de 2 psig de presión (un flujo muy bajo dentro del ensamble de tubería durante el proceso de soldadura) es un método común para evitar la oxidación. Siempre purgue las líneas de tuberías de refrigerante mientras suelde con nitrógeno seco. Cuando se aplica calor al cobre en la presencia del aire (oxígeno), se forman óxidos en la superficie del tubo. Esto es bastante dañino para el funcionamiento duradero del sistema de refrigeración en términos generales, pero principalmente para el sistema de lubricación del compresor. La escama de óxido dentro de las tuberías de refrigerante puede ocasionar inconvenientes cuando circule refrigerante y lubricante en el sistema.

Los lubricantes polioléster tienen efecto detergente en el sistema al circular por el interior, que levanta la escama del tubo. Se transporta a lo largo del sistema y produce la formación de lodo. La formación de óxidos al soldar se puede prevenir fácilmente al introducir lentamente nitrógeno a través de las tuberías mientras se aplica calor. La técnica de soldar con una atmósfera nitrógeno es aprobada y aceptada en el sector de la refrigeración y aire acondicionado.

Los pasos básicos para soldar y unir tubería de cobre y acoples son los siguientes:

- Medir y cortar
- Escariado
- Limpiar
- Ensamblaje y apoyo
- Introducción de nitrógeno
- Calentar
- Aplicar aporte metálico
- Enfriar y limpiar

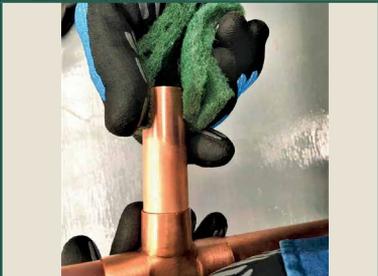
Ilustración 7. Equipo para soldar (soldadura fuerte).



Elementos del equipo para soldar:

- Unidad de acetileno/oxígeno para soldar
- Regulador de presión de acetileno y oxígeno con ensamble de manguera
- Maneral con boquilla del número 2 para soldadura
- Antorcha

## 6.1 Procedimientos y pasos por seguir en el proceso de soldadura fuerte<sup>13</sup>

	<p><b>Corte del tubo</b></p> <p>Utilizar un cortador de rueda en lugar de una sierra para metales para evitar el ingreso de virutas en el tubo.</p>
	<p><b>Eliminación de rebabas internas</b></p> <p>Se puede utilizar un extractor de rebabas, un escariador o una escofina redonda para eliminar las rebabas internas.</p>
	<p><b>Evitar el ingreso de virutas en el tubo y en el arreglo de accesorios</b></p>
	<p><b>Limpieza de superficies</b></p> <p>Para la limpieza de superficies, utilizar una almohadilla abrasiva plástica. Evitar que las partículas o virutas desprendidas ingresen en el tubo.</p>

<sup>13</sup> Referencia DIN EN ISO 13585

## Capítulo 6

Opciones de unión de tuberías de transferencia de refrigerantes HC: soldadura fuerte y blanda



### Limpieza de accesorios

Para limpiar el interior de los accesorios, utilizar un cepillo de tamaño adecuado.



### Aplicación de flujo de nitrógeno

La aplicación de flujo de nitrógeno evita la formación de óxido en la superficie interna de los tubos al momento de aplicar calor por medio del soplete. Hacer circular nitrógeno lentamente por la tubería asegura un proceso correcto de soldadura. El caudal debe ser de 2 libras por minuto.



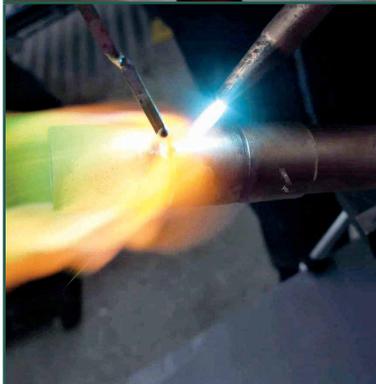
### **Ajuste de la antorcha (llama)**

Ajustar la intensidad de modo que la flama se reduzca levemente. Encender la antorcha únicamente con encendedores seguros.



### **Aplicación de calor**

Aplicar calor uniformemente al tubo y al accesorio moviendo alrededor de éstos la antorcha para garantizar un calentamiento parejo antes de añadir el material de relleno (varilla).



### **Aplicación de soldadura**

A medida que el área calentada adquiera un color rojo (rojo cereza, no brillante), aplicar el material de relleno (varilla) raspando levemente el saliente del accesorio con la punta de la varilla. Se debe tener cuidado de no sobrecalentar el tubo.

## Capítulo 6

Opciones de unión de tuberías de transferencia de refrigerantes HC: soldadura fuerte y blanda

	<p style="text-align: center;"><b>Terminación de la unión</b></p> <p>Para que la unión quede completada, es necesario que la acumulación de soldadura sea pareja y apenas visible alrededor del saliente del accesorio.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Eliminación del calor</b></p> <p>Eliminar el calor hasta que la aleación fundida de la soldadura fuerte se solidifique y adquiera un color negro tostado (aprox. 10-15 segundos).</p>
<p style="text-align: center;"><b>Terminación de la soldadura fuerte</b></p> <p style="text-align: center;">Normalmente, una vez que se completa una soldadura fuerte, las uniones se dejan enfriar.</p> <p style="text-align: center;">Detener el flujo de nitrógeno.</p> <p style="text-align: center;">No obstante, si es necesario, la unión se puede enfriar con un trapo húmedo.</p>	



### **Soldadura fuerte de latón y tubos de cobre**

Para esta combinación de materiales, es necesario utilizar, por ejemplo, un fundente soluble en agua. Aplicar una pequeña cantidad de fundente en el extremo del tubo y en la superficie interna del accesorio. **Evitar el derrame de fundente dentro del tubo y del accesorio.** Aunque no se perciban residuos es necesario realizar una limpieza al finalizar el trabajo



El procedimiento para estas uniones es básicamente idéntico al utilizado para la soldadura fuerte de cobre con cobre, con la única diferencia de que inicialmente se debe concentrar más calor en el accesorio para alcanzar la temperatura necesaria. Tener cuidado de no sobrecalentar el accesorio. Bastará con un color rojo apagado. Utilizar varillas de soldadura fuerte con mayor contenido de plata (Ag).

### **Mejoramiento de la habilidad de desempeño**

Cortar una sección de una unión de accesorio capilar para realizar una inspección de penetración de soldadura.

## Capítulo 6

Opciones de unión de tuberías de transferencia de refrigerantes HC: soldadura fuerte y blanda

	<p>Penetración de soldadura (perfecta)</p>
	<p>Penetración de soldadura (insuficiente)</p>
	<p>Ejemplo de soldadura fuerte con protección de nitrógeno</p> <p>Unión recta de cobre/cobre mediante soldadura fuerte con nitrógeno</p>
	<p>Formación de óxido</p> <p>Unión recta de cobre/cobre mediante soldadura fuerte sin nitrógeno</p>

# 7

CAPÍTULO

---

## **INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN BASE REFRIGERANTES HC**

## 7. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN BASE REFRIGERANTES HC

### 7.1. Inspección

#### Medidas de seguridad

El técnico de servicio deberá tener conocimiento de los riesgos relacionados con los refrigerantes a base de HC, por lo que a continuación se enlistan varias recomendaciones que se deben conocer antes de intervenir cualquier sistema de refrigeración y aire acondicionado que opere con refrigerantes hidrocarburos

- No debe existir riesgo de chispas cerca del área de trabajo.
- El detector de gas debe estar “encendido o funcionando” dentro del área de trabajo.
- El “área de trabajo segura” alrededor del equipo es de dos metros”



Ilustración 8. Área segura para refrigerador

- No fumar ni utilizar llamas u otras fuentes de calor.
- Los artefactos eléctricos que se utilicen durante el servicio no deben producir chispas, deben de estar conectados a tierra.
- Proporcionar una buena ventilación en el área de trabajo.
- No permitir el ingreso de flujo de refrigerante en aberturas de sótanos, ambientes bajos y sistemas de alcantarillado, ya que los HC son más pesados que el aire.
- Para la manipulación, el almacenamiento y el transporte de refrigerantes, se deben seguir las reglas de seguridad que se aplican en cada país.
- Evitar la Descarga Electrostática (DES).
- Para evitar la DES, se deben seguir procedimientos para reducir o eliminar la corriente eléctrica.
- La conexión a tierra es esencial para bloquear la DES.
- Asegúrese de que todo en un entorno de trabajo esté conectado a un sistema de conexión a tierra confiable.
- Se debe utilizar una correa de tierra entre el puerto de servicio de latón del aparato/sistema en el que se ha trabajado, el tanque recuperador de refrigerante inflamable y la unidad de recuperación (si aplica).
- Las conexiones (correas) de tierra deben estar siempre en contacto con la superficie metálica desnuda para asegurar la continuidad y la descarga de la electricidad estática.
- Las pulseras de tierra o la correa de muñeca antiestática, que se llevan en la muñeca y se conectan a un conductor de tierra, como una alfombra de tierra o una toma de tierra, dirigen de forma segura la electricidad estática a la tierra.
- Las alfombras antiestáticas o de tierra, conectadas a una toma de corriente, proporcionan una superficie de conexión a tierra utilizada para descargar la electricidad estática.

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

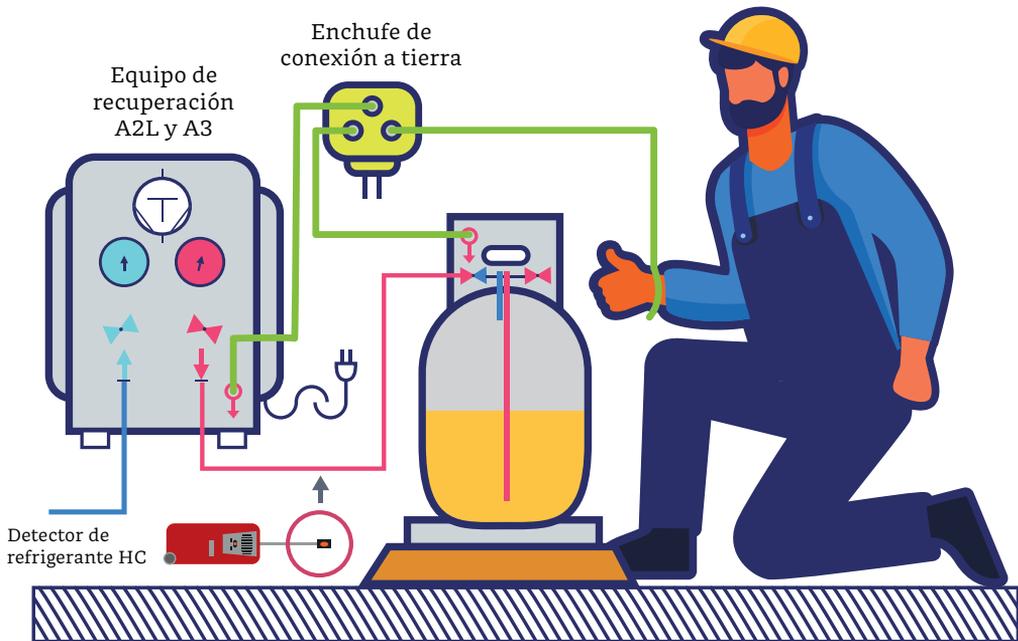
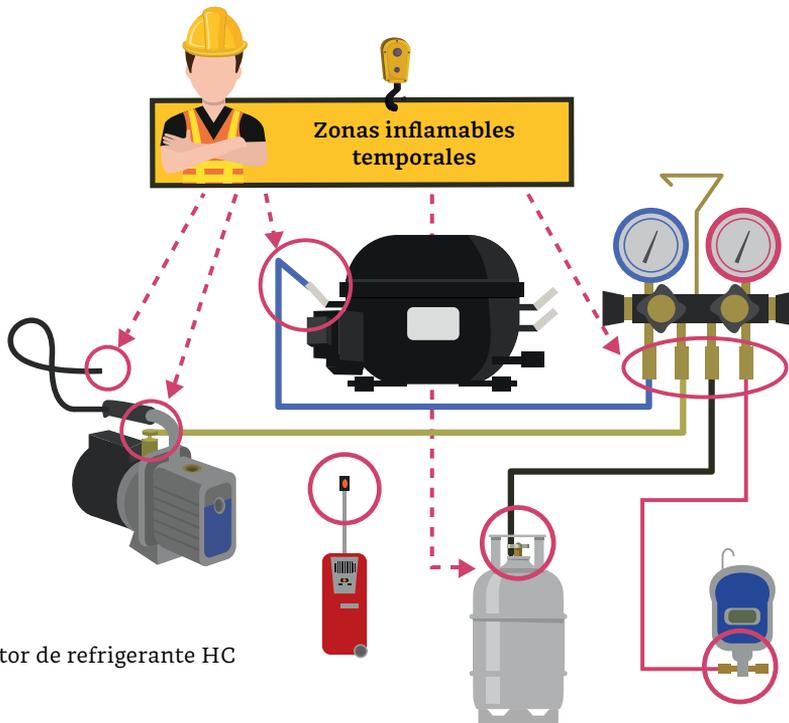


Ilustración 9. Conexión para evitar la descarga electrostática

### Zonas inflamables temporales

- Al trabajar en sistemas que utilizan refrigerantes inflamables, el técnico debe considerar ciertos lugares como “zonas inflamables temporales”.
- Normalmente se trata de regiones en las que se prevé que se produzcan al menos algunas emisiones de refrigerante durante los procedimientos normales de trabajo, como la recuperación, la carga, etc.
- Esto es típicamente donde las mangueras pueden ser conectadas o desconectadas.
- En previsión de la cantidad máxima de refrigerante que puede liberarse durante tal procedimiento (como desconectar una manguera mientras está llena de refrigerante líquido).
- La distancia mínima desde este punto que debe considerarse zona inflamable temporal es de medio metro en todas las direcciones.



