

MANUAL

BUENAS PRÁCTICAS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN QUE UTILIZAN REFRIGERANTES INFLAMABLES

PROYECTO FASE II
“PLAN DE GESTIÓN PARA LA ELIMINACIÓN DE LOS HCFC” (HPMP)



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Multilateral Fund
for the Implementation of the Montreal Protocol





ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Multilateral Fund
for the Implementation of the Montreal Protocol



MANUAL

BUENAS PRÁCTICAS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN QUE UTILIZAN REFRIGERANTES INFLAMABLES

PROYECTO FASE II

“PLAN DE GESTIÓN PARA LA ELIMINACIÓN DE LOS HCFC” (HPMP)

"BUENAS PRÁCTICAS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN QUE UTILIZAN REFRIGERANTES INFLAMABLES"

Proyecto Fase II "Plan de Gestión Para la Eliminación de los HCFC" (HPMP)

Financiamiento:

Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal

Agencia implementadora:

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Coordinación técnica:

Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente de Chile

Redacción:

Germán P. Fuentes Durán

Revisión técnica:

Alberto Albert

Edición y revisión general:

Lorena Alarcón Reyes y Dolores González Puchi

Diseño y diagramación:

Oficina de Comunicaciones del Ministerio del Medio Ambiente

Fecha de publicación:

abril 2021

Esta publicación fue realizada en conjunto entre el Ministerio del Medio Ambiente de Chile, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI y el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal

INDICE DE CONTENIDO

PRÓLOGO – UNIDAD OZONO DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.....	7
PRÓLOGO – ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL.....	8
INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVOS Y CAMPO DE APLICACIÓN	12
CAPÍTULO 1- TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	13
1.1. DEFINICIONES.....	14
1.2. TÉRMINOS ABREVIADOS.....	18
CAPÍTULO 2- LOS GASES REFRIGERANTES Y EL MEDIO AMBIENTE	19
2.1. CAPA DE OZONO	20
2.2. CALENTAMIENTO GLOBAL	20
2.3. ENMIENDA DE KIGALI	21
CAPÍTULO 3- CLASIFICACIONES.....	22
3.1. CLASIFICACIÓN DE REFRIGERANTES	23
3.1.1. DENOMINACIÓN	23
3.1.2. CLASIFICACIÓN POR GRUPOS DE SEGURIDAD	23
3.1.2.1. TOXICIDAD	24
3.1.2.2. INFLAMABILIDAD.....	25
3.1.2.3. GRUPOS DE SEGURIDAD	26
3.1.3. TEMPERATURA DE EBULLICIÓN.....	27
3.1.4. ORIGEN	27
3.1.5. COMPORTAMIENTO EN EL CAMBIO DE FASE	27
3.1.5.1. PUROS.....	27
3.1.5.2. MEZCLAS	27
3.2 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.....	31
3.2.1 TIPO Y CANTIDAD DE REFRIGERANTE	31
3.2.2 TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN	31
3.2.3 APLICACIÓN	32
3.2.3.1 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	32
3.2.3.2 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	33
CAPÍTULO 4- CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS INFLAMABLES	34
CAPÍTULO 5- EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS	38
CAPÍTULO 6- APLICACIÓN SEGURA DE LOS REFRIGERANTES INFLAMABLES	43
CAPÍTULO 7- ZONA TEMPORALMENTE INFLAMABLE	45