Detector de refrigerante HC

### Proceso

Antes de abrir un circuito de refrigerante hermético, es fundamental obtener primero impresiones visuales, sensibles y sonoras que puedan permitir directamente la identificación de fallas.

La primera evaluación del circuito del sistema involucra lo siguiente:

- Transferencia de calor del condensador
- Temperatura del filtro secador
- Nivel de ruido del compresor
- Emisión de calor del compresor
- Escarcha en el evaporador
- Capacidad del compresor
- Cuando existe escasez de refrigerante (fuga), la entrada de refrigerante del condensador permanece tibia y la salida fría
- Cuando existe hielo sobre el evaporador o cuando la capacidad del condensador disminuye, la transferencia de calor es muy baja

### Ubicación de un refrigerador/congelador

- Es muy importante que el refrigerador/congelador se ubique dejando suficiente espacio para la transferencia de calor (circulación del aire). Controlar que el condensador esté libre de polvo o suciedad y que ningún elemento obstruya el área de ventilación
- Se debe evitar la ubicación de refrigeradores cerca de otras fuentes de calor
- Es necesario limpiar el condensador con frecuencia
- Utilizar un termómetro común y un vaso de agua para mediciones de temperatura interna
- El evaporador no debe tener hielo encima, pues esto reducirá la absorción del calor en el área refrigerada
- Controlar que se forme suficiente hielo (escarcha)
- La junta de la puerta del refrigerador debe permanecer perfectamente a tope con el cuerpo.
- Conectar el sensor del termómetro electrónico a la abrazadera de sujeción del sensor del termostato para medir las temperaturas de activación y desactivación
- Verificar que los interruptores de iluminación se desactiven cuando se cierra la puerta
- Ajustar el termostato de modo que supere levemente la posición intermedia del rango de ajuste de temperatura

### 7.2. Mantenimiento a sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

El mantenimiento preventivo y correctivo es fundamental para el buen funcionamiento de los equipos de refrigeración. La falta de mantenimiento preventivo y correctivo oportuno disminuye el rendimiento de los equipos de manera significativa. Si el mantenimiento preventivo y correctivo se realiza de manera adecuada, se mantendrá el buen estado de los equipos y, con seguridad, el cliente obtendrá beneficios relacionados con los costos de energía y reparación. Además, también se reduce la probabilidad de que ocurra una falla en el servicio.

Se deben seguir las siguientes reglas generales mientras se realizan las reparaciones:

- Durante las reparaciones, se debe dar cumplimiento a las buenas prácticas de mantenimiento
- Antes de llevar a cabo el procedimiento de reparación, confirmar nuevamente la falla por medio de un diagnóstico correcto
- Realizar las reparaciones al sistema teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas y de seguridad

Nota: Diagnóstico correcto + cumplimiento de las buenas prácticas de mantenimiento = se evita la repetición de fallas.

### 7.3. Procedimiento para llevar a cabo la reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico de refrigerante hidrocarburo aplicando soldadura fuerte

El siguiente procedimiento describe el proceso correspondiente para realizar la reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico, el cual comprende desde los elementos eléctricos hasta el cambio del compresor.

#### 7.3.1. Inspección y diagnóstico del sistema de refrigeración

Para poder obtener una buena inspección del sistema de refrigeración, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos para la correcta identificación de la falla presentada en un sistema de refrigeración con refrigerante hidrocarburo.



1. Revisar la continuidad entre las terminales de la clavija con conector de tierra de cable de servicio. De existir continuidad entre la terminal del conector, se procede a verificar que no exista exposición de cobre haciendo contacto con alguna superficie del equipo. De existir exposición de cobre, se procede a realizar el cambio de cable de servicio

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

2.

Se procede a energizar el equipo a un voltaje de 127 Volts



3.

Una vez que el compresor esté en funcionamiento, se procede a revisar el amperaje de trabajo, el cual deberá de coincidir con la ficha técnica del compresor. Si el amperaje es superior al establecido en la ficha técnica, se desenergiza el equipo para realizar la revisión de los elementos del compresor



#### 4.

Se revisa la continuidad en los protectores térmicos de sobrecarga del compresor, colocando las puntas del multímetro en la ranura de la conexión del compresor y conexión eléctrica del protector térmico. Si no existe continuidad, se procede a realizar el cambio del protector térmico de sobrecarga. Si existe continuidad, se procede a revisar el relevador electromagnético



#### 5.



Se revisa la continuidad en el relevador electromagnético, colocando las puntas del multímetro entre las terminales 2 y 3 del relevador. Si no existe continuidad, se procede a realizar el cambio de relevador electromagnético. De existir continuidad, se procede a realizar la revisión del capacitor electrolítico de arranque

## Capítulo 7

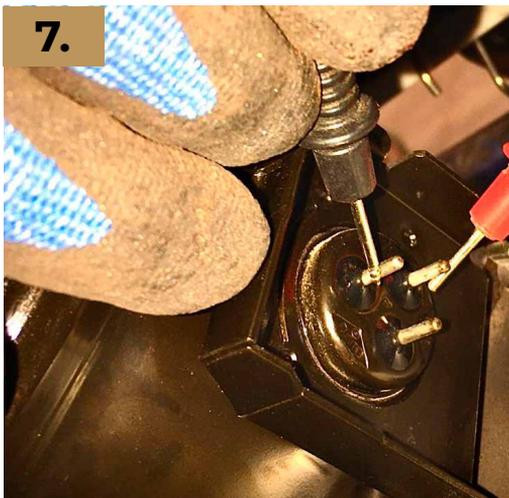
Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

6.

Se revisa la capacidad del compresor, la cual deberá coincidir con el dato que indica la placa del capacitor, con un margen de error del +/- 5%. De no ser así, se procede a realizar el cambio del capacitor electrolítico, y de existir la capacitancia de acuerdo con lo establecido en el dato de la placa, se procede a revisar los bornes del compresor



7.



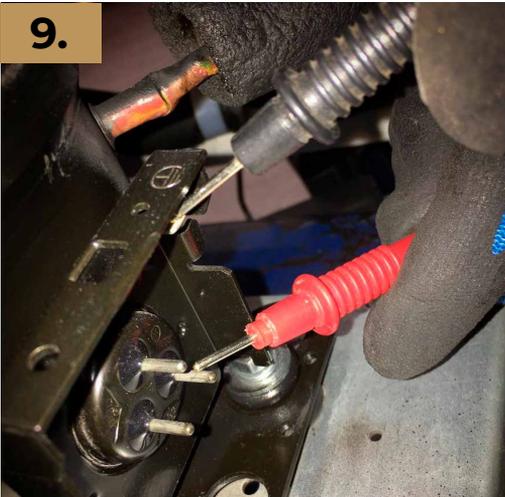
Se revisan los bornes del compresor colocando las puntas del multímetro sobre el borde de arranque y el borne de trabajo. Si existe continuidad, se procede a colocar la punta del multímetro en el borne de arranque y del borne común. En caso de existir continuidad, se procede a verificar que el compresor no esté aterrizado

## 8.

Se realiza el arranque del compresor sin elementos eléctricos manualmente, por medio de una herramienta de arranque. Se conectan los bornes del compresor a una alimentación de 127 Volts. Se oprime el interruptor de encendido. Si el compresor no arranca, se procede a realizar el cambio del compresor; si el compresor arranca, se procede a realizar el siguiente paso



## 9.



Se revisa que no exista continuidad entre los bornes del compresor y la carcasa del compresor. Se colocan las puntas del multímetro sobre cada uno de los bornes y la carcasa del compresor. De existir continuidad entre alguno de los bornes y la carcasa, se procede a realizar el cambio del compresor; de no existir continuidad, se procede a realizar el arranque del compresor sin elementos eléctricos

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

### 10.

Una vez que el compresor termine su arranque se procede a verificar que el tubo de la descarga se caliente. Si lo hace, se debe dejar que trabaje el equipo por un lapso de 10 minutos para monitorear que baje la temperatura uniformemente en el interior del equipo. Si el enfriamiento no es uniforme, se debe realizar el siguiente paso



### 11.



Se verificará que no existan residuos de aceite sobre las uniones de los tubos del compresor, de igual modo se buscan fugas con una solución jabonosa. Si se llegaran a encontrar dichos residuos o burbujas, las fugas y/o fracturas deberán ser reparadas para poder realizar el cambio del compresor aplicando el procedimiento de reparación

### 7.3.2. Recuperación de refrigerante HC

Una vez que se verificó que no existan fugas, fracturas en las tuberías o residuos de aceite sobre las uniones de los tubos, se procede a recuperar el refrigerante hidrocarburo que se encuentra almacenado en el sistema.

Una opción es recuperar el refrigerante como lo muestra la Ilustración 7, utilizando la diferencia de presión y de temperatura entre el tanque recuperador y el sistema de refrigeración. Antes de abrir válvulas, el tanque recuperador debe de tener un vacío previo de 1000 micrones y deberá estar en hielo.

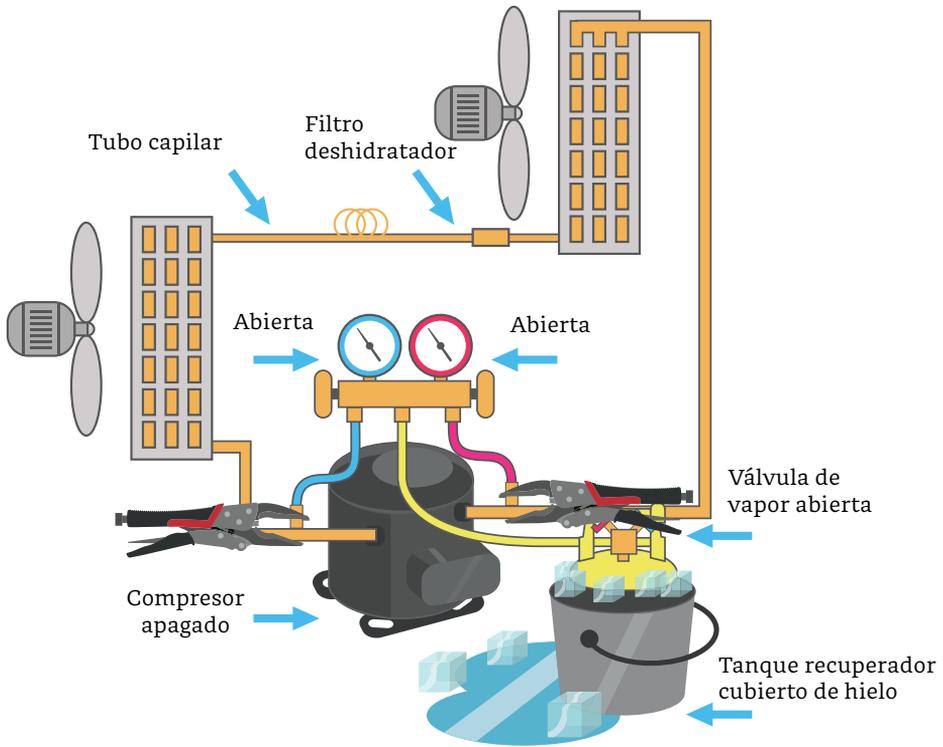


Ilustración 11. Recuperación sin recuperadora (recuperación pasiva del refrigerante).

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

Una segunda opción, es la recuperación de refrigerante acelerada activa. Si el compresor del sistema funciona bien, el refrigerante se bombea en estado vapor al tanque recuperador. Antes de abrir válvulas, el tanque recuperador debe de tener un vacío previo de 1000 micrones y deberá estar en hielo.

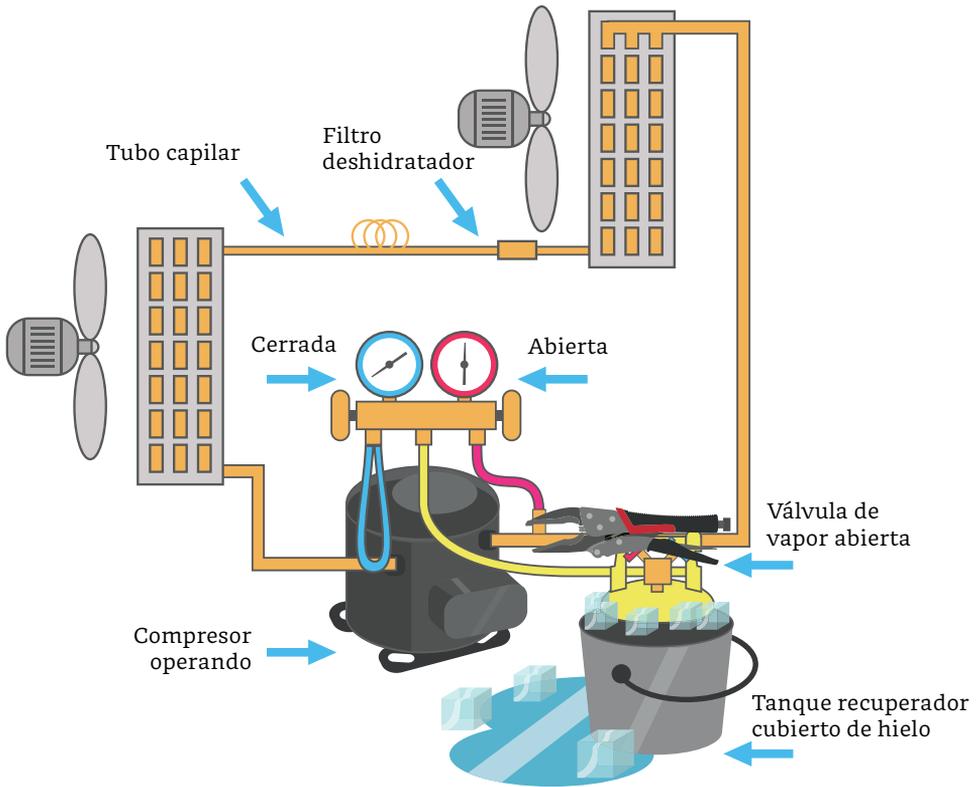


Ilustración 12. Recuperación de refrigerante acelerada activa.

Una tercera opción es utilizar una recuperadora eléctrica aprobada para usarse con refrigerantes inflamables. En todo momento, la recuperadora, el sistema de refrigeración y el tanque recuperador deben de estar conectados a tierra.

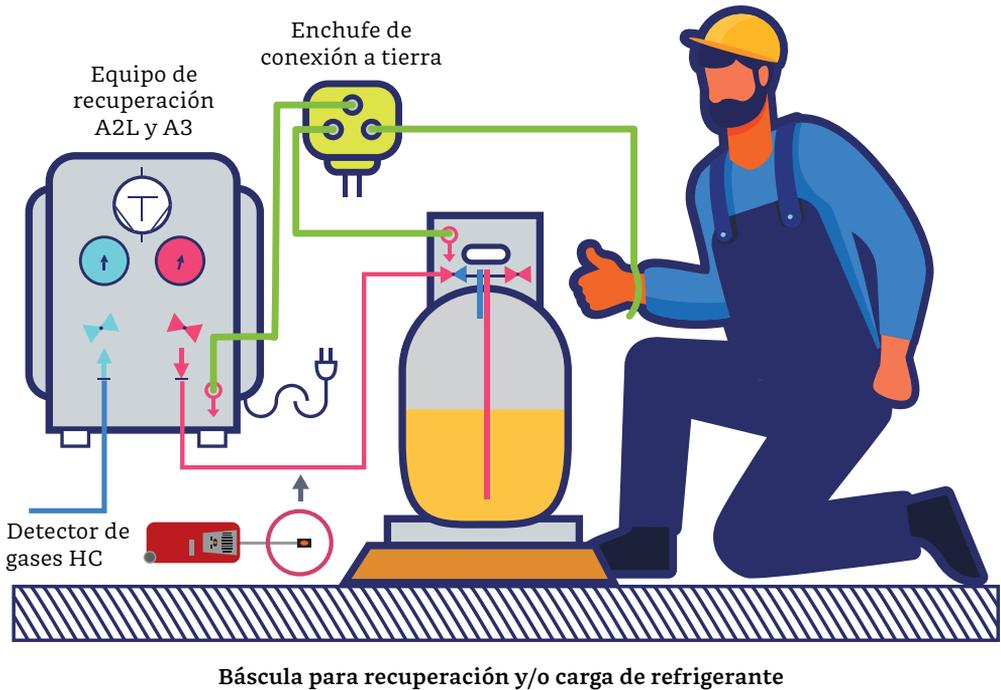


Ilustración 12. Conexión para evitar la descarga electrostática al utilizar una recuperadora eléctrica

La otra opción para extraer el refrigerante hidrocarburo del equipo es la siguiente:

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

1.

Colocar pinza punzadora en el tubo de servicio del filtro deshidratador



2.



Colocar la manguera venteo de 8 mm de diámetro y de una longitud de 8 m en conexión de la pinza punzante a la válvula de líquido del tanque recuperador.

Nota: la salida de la manguera deberá estar afuera del área de seguridad y en un ambiente seguro en el exterior.

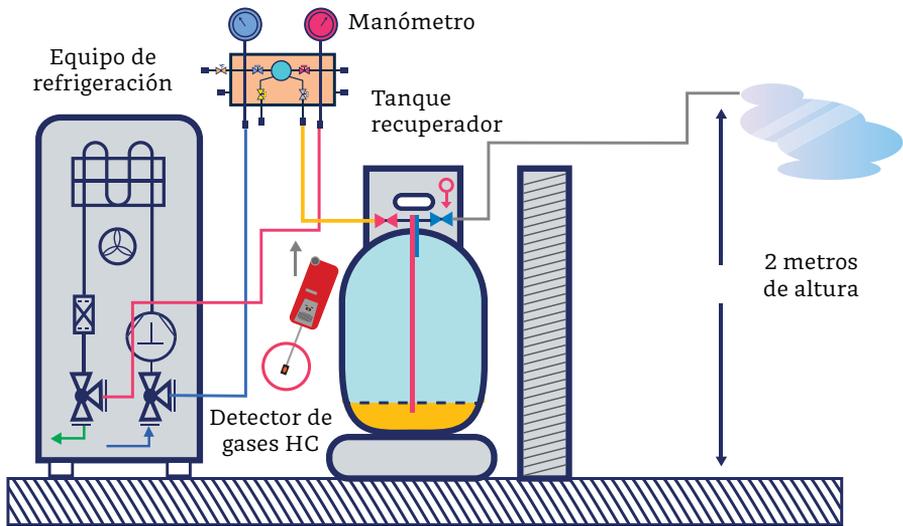


Ilustración 14. Conexión para el venteo seguro de refrigerante HC



Accionar pinza punzante para liberar el refrigerante hidrocarburo del sistema de refrigeración, y regular la salida del refrigerante con el manifold

### 4.

Se procede a revisar la compresión por medio del tubo de descarga. Se coloca el manómetro de alta presión en el tubo de descarga tomando en cuenta que si la compresión es menos a 350 psi se debe realizar el cambio del compresor. Si la presión es mayor a 350 psi y no baja en un lapso de 3 a 5, se determina que el sistema tiene un tipo de obstrucción.



#### 7.4. Tipos de mantenimiento que se requieren para llevar a cabo la inspección, diagnóstico y reparación de un equipo de refrigeración comercial con refrigerante hidrocarburo

Dentro de una reparación de un equipo de refrigeración comercial con refrigerante hidrocarburo, se deberán contemplar los tres tipos de mantenimiento, como lo describe la siguiente tabla:

Tipos de mantenimientos	Descripción de los mantenimientos
<p align="center"><b>Mantenimiento preventivo</b></p>	<p>Cada tres meses se debe revisar el estado físico del cable de servicio, así como también se debe de realizar limpieza al motor ventilador.</p>
<p align="center"><b>Mantenimiento correctivo</b></p>	<p>Se debe realizar mantenimiento correctivo al momento de detectar un mal funcionamiento de elementos eléctricos, debido a que se realiza el reemplazo del elemento que tenga falla.</p> <p>Por otra parte, al momento de realizar el cambio del compresor, se considera como un mantenimiento correctivo, tomando en cuenta todo el procedimiento que conlleva el reemplazo.</p>
<p align="center"><b>Mantenimiento preventivo-correctivo</b></p>	<p>Al momento de realizar la inspección de cada uno de los elementos del sistema de refrigeración, se identifica qué elemento debe ser sustituido cada determinado tiempo, previniendo la falla del sistema de refrigeración.</p>

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

### 7.5. Reparación de un equipo de refrigeración comercial o doméstico con refrigerante hidrocarburo

#### 7.5.1. Limpieza del sistema de refrigeración

Una vez realizada la inspección correspondiente a cada uno de los elementos que conforman un sistema de refrigeración, se procederá a realizar cada uno de los procesos por mencionar para concretar el armado del sistema de refrigeración dentro de un refrigerador comercial o doméstico con refrigerante hidrocarburo.

Para realizar la unión de tuberías en el procedimiento de limpieza del sistema, se describirán dos tipos de metodologías, las cuales son con soldadura fuerte y aplicado el sistema lock.

Antes de iniciar el proceso de soldadura fuerte se debe dar un barrido con nitrógeno seco (inertización) durante dos minutos el interior del sistema de refrigeración a una presión de 3 psig.

#### 7.5.2. Metodología de soldadura fuerte

1.

Soldar las válvulas de servicio en el tubo de succión y el tubo de descarga



2.



Retiro del filtro deshidratador

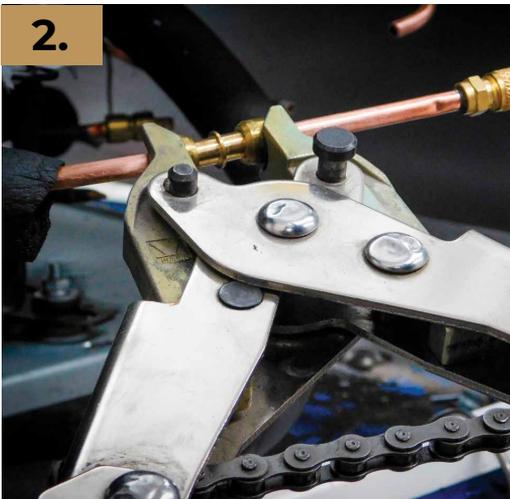
### 7.5.3. Metodología del sistema lock

1.

Se coloca sellador permanente en tubo de succión y válvula de pivote



2.



Una vez colocado el sellador permanente en tubo de succión y valvular pivote, se procede a colocar sistema lock

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**3.**

Se coloca sellador permanente en el tubo de descarga y válvula de servicio



## 7.5.4. Introducción del agente de limpieza

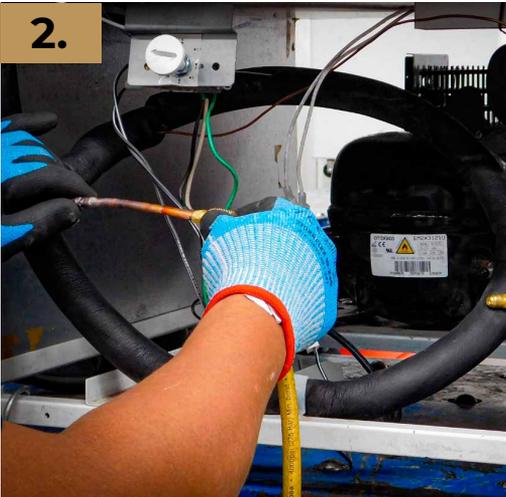
1.

Cortar tubo capilar proveniente del filtro deshidratador



2.

Conexión de la manguera en la válvula colocada en el tubo de succión para la inyección del agente de limpieza y nitrógeno



## Capítulo 7

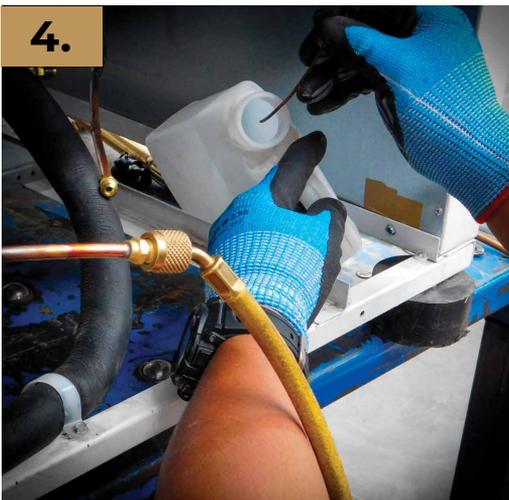
Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

3.

Inyección del agente de limpieza con una presión de 100 psi de nitrógeno



4.



El agente de limpieza inyectado con nitrógeno en el tubo de succión deberá salir por el tubo capilar donde se debe de tener un recipiente para recibir las impurezas

## 5.

Conectar la manguera en la válvula colocada en el tubo de descarga para la inyección del agente de limpieza y nitrógeno para que la salida del agente sea por la salida del compresor



### 7.5.5. Armado del sistema de refrigeración

Para realizar el correcto armado del sistema de refrigeración, se deben de llevar a cabo cada uno de los pasos que a continuación se mencionan, aplicando dos tipos de metodologías para la unión entre cada una de las tuberías, las cuales son con soldadura fuerte y con el sistema lock.

Nota: Al momento de realizar la unión de la tubería con soldadura fuerte, se debe mantener una atmósfera de presión de 2 libras de nitrógeno continuamente en el interior del sistema para eliminar la carbonización que se genera al momento de realizar dicha unión con soldadura. Para limpiar el cobre, utilizar lija para plomero, ancho 1', en rollo, con grano 100, fabricada con óxido de aluminio, respaldo de tela flexible y resistente al agua.