CAPÍTULO 8- FUENTES DE IGNICIÓN.....	50
8.1. SUPERFICIE CON ALTA TEMPERATURA.....	51
8.2. COMPONENTES ELÉCTRICOS	52
8.3. LLAMAS ABIERTAS	52
8.4. ELECTRICIDAD ESTÁTICA.....	53
8.5. EQUIPOS MECÁNICOS.....	53
CAPÍTULO 9- ETIQUETADO DE SISTEMAS	54
CAPÍTULO 10- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CILINDROS REFRIGERANTES.....	56
10.1. MANIPULACIÓN	57
10.2. ALMACENAMIENTO	58
CAPÍTULO 11- SEGURIDAD PREVIA Y DURANTE EL SERVICIO DE SISTEMAS QUE UTILIZAN REFRIGERANTES INFLAMABLES.....	59
11.1. PREVIO AL SERVICIO	61
11.2. DURANTE EL SERVICIO.....	62
CAPÍTULO 12- UNIONES DE TUBERÍAS Y COMPONENTES	63
12.1. UNIONES NO DESMONTABLES (SOLDADURA FUERTE)	64
12.2. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE UNIÓN	65
CAPÍTULO 13- UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO PARA PROCEDIMIENTOS DE SERVICIO.....	66
CAPÍTULO 14- PROCEDIMIENTO DE VACÍO.....	68
14.1. EJECUCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	69
CAPÍTULO 15- CARGA DE REFRIGERANTE	71
CAPÍTULO 16- MANTENCIÓN DE SISTEMAS QUE UTILIZAN HIDROCARBUROS COMO REFRIGERANTE	74
16.1. LUGAR PARA REALIZAR EL PROCEDIMIENTO	75
16.2. LIBERACIÓN DE REFRIGERANTE AL AMBIENTE (VENTEO).....	75
16.3. MANTENCIÓN CORRECTIVA	76
16.3.2. SUSTITUCIÓN DEL COMPRESOR.....	77
CAPÍTULO 17- MANTENCIÓN DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO QUE UTILIZAN R-32	79
17.1. CONSIDERACIONES RELEVANTES PARA LA MANTENCIÓN DE SISTEMAS.....	80
CAPÍTULO 18- MANTENCIÓN DE SISTEMAS QUE UTILIZAN R-1234yf EN APLICACIONES MÓVILES.....	82
18.1. CILINDROS DE REFRIGERANTE QUE CONTIENEN R-1234yf.....	84
18.2. IDENTIFICANDO EL R-1234yf	85
18.3. PUERTOS DE SERVICIO	85
18.4. DETECTOR DE FUGAS ELECTRÓNICO	85
18.5. FLUIDOS TRAZADORES PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS	86
18.6. MÁQUINA PARA RECUPERACIÓN/RECICLAJE/CARGA DE REFRIGERANTE	86
18.7. CARGAS CRÍTICAS.....	86

18.8. PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD ESPECÍFICOS PARA SISTEMAS QUE UTILIZAN R-1234yf	86
18.9. CONSIDERACIONES IMPORTANTES EN LA MANTENCIÓN DE UN SISTEMA QUE UTILIZA R-1234yf	88
CAPÍTULO 19- PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS	89
19.1. PREPARACIÓN GENÉRICA DE UN PLAN DE EMERGENCIA	90
CAPÍTULO 20- RESPONSABILIDADES DEL PRESTADOR TÉCNICO DE SERVICIO Y TITULAR DEL SISTEMA	91
20.1. PRESTADOR TÉCNICO DE SERVICIO	92
20.1.1. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA.....	92
20.1.2. MANTENCIÓN DE UN SISTEMA	92
20.1.3. MEDIOS TÉCNICOS	93
20.2. RESPONSABILIDAD DEL TITULAR DE UN SISTEMA	111
CAPÍTULO 21- LIMITACIÓN DE LA CARGA DE REFRIGERANTE INFLAMABLE EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DESTINADO AL CONFORT HUMANO	112
21.1. FÓRMULA PARA EL CÁLCULO	113
21.2. SUPERFICIE MÍNIMA REQUERIDA.....	117
CAPÍTULO 22- ANEXO INFORMATIVO.....	120
22.1. TEORÍA BÁSICA DEL FUEGO	121
22.2. COMPOSICIÓN DEL AIRE ATMOSFÉRICO.....	123
CAPÍTULO 23- DESIGNACIÓN DE LOS REFRIGERANTES PUROS, MEZCLAS ZEOTRÓPICAS (SERIE 400) Y MEZCLAS AZEOTRÓPICAS (SERIE 500, SEGÚN NORMA ISO 5149-1:2014	124
CAPÍTULO 24- BIBLIOGRAFÍA.....	134

PRÓLOGO

UNIDAD OZONO DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

La capa de ozono es el escudo protector del planeta que, a nivel de la estratósfera, evita el paso de la radiación ultravioleta dañina (UV-B) que proviene del sol, la cual tiene efectos negativos en las personas y el medio ambiente. Entre estos se encuentran el aumento de los riesgos de cáncer de piel, cataratas y debilita el sistema inmunológico; así también, puede disminuir el crecimiento de plantas, afectar a organismos unicelulares y sistemas acuáticos.

Existen sustancias que al ser liberadas a la atmósfera provocan un debilitamiento en la capa de ozono, y bajo esta problemática, es que Chile es parte del Protocolo de Montreal, uno de los acuerdos internacionales más exitosos, que tiene por objetivo reducir la producción y consumo de las sustancias que agotan la capa de ozono.

En el marco del Protocolo de Montreal, Chile se ha comprometido a reducir el consumo (importaciones) de los HCFC respecto de la línea base, en un 45% para el año 2020 y en un 65% en el año 2021. Situación que va de la mano con la implementación de la Fase II del “Plan de Gestión para la Eliminación de los HCFC en Chile” HPMP, ejecutado por la Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), como agencia implementadora.