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**1.**

Utilizar esponja extra fuerte 86 de uso industrial para eliminar residuos de cobre, así como de cualquier tipo de recubrimiento que llegue a contener el tubo capilar



**2.**



Verificar que no exista obstrucción en la punta del tubo capilar

## 7.5.6. Metodología de soldadura fuerte

1.

Conectar el filtro  
deshidratador en la  
salida del condensador



2.

Introducir el tubo capilar  
en el filtro deshidratador



## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**3.**

Soldar cada uno de los tubos provenientes de la salida del condensador y el tubo capilar proveniente del evaporador.



**4.**



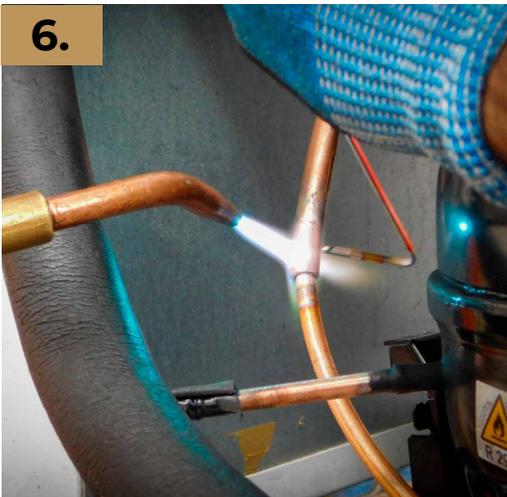
Verificar que no exista falta de soldadura en cada una de las uniones realizadas en el filtro deshidratador.

**5.**

Se retiran las válvulas de servicio colocadas en el tubo de succión del evaporador y del tubo de descarga del condensador.



**6.**



Se conecta el tubo de succión del evaporador en la entrada de succión del compresor

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**7.**

Se conecta el tubo de descarga del compresor en el tubo de entrada del condensador



**8.**



Colocar la válvula de servicio al tubo de servicio del compresor

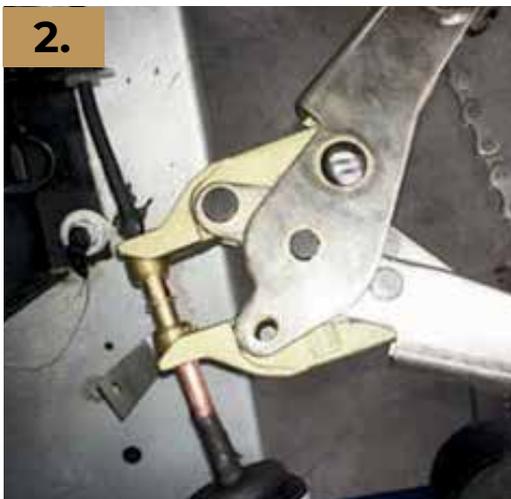
### 7.5.7. Metodología del sistema lock

**1.**

Se coloca sellador Lokprep 65 G en los tubos del condensador y del filtro deshidratador, para realizar la unión.



**2.**



Una vez colocado el sellador en los tubos del condensador y del filtro deshidratador se procede a colocar el sistema lock

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

3.

Se coloca sellador en el tubo del filtro deshidratador y en el tubo de servicio



4.

Una vez colocado el sellador en el tubo del filtro deshidratador y en el tubo de servicio se procede a colocar el sistema lock



**5.**

Colocar el sellador en el tubo capilar y en el tubo del filtro deshidratador para proceder a colocar el sistema lock



**6.**

Colocar el sellador en el tubo de descarga del compresor y en el tubo de entrada del condensador

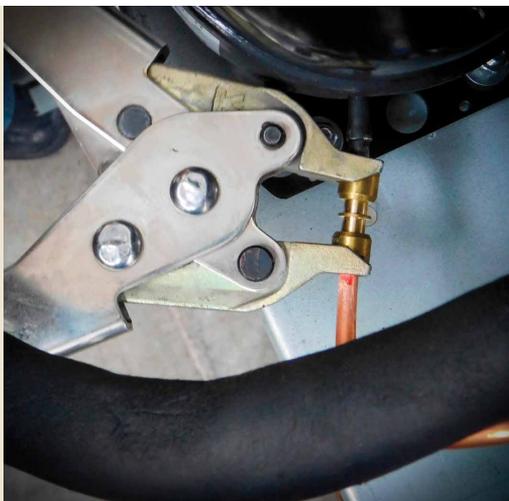


## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**7.**

Una vez colocado el sellador, se procede a colocar el sistema lock



**8.**

Colocar el sellador en los tubos de succión del compresor y del sistema



9.

Una vez colocado el sellador, se procede a colocar el sistema lock



### 7.5.8. Revisión y prueba de fugas en la unión de tuberías

Para la detección de fugas, es necesario realizar los siguientes procedimientos, tomando en cuenta que el resultado esperado es que no existan fugas en las uniones de cada uno de los tubos.

1.



Se conectan las mangueras del manómetro en la válvula de servicio del filtro deshidratador y del compresor

## Capítulo 7

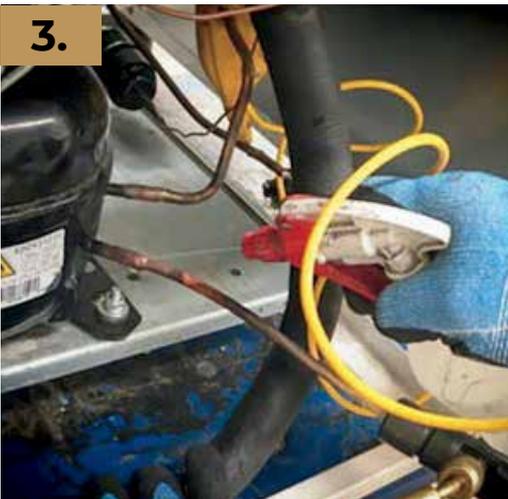
Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

2.

Se presuriza con 150 PSI de nitrógeno



3.



Verificar que no existan fugas en las uniones de las tuberías aplicando una solución jabonosa.

4.

Si no existen fugas en las uniones se procede a despresurizar el sistema de refrigeración



#### 7.5.9. Vacío al sistema de refrigeración

Para llevar a cabo un correcto vacío en el sistema de refrigeración, es necesario realizar los pasos que a continuación se describen, teniendo como objetivo 500 micrones dentro del sistema de refrigeración. La bomba de vacío debe estar aprobada para utilizarse con refrigerantes inflamables.

1.



Se conecta la bomba de vacío al sistema de refrigeración, con la manguera de 3/8 conectada a la bomba de vacío. De esta manera el vacío se genera más rápido y de forma más adecuada.

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

2.

Se energizan el ventilador ATEX y el detector de gas butano. Posteriormente se energiza la bomba de vacío a prueba de chispa, que deberá estar ubicada afuera del área de seguridad



3.



La bomba de vacío deberá encender con el gas ballast abierto. Al hacerlo se evita que se acumule humedad en el interior de la bomba, lo que previene daños ocasionados por la humedad que podría ser aspirada.

El correcto mantenimiento de una bomba de vacío incluye regular su funcionamiento operando la Válvula Gas Ballast o Tapón Balastro

Operación sin la Válvula Gas Ballast

Operación con la Válvula Gas Ballast

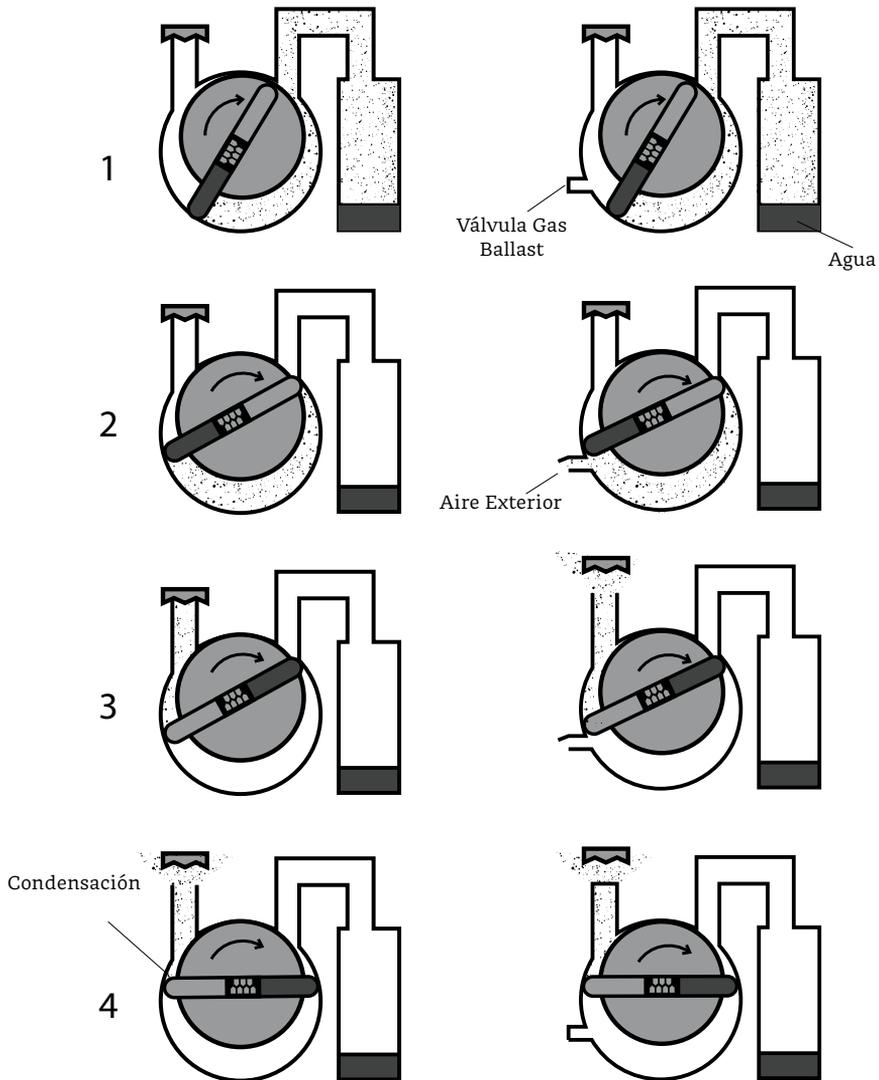


Ilustración 15. Proceso de vacío con válvula gas ballast abierta y cerrada.

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

4.

Cuando la bomba de vacío cambie de sonido se cierra el gas ballast. Esperar hasta que llegue a 500 micrones



5.



Una vez alcanzados los 500 micrones de vacío, se procede a cerrar los manómetros, se abre el gas ballast, y cuando cambie de sonido en la bomba se puede apagar

### 7.5.10. Carga de refrigerante HC en equipos de refrigeración comercial o doméstico

Para llevar a cabo la carga del refrigerante hidrocarburo, se deberán de llevar a cabo los siguientes pasos descritos, siempre y cuando se realice de manera segura y con precaución.

**1.**

Conectar la manguera de servicio del manómetro al tanque del refrigerante hidrocarburo



**2.**



119157070303278887360002  
15HC231AB 2788873

Manufacturado por

CVC15HC	Cod. CVC15HC231AB	R.G. 6191572788873-9
on 115	v~ Frecuencia. 60Hz	2,5A Gas. R290 0,13 kg
e. 352,7 Litros	Color. Blanco	Clase. N
na Refrig. KOMP	Agente Expansor. ISO / CICLO PEN	
EVER		

NOM AN

119157070303278887360002  
Hecho en Mexico MEX

HC231AB 115 / 60 2788873

Verificar la cantidad de refrigerante hidrocarburo que debe llevar el equipo indicada en la ficha del fabricante

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

3.

Colocar el tanque de refrigerante hidrocarburo sobre una báscula electrónica



4.

Colocar control automático de temperatura en la posición de apagado



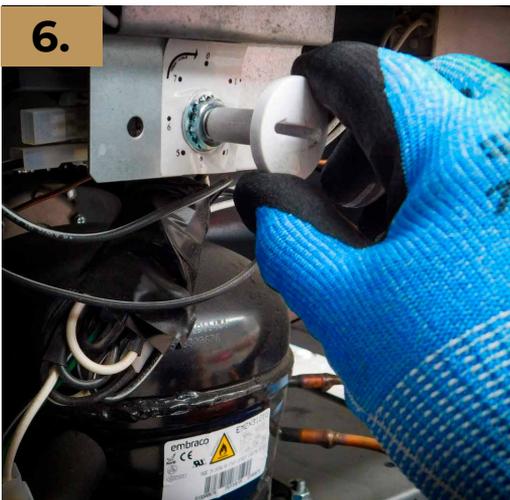
**5.**

Energizar el equipo de refrigeración



**6.**

Colocar control automático de temperatura en la posición máxima



## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**7.**

Cargar la cantidad de refrigerante indicada en la ficha del fabricante



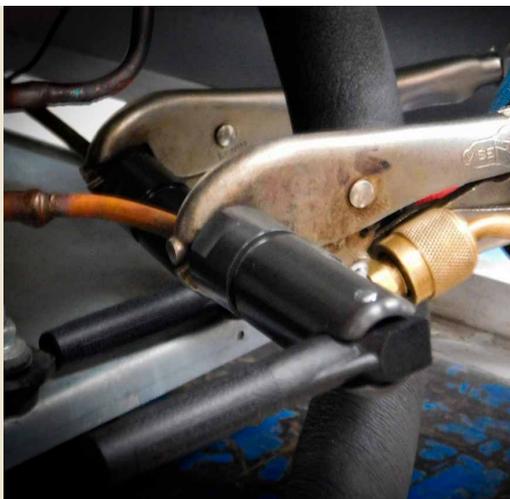
**8.**

Una vez cargado el sistema con la cantidad de refrigerante hidrocarburo, se verifican presiones de trabajo indicada en la etiqueta del fabricante del equipo de refrigeración



**9.**

Una vez que las presiones de trabajo están verificadas, se procede a realizar un pinchado en la válvula de servicio del compresor y en la válvula de servicio del filtro deshidratador



**10.**



Retirar las mangueras del manómetro colocadas en las válvulas de servicio del compresor y del filtro deshidratador

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

**11.**

Una vez retiradas las mangueras del manómetro, se procede a retirar las válvulas de conexión rápida



**12.**



Una vez retiradas las válvulas de conexión rápida, se procede a sellar los tubos de servicio del compresor y del filtro deshidratador

### 7.5.11. Verificación de fugas de refrigerante HC

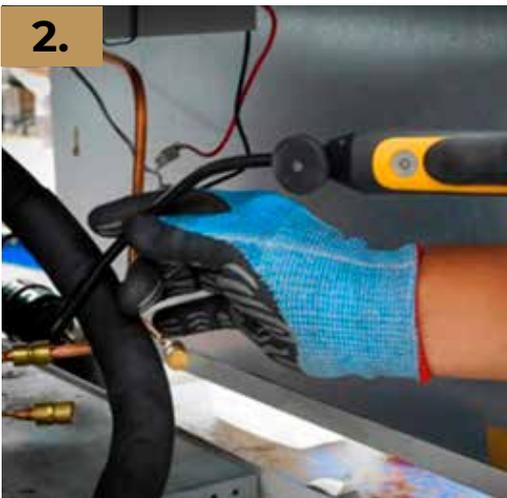
Para comprobar que no existan fugas de refrigerante hidrocarburo en las uniones de tuberías, se deberá realizar el siguiente procedimiento.

**1.**

Para verificar que no existan fugas de refrigerante hidrocarburo en uniones de tubo, se utiliza un detector de fugas electrónico



**2.**



El detector de fugas electrónico emite un sonido en caso de existir una fuga de refrigerante hidrocarburo. Si es el caso, repite la operación a partir del paso B de este manual. En caso de no existir, se procede a realizar el procedimiento siguiente

## 7.6. Puesta en marcha de un equipo de refrigeración comercial o doméstico con refrigerante hidrocarburo

### 7.6.1. Medición y verificación de parámetros de trabajo

Una vez que se realizaron los procedimientos de reparación, se pone en marcha el equipo de refrigeración para realizar la medición y verificación de los parámetros establecidos dentro de la ficha técnica.

Realizando metodologías como:

- Medición del tiempo de abatimiento de temperatura
- Sobrecalentamiento (super calor)
- Subenfriamiento

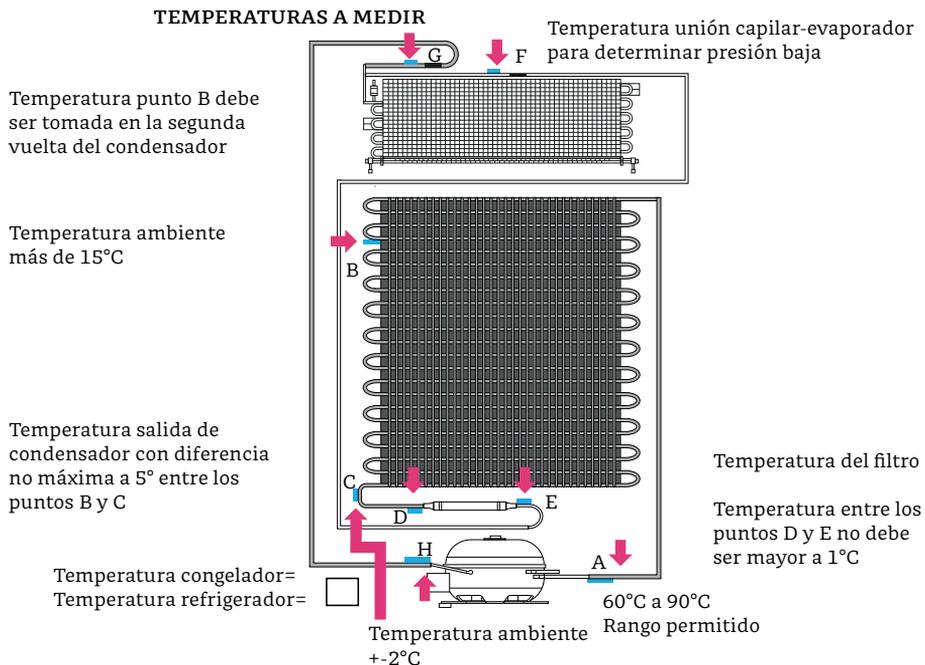


Ilustración 16. Sistema de refrigeración

### 7.6.2. Medición del tiempo de abatimiento de temperatura

Para verificar el correcto funcionamiento del compresor, es necesario realizar la metodología de medición del tiempo de abatimiento de temperatura del interior del equipo de refrigeración. Contemplando la medición de la temperatura de la cabeza del compresor, teniendo siempre en cuenta la medición de la temperatura ambiente donde se esté realizando la reparación del equipo de refrigeración, como lo muestra la siguiente tabla.

Horario	Temperatura de compresor (°C)	Temperatura interior	Temperatura ambiente
09:40	19 °C	20 °C	20 °C
09:45	26 °C	17 °C	20 °C
09:50	19 °C	10 °C	20 °C
09:55	34 °C	8 °C	20 °C
10:00	36 °C	4 °C	20 °C
10:05	39 °C	0 °C	20 °C
10:10	42 °C	-3 °C	20 °C
10:15	43 °C	-5 °C	20 °C
10:20	44 °C	-6 °C	20 °C
10:25	45 °C	-11 °C	20 °C
10:30	48 °C	-13 °C	20 °C
10:35	48 °C	-15 °C	20 °C
10:40	48 °C	-17 °C	20 °C
10:45	50 °C	-19 °C	20 °C
10:50	50 °C	-21 °C	20 °C
10:55	50 °C	-22 °C	20 °C
11:00	51 °C	-23 °C	20 °C
11:05	50 °C	-25 °C	20 °C

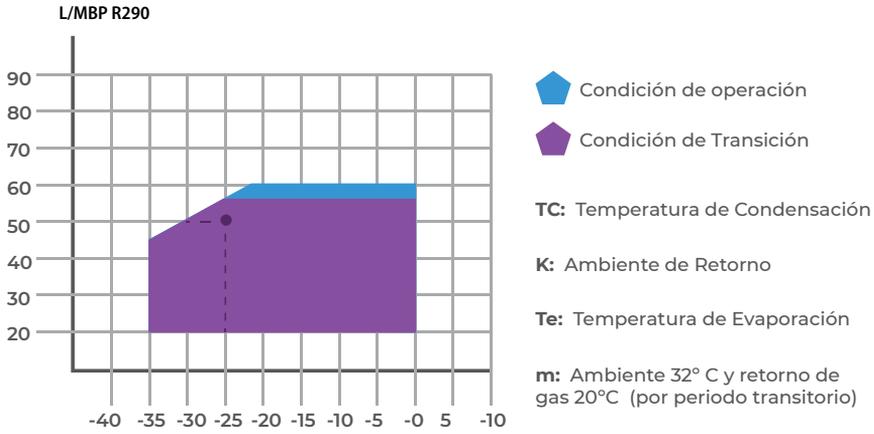
Nota: De acuerdo con la temperatura requerida, se deberá aumentar el número de mediciones, es decir si se requiere una temperatura de -40°C, tendrá que ser el doble de mediciones.

Nota: Dependiendo del tipo de refrigerante, será la gráfica que se deberá utilizar.

Una vez obtenidas las mediciones, se grafica el rendimiento de operación del compresor con el objetivo de validar los parámetros establecidos por el fabricante.

## Capítulo 7

Instalación y puesta en marcha de sistemas de refrigeración base refrigerantes HC

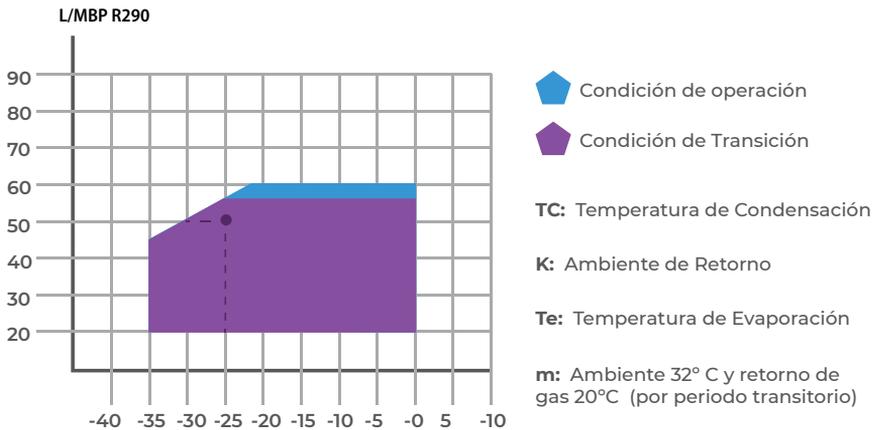


### L/MBP Baja/Media Presión

### APLICACIONES

Temperatura de evaporación entre -35°C y 0°C

Refrigeradores de Cocina profesionales, Congeladores de helado, Enfriadores de botellas congeladores, etc.



### L/MBP Baja/Media Presión

### APLICACIONES

Temperatura de evaporación entre -35°C y 0°C

Refrigeradores de Cocina profesionales, Congeladores de helado, Enfriadores de botellas congeladores, etc.

Una vez registradas las temperaturas, se puede verificar el rendimiento del compresor, el cual deberá de estar dentro de los parámetros óptimos de funcionamiento como lo marca el fabricante.

### 7.6.3. Sobrecalentamiento

Son los grados adicionales que adquiere el vapor de salida sobre la temperatura de evaporación (temperatura de succión) a partir de donde se terminó de evaporar el refrigerante líquido, los cuales se calculan de la siguiente manera:

1. Medir la temperatura de la tubería de succión
2. Medir la presión de succión
3. Con la ayuda de la tabla presión temperatura se convierte la presión de succión a la temperatura que le corresponde a esa presión
4. El sobrecalentamiento será el valor resultante de restar la temperatura medida en el paso No. 1, menos la temperatura del paso No. 3

Temperatura de la tubería de succión	Presión de succión	Temperatura	Sobrecalentamiento
-30.5 °C	(5 psi)	-35.25°C	4.75°C

### 7.6.4. Subenfriamiento

El subenfriamiento son los grados de temperatura que se le retiran al refrigerante cuando tiene la temperatura de saturación. El subenfriamiento del sistema se determina mediante la diferencia de la temperatura de condensación y la temperatura de salida del refrigerante, la cual se calcula de la siguiente manera:

1. Medir la temperatura de la tubería de líquido
2. Medir la presión de la descarga
3. Con la ayuda de la tabla presión temperatura se convierte la presión de la descarga a la temperatura que le corresponde a esa presión
4. El subenfriamiento será el valor resultante de restar la temperatura medida en el paso No. 3, menos la temperatura del paso No. 1

Fórmula:

Temperatura en la entrada del condensador – la temperatura de salida

Presión de condensación	Temperatura	Temperatura de la tubería de líquido	Subenfriamiento
179.4 psi	39°C	34.40 °C	4.75°C

# 8

CAPÍTULO

---

## **PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO LA INSTALACIÓN DE UN AIRE ACONDICIONADO CON CARGA DE REFRIGERANTE HIDROCARBURO**

## **8. PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO LA INSTALACIÓN DE UN AIRE ACONDICIONADO CON CARGA DE REFRIGERANTE HIDROCARBURO**

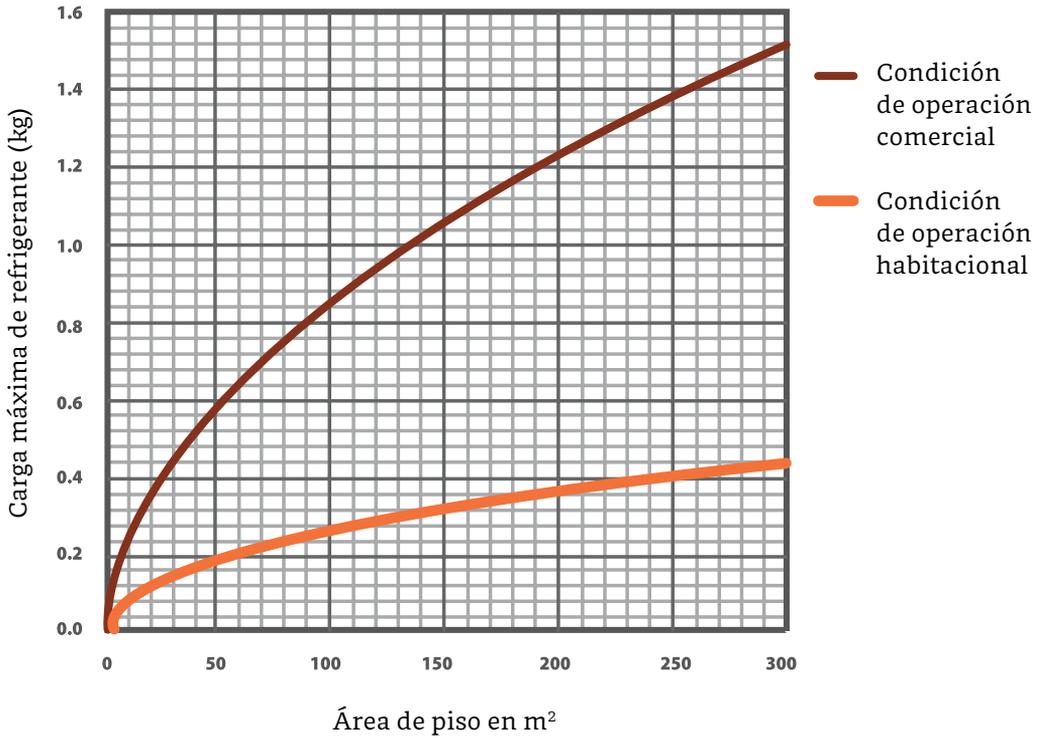
El siguiente procedimiento describe el proceso correspondiente para realizar la instalación de un equipo de aire acondicionado con refrigerante hidrocarburo, el cual comprende desde el retiro del empaque hasta la comprobación del funcionamiento.

Los técnicos que participen en la instalación o mantenimiento de equipos de aire acondicionado con gas hidrocarburo primero deberán evaluar los siguientes puntos antes de realizar cualquier instalación o mantenimiento:

- Todo técnico que participe en la instalación o mantenimiento de equipos de aire acondicionado debe estar completamente capacitado, ser competente y estar certificado para usar refrigerantes inflamables
- Sólo realizar la instalación o mantenimiento con permiso del propietario del domicilio
- Utilizar equipos y herramientas para la instalación o mantenimiento apropiados para equipos de aire acondicionado con refrigerantes hidrocarburos
- La reconversión a un sistema con refrigerantes hidrocarburos no está avalada ni autorizado por ninguna dependencia en México, por lo que no se recomienda esta práctica, ya que los sistemas con refrigerantes HCFC no están diseñados para trabajar con refrigerantes HC
- Si la instalación supera el kit original con el que cuenta el equipo (5 metros o consultar el manual del fabricante de equipo original), los técnicos podrán extender la distancia respetando los diámetros de las tuberías originales. Esta distancia puede variar por fabricante, respetando el manual del fabricante de equipo original.
- Asegúrese de que la cantidad de refrigerante HC que se va a usar sea la permitida para el tamaño de sala determinado. Calcule el área de la sala ocupada por la unidad de interior y compárela con el tamaño de carga de HC. Ver figura siguiente.

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo



Área de piso en m<sup>2</sup>. Tamaños de espacios mínimos para una carga de refrigerante determinada en equipos de aire acondicionado para confort humano (Condición de operación habitacional) y para otros usos (Condición de operación comercial).

- Existe otro criterio establecido en la NMX -J-52-/2-40-ANCE-2014 que se debe tener en cuenta. GG.2 Requisitos para los límites de carga en áreas sin ventilación
- La carga máxima en un cuarto debe realizarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$m_{\max}=2.5 \times (\text{LFL})^{5/4} \times h_0 \times (A)^{1/2}$  o la superficie mínima del área de cuarto  $A_{\min}$  que se requiere para instalar un aparato con carga de refrigerante M (kg) debe realizarse de acuerdo con lo siguiente:

$$A_{\min} = (M (2.5 \times (\text{LFL})^{5/4} \times h_0))^2$$

$m_{\max}$  es la carga máxima permitida en una habitación, en kg;

M es la cantidad de carga de refrigerante en un aparato, en kg;

$A_{\min}$  es la superficie mínima requerida de una habitación, en m<sup>2</sup>;

A es el área del cuarto, en m<sup>2</sup>;

LFL es el límite inferior de inflamabilidad, en kg/m<sup>3</sup>;

$h_0$  es la altura de instalación del aparato, en metros para calcular

$m_{\max}$  o  $A_{\min}$ .

- Una vez que se ha determinado el peso de carga del gas refrigerante, verifique las presiones de trabajo del equipo de aire acondicionado. Para esto es necesario tener la tabla presión temperatura del gas refrigerante hidrocarburo para validar las presiones de trabajo del equipo con base en la temperatura requerida en el recinto o habitación para calibrar la carga del gas refrigerante con condiciones de operación.

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.1. Verificación de las condiciones físicas del equipo

Para llevar a cabo la verificación de condiciones, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

1.



Retiro de empaque de condensador y evaporador. Dicha manipulación se realiza con dos personas, con el fin de asegurar el estado físico del equipo

2.

Verificar los datos y capacidad del evaporador y unidad condensadora con la ficha técnica del fabricante



3.



Revisar que el kit de materiales contenga lo siguiente:

- A) Dos tubos de cobre con longitud de 5 m
- B) Una manguera de desagüe
- C) Base de evaporador
- D) Recubrimiento de vinil
- E) Control remoto
- F) 5 m de cableado de alimentación

## 8.2. Verificación de las condiciones físicas de la instalación

Se procede a verificar el lugar de colocación del condensador y del evaporador del equipo pre-cargado con refrigerante hidrocarburo. Tomando en cuenta que el evaporador se debe de colocar alejado de equipo electrónico y alejado de puertas que puedan generar una mayor carga térmica.

Para la instalación de la unidad condensadora se debe ubicar a una distancia no mayor a 5 metros del evaporador. Si la instalación requiere de una distancia mayor a 5 metros, adicione la cantidad de tubería que se requiera.

Para llevar a cabo la instalación del evaporador se deberán de seguir los siguientes pasos:

**1.**

Ubicar la base del soporte del evaporador buscando mantener una condición de centrado entre el muro de instalación y los muros laterales. Proceda a medir 25 cm inferiores al techo para terminar de ubicar la base de soporte del evaporador



**2.**



Una vez identificado los 25 cm, se toma la base de evaporador para llevar a cabo su nivelación sobre la superficie donde se ubicará

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

**3.**

Marcar perforación donde se introducirá la manguera de desagüe. Nota: verificar que donde se realice la perforación no existan conductos de energía eléctrica o agua



**4.**



Se fija base del evaporador con pijas. Nota: la dimensión de las pijas son de acuerdo con la capacidad y el modelo de cada uno de los evaporadores existentes

### 8.2.1. Conexión de la tubería para el evaporador

Para realizar la conexión de la unidad evaporadora se procederán a realizar los siguientes pasos, tomando en cuenta que al realizar la unión entre tubos se deberá omitir la utilización de cualquier tipo de sellador entre las uniones. Haciendo mención que, para realizar el ajuste de todas las uniones, es necesario empatar la tuerca con la válvula de la unidad condensadora ejerciendo presión necesaria para no dañar las conexiones Usar torquímetro para apretar las tuercas. (ISO-5149)

1.

Se realiza abocinado en cada uno de los tubos del kit de accesorios. Nota: el abocinado deberá de estar más grande para evitar que la tuerca logre salir



2.



Se conectan los tubos que fueron abocinados en los tubos del evaporador. Después se ajustan las tuercas. Nota: los tubos que se conecten deben de responder a las medidas de los tubos provenientes del evaporador

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.2.2. Conexión eléctrica de la unidad evaporadora

Para realizar la conexión eléctrica de la unidad evaporadora de acuerdo con lo estipulado por la NOM-001-SEDE.

Se debe seguir el siguiente criterio de conexión:

Si los colores no coinciden como lo marcan los siguientes pasos, deberá revisar el diagrama eléctrico del equipo.

1.

Se inserta cable de señal en el evaporador



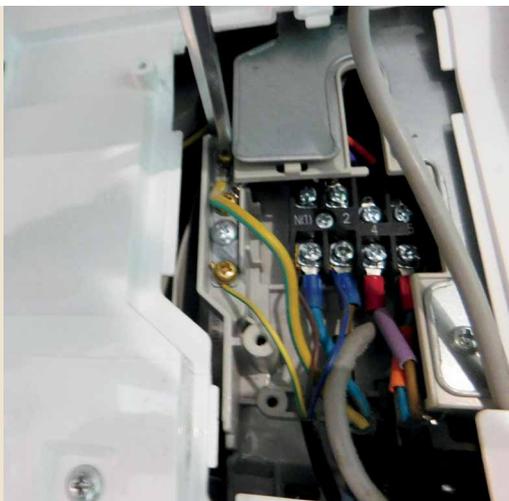
2.

Conectar cables eléctricos de acuerdo con la secuencia que especifique el equipo



**3.**

No olvide conectar el cable de color verde con amarillo en terminal de tierra



**4.**



Una vez que la base de la unidad evaporadora se encuentra totalmente sujeta, las tuberías y el cable de señal conectado, se procede a insertar la unidad evaporadora. Nota: para introducir la unidad evaporadora, es necesario primero introducir tubería y cableado en la perforación realizada

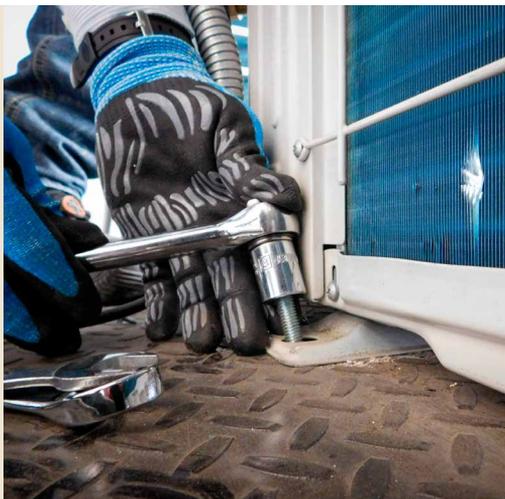
## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.3. Instalación de la unidad condensadora

1.

La condensadora se fija sobre la superficie destinada, colocando tornillos, espárragos o taquetes expansivos. Nota: la condensadora se debe de encontrar inmóvil y se deberán colocar soportes en cada esquina



#### 8.3.1. Conexión eléctrica de la unidad condensadora

Para realizar la conexión eléctrica de la unidad evaporadora de acuerdo con lo estipulado por la NOM-001-SEDE.

La colocación del cableado (código de colores) que se realizó en la unidad evaporadora se debe de realizar de la misma forma en la unidad condensadora.

1.



Se procede a retirar caja protectora del sistema eléctrico

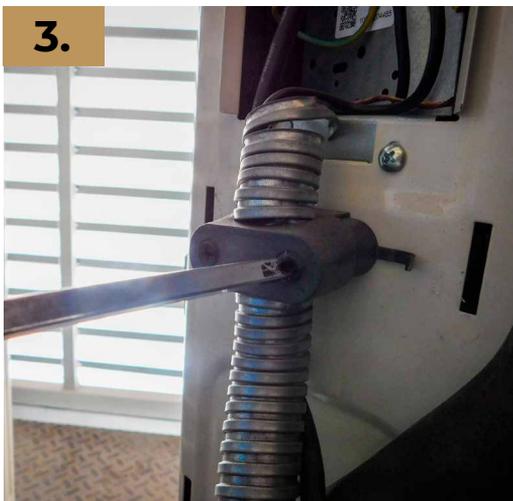
**2.**

Se inserta cable de señal en la unidad condensadora y conectar los cables en la tablilla de la unidad condensadora de acuerdo con el código especificado en el equipo



**3.**

Se coloca abrazadera sujetadora de tubería conduit



## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.3.2. Conexión de tubería de la unidad condensadora

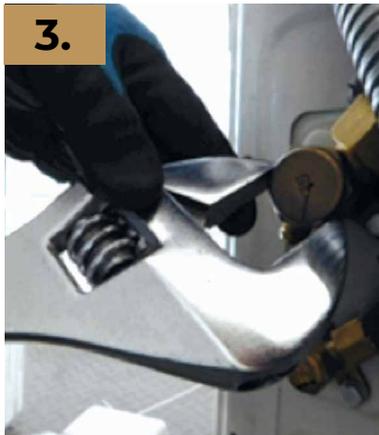


Se retira tapa protectora de válvulas de la unidad condensadora para llevar a cabo la conexión de tubería

**2.**

Verificar cantidad de refrigerante hidrocarburo de acuerdo con el dato de la placa del fabricante

Equipo de Aire Acondicionado			
Modelo	Mini-Slipt para HC		
Voltaje Nominal	220V	Capacidad de Enfriamiento	18000 Btu/h
Frecuencia	60 Hz	Capacidad de Calefacción	18000 Btu/h
Tipo de Clima	T1	Entrada de energía de enfriamiento	1870 W
Peso	37 Kg	Entrada de energía de calefacción	1770 W
Aislamiento	I		
Refrigerante	R-290	Entrada Nominal de Enfriamiento	2250 W
Carga de Refrigerante	0.240 Kg	Entrada Nominal de Calefacción	2400 W
Nivel de presión sonora	55dB (A)	Volumen de flujo de aire	1800 m3/h
Presión máxima permitida para el lado de la descarga			4.3 Mpa
Presión máxima permitida para el lado de succión			2.5 Mpa



Una vez que se hicieron las conexiones de la unidad evaporadora y se retiró la tapa protectora de las válvulas, se procede a realizar la conexión de tubería en la unidad condensadora. Comprobar que las válvulas están completamente cerradas cuando se prueba la presión con nitrógeno. Para el lado de alta presión, el valor de la presión no debe ser menor a la presión de vapor saturada del refrigerante a 50°C y para el lado de baja la presión no debe ser menor a la presión de vapor saturada a 30°C. (NMX-J-521/2-40-ANCE-2014)

**4.**

Se conecta el tubo de baja proveniente de la unidad evaporadora al puerto de la válvula de baja presión en la unidad condensadora.  
Nota: el tubo de mayor diámetro es el tubo de retorno del refrigerante hidrocarburo o tubo de baja presión



**5.**



Se conecta el tubo de alta proveniente de la unidad evaporadora a la salida de alta de la unidad condensadora.  
Nota: el tubo con menor diámetro es el tubo de salida del refrigerante hidrocarburo o tubo de alta presión

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.4. Presurización del sistema

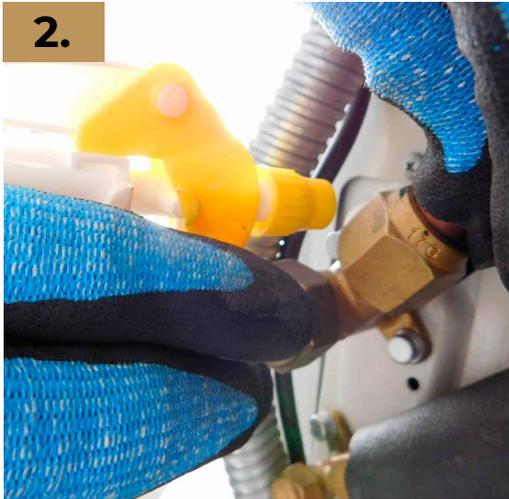
Para asegurarse de que no existan fugas de refrigerante hidrocarburo, es necesario realizar una presurización en el sistema conforme a los siguientes procedimientos.

1.

Calibrar la salida del nitrógeno a 150 psig<sup>14</sup> mediante el manómetro regulador para inyectar el nitrógeno dentro del sistema



2.



Al estar presurizado se revisa que no existan fugas en las uniones con una solución jabonosa aprobada para localizar fugas aplicándolos en cada una de las uniones. Nota: si se presentan fugas en uniones, se procede a realizar un reapriete en la tuerca

<sup>14</sup> Presión de vapor saturada del refrigerante R290 a la temperatura de prueba de 32°C usada en aparatos de clase templada extendida y clase templada. NMX-J-521/2-24-ANCE-2014

### 3.

Una vez corroborado que no existan fugas, se procede a dejar el equipo presurizado un tiempo de reposo de dos horas.  
Nota: se deberá de realizar la notación de presión inicial para realizar la comparativa con la presión final



#### 8.5. Vacío del sistema y liberación de refrigerante hidrocarburo

Para la correcta liberación del refrigerante hidrocarburo, será necesario realizar un vacío en el sistema para después proceder a realizar los pasos correspondientes para la liberación del refrigerante hidrocarburo.

La bomba de vacío no debe funcionar dentro de la zona de seguridad. Debe de estar a una distancia mínima de 2 metros de la unidad condensadora (unidad externa).

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

El R-290 y el R-600a son más pesados que el aire, por lo que al liberarse se acumulan en el piso. Por ello, el detector de HC se debe colocar en el piso.

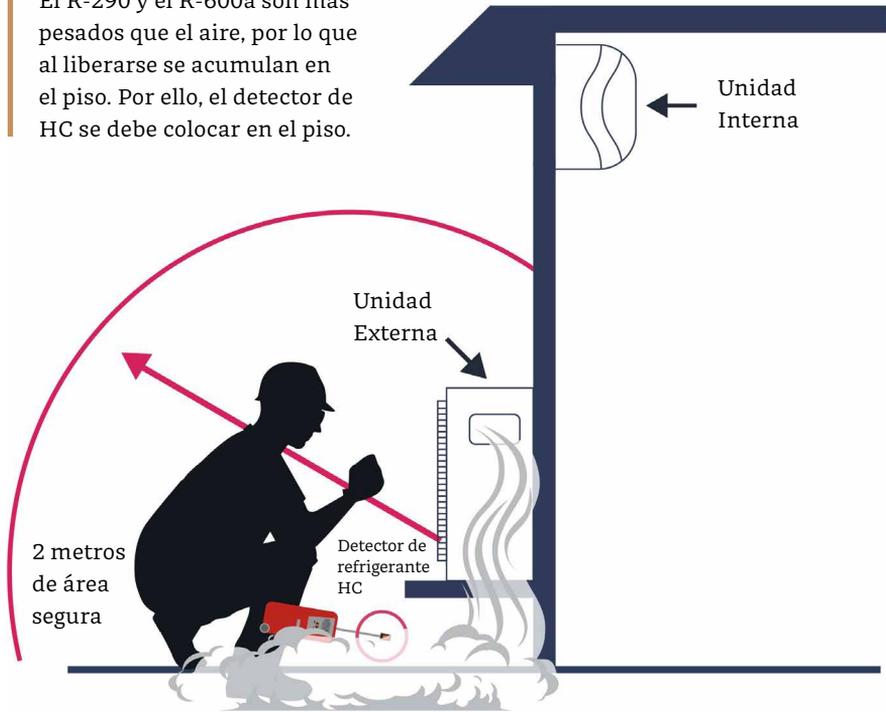


Ilustración 17. Área segura de aire acondicionado

1.



Conectar la manguera del manómetro a la bomba de vacío, deberá estar encendido el ventilador ATEX y de igual modo el detector de refrigerante inflamable

**2.**

Abrir las llaves del manómetro y encender la bomba de vacío afuera de la zona de seguridad.



**3.**



Con la ayuda de un vacuómetro se realiza un vacío a 500 micrones

## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

4.

Una vez que el vacuómetro indique que tiene un vacío de 500 micrones, se procede a realizar el cerrado de las llaves de manómetro y el apagado de la bomba de vacío



5.



Una vez apagada la bomba de vacío, se procede a retirar tapones de válvula de la unidad condensadora

**6.**

Se realiza la apertura de las válvulas de la unidad condensadora para liberar el refrigerante



**7.**

Se verifica que no existan fugas de refrigerante hidrocarburo con el detector de fugas electrónico



## Capítulo 8

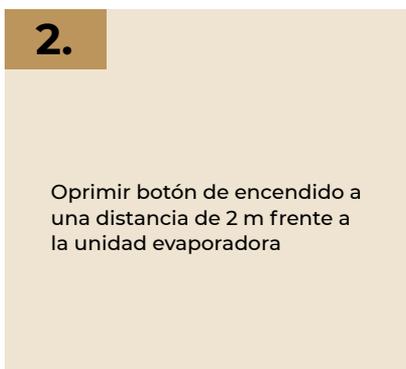
Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.6. Arranque del sistema

Para llevar a cabo el arranque del sistema, se procede a realizar los siguientes pasos.



Tomar control remoto del kit de accesorios y colocarle las pilas



Colocar en modo frío en el control remoto y colocar la temperatura al nivel más bajo

## 8.7. Retiro de elementos

**1.**

Se retiran los manómetros de la unidad condensadora



**2.**

Se coloca tapa protectora de válvulas



## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### 8.8. Bitácora de revisión

HOJA DE SERVICIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN CON REFRIGERANTE HIDROCARBURO	
Amperaje de arranque	Amperaje de trabajo

Fecha:	Responsable	Tipo de servicio

Objeto de revisión	Sí	No
1. Cable de servicio en buen estado		
2. Control de temperatura en buen estado		
3. Funcionamiento correcto de motor ventilador		
4. Arranque de compresor		
5. Condensación en tubo de descarga		
6. Elemento térmico en buen estado		
7. Capacitor en buen estado		
8. Relevador en buen estado		
9. Compresor aterrizado		
10. Residuo de aceite en uniones de tubo		
11. Falta de compresión		

Objeto de cambio	Sí	No
1. Cable de servicio		
2. Control de temperatura		
3. Motor ventilador		
4. Elemento térmico		
5. Capacitor		
6. Relevador		
7. Compresor		
8. Filtro deshidratador		

Objeto por realizar	Sí	No
1. Lavado de sistema		
2. Colocación de sistema lock		
3. Revisión de fugas		
4. Vacío de sistema de refrigeración		
5. Carga de gas hidrocarburo		



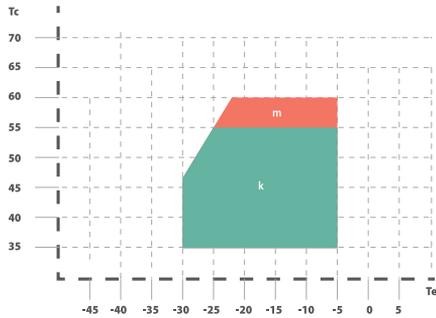
## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

### Gráfica de medición de Pulldown

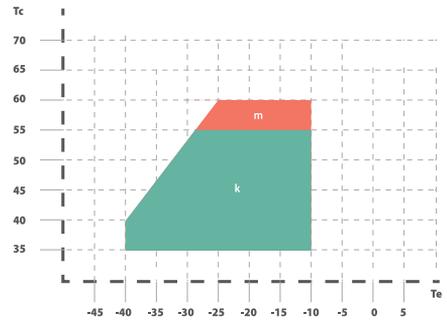
#### L/BP

R134a R600a



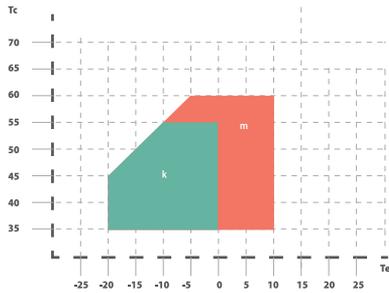
#### L/BP

R404A/R507/R452A R290



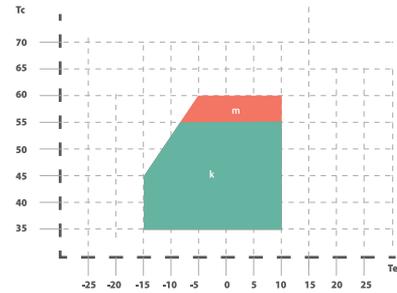
#### MBP

R404A/R507/R452A-R290



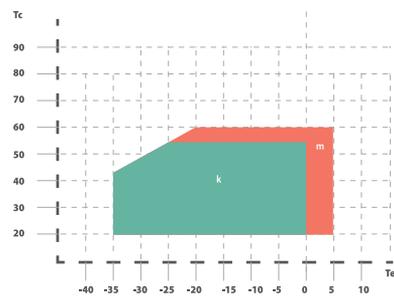
#### HBP

R134a-R600a



#### L/MBP

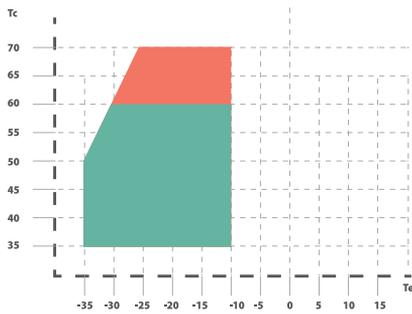
R290



Temperatura Ambiente: 42.7 °C  
Temperatura de Retorno: 32.2 °C

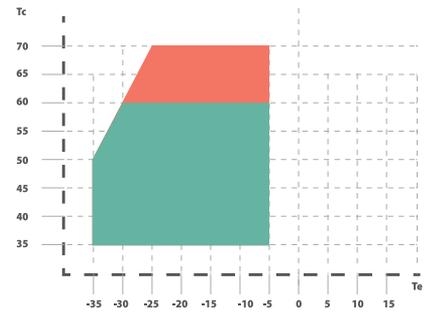
### L/BP

R290 R134a R600a



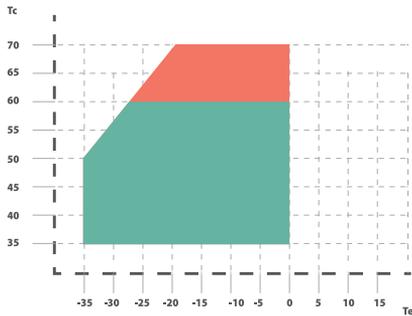
### L/MBP ESTÁNDAR

R290 R134a



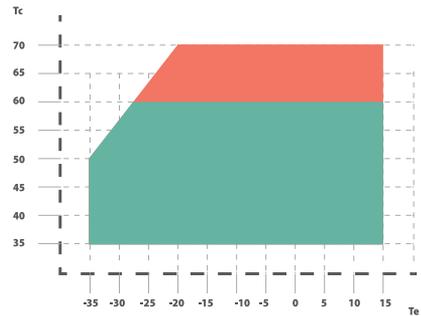
### L/MBP RANGO EXTENDIDO FFUS, EM2 EM3

R290 R134a R600a



### L/MHBP

R134a



## Capítulo 8

Procedimientos para llevar a cabo la instalación de un aire acondicionado con carga de refrigerante hidrocarburo

Columna 1	Columna 2	Evaporacion	Aplicaciones
<b>LBP</b>	Contrapresión baja	Temperatura de evaporación inferior a $-20^{\circ}\text{C}$	Refrigeradores, gabinetes de alimentos congelados, vitrinas de alimentos congelados, vitrinas.
<b>L/MBP</b>	Baja/ Contrapresión media	Temperatura de evaporacion entre $-35^{\circ}\text{C}$ y $0^{\circ}$	Refrigeradores de cocina profesionales, congeladores de helado, enfriadores de botellas, congeladores.
<b>MBP</b>	Contrapresión media	Temperatura de evaporación entre $-20^{\circ}\text{C}$ y $0^{\circ}\text{C}$	Armarios para alimentos frescos, neveras para bebidas, máquinas de hielo.
<b>M/HBP</b>	Media/ Contrapresion alta	Temperatura de evaporación entre $-20^{\circ}\text{C}$ y $+10^{\circ}\text{C}$	Refrigeradores, exhibidores.
<b>HBP</b>	Contrapresión alta	Temperatura de evaporación entre $-15^{\circ}\text{C}$ y $+10^{\circ}\text{C}$	Armarios para alimentos frescos, enfriadores de botellas, deshumidificadores.

● Condición de operación

● Condición transitoria

Tc Temperatura de condensación

k Ambiente y retorno de gas

Te Temperatura de evaporación

m ambiente  $32^{\circ}\text{C}$  y retorno de gas  $20^{\circ}\text{C}$  (por periodo transitorio)

### Cálculo de sobrecalentamiento

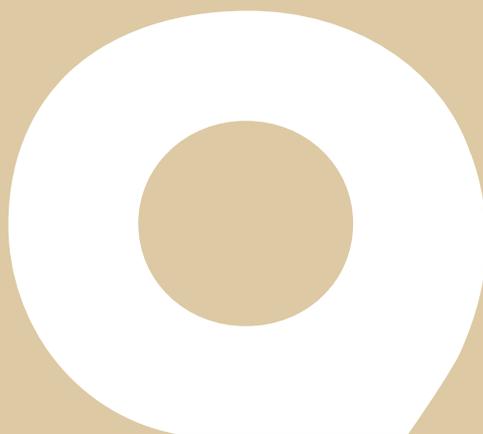
**Fórmula: Temperatura de válvula de expansión - Presión medida (convertir presión medida a temperatura)**

Temperatura de válvula de expansión	Presión de succión	Temperatura
-------------------------------------	--------------------	-------------

### Subenfriamiento

**Fórmula: Temperatura en la entrada del condensador - la temperatura de salida**

Temperatura de condensador	Temperatura de la salida del condensador	Subenfriamiento
----------------------------	--	-----------------



CAPÍTULO



**SEGURIDAD ELÉCTRICA**

### 9. SEGURIDAD ELÉCTRICA

Las corrientes eléctricas, independientemente de cuán pequeños sean los valores y si se encuentran en el lugar de trabajo o en otro lugar, pueden ser suficientes para causar daños graves, como quemaduras (tanto internas como externas), ceguera y una variedad de lesiones relacionadas con caídas. Siendo el peor de los casos la muerte por electrocución. Los trabajadores del sector de refrigeración y aire acondicionado trabajan con y alrededor de la electricidad.

Durante la instalación, el mantenimiento y la reparación de los sistemas de alto y bajo voltaje, los técnicos de servicio están constantemente expuestos a entornos que pueden ser potencialmente peligrosos. Es importante comprender y reconocer los riesgos eléctricos, así como los métodos para prevenir descargas eléctricas, lesiones relacionadas y electrocución.

En promedio en México, un trabajador sufre electrocución todos los días, lo que hace que ésta sea una de las principales causas de muerte en el lugar de trabajo, especialmente entre los trabajadores jóvenes. Más de la mitad de todas las electrocuciones y lesiones eléctricas son sufridas por trabajadores que trabajan en sistemas con voltajes de menos de 600 VCA.

El sentido común dicta que nunca debe tocar innecesariamente cables eléctricos desnudos o conexiones que se sabe que están “energizados”. Si es posible, desconecte y bloquee el interruptor del circuito, de modo que la línea esté muerta antes de trabajar en ella. Si es necesario trabajar con líneas o equipos “energizados”, tome todas las precauciones:

- No trabaje en piezas o líneas “energizadas” a menos que las entienda
- No se pare sobre pisos mojados o tierra
- Mantenga sus manos y guantes secos
- No se apoye contra paredes húmedas o máquinas conectadas a tierra
- No ponga ambas manos sobre partes vivas al mismo tiempo

La reparación y el mantenimiento de los componentes eléctricos deben incluir comprobaciones iniciales de seguridad y los procedimientos de inspección de componentes. Si existe una falla que pueda comprometer la seguridad, entonces no debe haber suministro eléctrico hasta que esta

sea corregida satisfactoriamente. Si la falla no puede ser solucionada de inmediato, pero es necesario continuar con la operación, debe utilizarse una solución temporal adecuada. Esto debe notificarse al propietario del equipo de modo que todas las partes sean avisadas.

Las comprobaciones iniciales de seguridad incluirán:

- Que los condensadores se descarguen: esto se hará de forma segura para evitar la posibilidad de chispas
- Que no hay componentes eléctricos energizados
- Que hay una continuidad de la unión de la Tierra

### 9.1. Clases de protección eléctrica

En la industria de electrodomésticos de fabricación eléctrica, las siguientes clases de aislamiento o IEC de protección se utilizan para diferenciar entre las condiciones de conexión de protección de las tierras de los dispositivos. Aunque están relacionados, no se debe confundir con el grado de aislamiento que se utiliza entre circuitos eléctricos.

#### **Clase 0**

Estos aparatos no tienen conexión de protección de tierra y no cuentan con ningún nivel de aislamiento y estaban destinados para su uso en zonas secas. En la mayoría de los países, la venta de estos aparatos está prohibida hoy en día, ya que una falla podría provocar una descarga eléctrica.

#### **Clase I**

Estos aparatos deben tener todas sus partes metálicas accesibles conectadas a una toma de tierra por un conductor de color amarillo/verde. Un fallo en el aparato, que hace que un conductor con tensión entre en contacto con la carcasa, causará un flujo de corriente en el conductor de tierra; esta corriente puede pasar a través de un interruptor diferencial (interruptor de circuito por falla de tierra), que cortará el suministro de electricidad en el aparato.

Un interruptor de circuito de falla a tierra (GFCI) es un dispositivo que desconecta la carga de la fuente de energía cuando se activa por un desequilibrio entre la corriente de línea y la corriente de neutro. Instalar un GFCI reduce en gran medida sus posibilidades de recibir una descarga eléctrica. Solo se necesita un desequilibrio de corriente muy pequeño (3 a 5 mA), presente durante una fracción de segundo, para disparar un GFCI.

#### **Clase II**

Aparato con doble aislamiento eléctrico que ha sido diseñado de tal forma que no requiere una toma a tierra de seguridad eléctrica. El requisito básico es que una falla simple no puede dar lugar a tensiones peligrosas que podrían causar una descarga eléctrica; esto se logra sin depender de una conexión puesta tierra. Además, esto se consigue normalmente porque tiene dos capas de material aislante que rodea las partes con tensiones peligrosas o utilizando un aislamiento reforzado.

#### **Clase III**

Aparato diseñado para ser suministrado por una fuente de alimentación SELV (por sus siglas en inglés, Separated or Safety Extra-Low Voltage). La tensión de una fuente de SELV es lo suficientemente baja para que, en condiciones normales, una persona pueda entrar en contacto con ella sin correr el riesgo de descarga eléctrica.

## **ACRÓNIMOS**

-**PCG:** Potencial de calentamiento global (global warming potential, GWP). Índice que mide el forzamiento radiativo tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, acumulada durante un horizonte temporal determinado, en comparación con el causado por la sustancia de referencia: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por consiguiente, el PCG representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera y de su eficacia relativa como causantes de forzamiento radiativo. (GTI, III)

-**PAO:** Potencial de agotamiento de la capa de ozono. Son sustancias químicas que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratósfera, lo que genera una afectación a la capa de ozono. Algunas son clorofluorocarbonos (CFC), tetracloruro de carbono, halones, bromuro de metilo y hidroclorofluorocarbonos (HCFC).

## **Estándares relevantes para el manejo seguro de HC IEC60335-2-40**

Se ocupa de la seguridad de las bombas de calor eléctricas, incluidas las bombas de calor de agua caliente sanitaria, los acondicionadores de aire y los deshumidificadores que incorporan motores-compresores y unidades de fan coils hidrónicos, cuyos voltajes nominales máximos no son aparatos monofásicos y 600 V para todos los demás aparatos.

## **EN-378**

Esta norma europea especifica los requisitos para la seguridad de las personas y la propiedad, proporciona orientación para la protección del medio ambiente y establece procedimientos para la operación, mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración y recuperación de refrigerantes.

## **ANSI/ASHRAE 15/34**

El Estándar 15 de ASHRAE establece las medidas para salvaguardar para la vida, las extremidades, la salud y la propiedad y prescribe requisitos de seguridad. El estándar está dirigido a la seguridad de las personas y la propiedad en o cerca de las instalaciones donde se encuentran las instalaciones de refrigeración. Incluye especificaciones para la fabricación de sistemas herméticos, pero no aborda los efectos de las emisiones de refrigerante en el medio ambiente.

Esta norma se aplica a (a) el diseño, construcción, prueba, instalación, operación e inspección de sistemas de refrigeración mecánicos y de absorción, incluidos los sistemas de bomba de calor utilizados en aplicaciones estacionarias; (b) modificaciones, incluida la sustitución de piezas o componentes si no son idénticos en función y capacidad; y (c) sustituciones de refrigerante que tengan una designación diferente.

El Estándar 34 de ASHRAE tiene como objetivo establecer un medio simple de hacer referencia a los refrigerantes comunes en lugar de utilizar el nombre químico, la fórmula o el nombre comercial. Establece un sistema uniforme para asignar números de referencia, clasificaciones de seguridad y límites de concentración de refrigerante a los refrigerantes. La norma también identifica los requisitos para solicitar designaciones y clasificaciones de seguridad para refrigerantes y para determinar los límites de concentración de refrigerante. El estándar proporciona un sistema inequívoco para numerar refrigerantes y asignar prefijos de designación de composición para refrigerantes. Se incluyen clasificaciones de seguridad basadas en datos de toxicidad e inflamabilidad junto con los límites de concentración de refrigerante para los refrigerantes. Esta norma no implica aprobación ni aceptación de que las mezclas de refrigerantes individuales sean adecuadas para una aplicación en particular.

### **ISO-5149-1**

Sistemas de refrigeración y bombas de calor - Seguridad y medio ambiente requisitos

Parte 1: Definiciones, clasificación y criterio de selección

### **NMX-J-521/2-24-ANCE-20141**

Aparatos electrodomésticos y similares – Seguridad – Parte 2-24: Requisitos particulares para aparatos de refrigeración, máquinas para hacer helado y máquinas para hacer hielo.

### **NMX-J-521/2-40-ANCE-20142**

Seguridad en aparatos electrodomésticos y similares – Parte 2-40: Requisitos particulares para bombas de calor, acondicionadores de aire y deshumidificadores.

## ANEXO Tablas de refrigerante saturado

Gas Propano R290	
Temperatura °C	Presión (Bar)
-50	0.7
-48	0.8
-46	0.9
-44	0.9
-42	1
-40	1.1
-38	1.2
-36	1.3
-34	1.4
-32	1.6
-30	1.7
-28	1.8
-26	2
-24	2.1
-22	2.3
-20	2.4
-18	2.6
-16	2.8
-14	3
-12	3.2
-10	3.5
-8	3.7
-6	3.9
-4	4.2
-2	4.5
0	4.7
2	5
4	5.4
6	5.7
8	6
10	6.4
12	6.7
14	7.1
16	7.5
18	7.9
20	8.4
22	8.8
24	9.3
26	9.8
28	10.3
30	10.8
32	11.3
34	11.9
36	12.5
38	13.1
40	13.7
42	14.3
44	15
46	15.7
48	16.4
50	17.1

Gas Isobutano R 600a	
Temperatura °C	Presión (Bar)
-50	0.2
-48	0.2
-46	0.2
-44	0.2
-42	0.3
-40	0.3
-38	0.3
-36	0.4
-34	0.4
-32	0.4
-30	0.5
-28	0.5
-26	0.6
-24	0.6
-22	0.7
-20	0.7
-18	0.8
-16	0.9
-14	0.9
-12	1
-10	1.1
-8	1.2
-6	1.3
-4	1.4
-2	1.5
0	1.6
2	1.7
4	1.8
6	1.9
8	2.1
10	2.2
12	2.4
14	2.5
16	2.7
18	2.8
20	3
22	3.2
24	3.4
26	3.6
28	3.8
30	4
32	4.3
34	4.5
36	4.8
38	5
40	5.3
42	5.6
44	5.9
46	6.2
48	6.5
50	6.8

---

**Hydrocarbon Refrigerants**

A Study Guide for Service Technicians

Third Edition

Refrigeration Service Engineers Society

**Operation of split air conditioning systems with hydrocarbon refrigerant**

A conversion guide for technicians, trainers and engineers.

GIZ & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety



**GOBIERNO DE  
MÉXICO**

**MEDIO AMBIENTE**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