Una de las sustancias que agota la capa de ozono es el HCFC-22 ó R-22, la que continúa utilizándose a nivel nacional como gas refrigerante en los sectores de refrigeración y climatización. Entre las alternativas que tienen menor impacto negativo en el medio ambiente, se encuentran los hidrocarburos y los HFO, ambos en mayor o menor magnitud refrigerantes inflamables. En virtud de lo cual, es relevante aplicar las medidas adecuadas para su correcta utilización, considerando su potencial demanda y teniendo en cuenta la importancia de la cadena de frío en nuestro país.

Este Manual es una herramienta que el HPMP, bajo su línea estratégica “Programa de apoyo al sector de refrigeración (servicios)”, pone a disposición de las personas vinculadas al sector refrigeración y climatización, con el objetivo de fomentar y promover las buenas prácticas en el sector, y a su vez fortalecer las capacidades técnicas, contribuyendo al desarrollo sustentable del país.

Atentamente
Unidad Ozono
Ministerio del Medio Ambiente

PRÓLOGO

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Para promulgar el Desarrollo Industrial Inclusivo y Sostenible para (ISID) propuesto en el Objetivo de Desarrollo Sustentable (ODS) 9, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) busca capturar los "nexos" positivos entre los factores multi-dependientes que definen los caminos actuales de desarrollo económico y ambiental y que facilitan sus interacciones positivas y sinergias a todos los niveles. Esto es lo que necesitamos para reconciliar las necesidades de expansión de la economía y de la prosperidad con la sostenibilidad de las generaciones futuras.

Desde una perspectiva ISID, al observar la relación de la industria con el medio ambiente, el problema fundamental a resolver es la desvinculación del crecimiento de la industria con el uso no sostenible de los recursos y su impacto negativo sobre el medio ambiente y el clima. Actualmente, la industria representa más de un tercio del consumo mundial de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero y está destinada a impulsar el crecimiento de la demanda energética mundial en las próximas décadas. Esta acción es una prioridad conjunta para Chile y los países que han ratificado la Enmienda de Kigali, y las agencias Implementadores del Protocolo de Montreal, como la ONUDI, que proveen asistencia técnica.

Con el fin de lograr el desarrollo sostenible, las metas de Acuerdo de París y la Enmienda de Kigali, alcanzado los objetivos de mitigación del cambio climático establecidos por la comunidad internacional, el sector de la refrigeración tendrá que evitar fugas de las sustancias reguladas, optar por un reemplazo paulatino por sustancias con bajo poder de calentamiento global, y mejorar su eficiencia energética significativamente. Si bien el desafío es importante, existen políticas, tecnologías, mejores prácticas y otros instrumentos a los que los técnicos y usuarios, los responsables de las políticas públicas pueden recurrir a fin de encontrar apoyo y para poder poner en práctica esas metas. Lo que se necesita en forma inmediata en la realidad, y el mayor desafío, es difundir e implementar en todo el mundo las mejores tecnologías y prácticas de refrigeración disponibles, compartiendo conocimientos, creando capacidades, y fomentando cooperaciones.

El presente Manual pretende ser una contribución concreta en el sentido de estos esfuerzos de difusión en Chile de las buenas prácticas en refrigeración disponibles. Mediante la adopción de estas recomendaciones, este podrá contribuir a la mejor operación de un sistema de refrigeración, ayudando a sus clientes a una operación más eficiente, y protegiendo al planeta. Le deseo que su formación sea provechosa y esta manual una guía en sus actividades.

Ole Nielsen
Jefe de la División de Protocolo de Montreal
ONUDI

Descargo de responsabilidad: este documento se ha elaborado sin una edición formal de las Naciones Unidas. Las designaciones empleadas y la presentación del material en este documento no implican la expresión de opinión alguna por parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, o de sus autoridades, o respecto a la delimitación de sus fronteras o límites, o de su sistema económico o grado de desarrollo. Las designaciones como "desarrollado", "industrializado" y "en desarrollo" están destinadas a la conveniencia estadística y no necesariamente expresan 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 de la ONUDI.

Disclaimer: This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as "developed", "industrialized" and "developing" are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.



INTRODUCCIÓN

La industria de la refrigeración y climatización está experimentando un cambio significativo referente a la utilización de nuevos refrigerantes. Actualmente la industria ha desarrollado numerosas aplicaciones de sistemas de refrigeración y climatización utilizando refrigerantes naturales, como respuesta al fuerte impacto ambiental que ha generado la liberación de refrigerantes sintéticos a la atmósfera. La utilización de R-744, R-717 e hidrocarburos, tales como el R-290 y R-600a, ha ido en aumento, siendo en la actualidad una real alternativa a la utilización de refrigerantes sintéticos, ya que no dañan la capa de ozono y su aporte al calentamiento global es despreciable. Por otro lado, la industria química y algunos fabricantes de sistemas han respondido mediante la propuesta de utilizar refrigerantes sintéticos de bajo calentamiento global, tales como el R-32 (HFC) y los HFO, refrigerantes sintéticos que presentan algún grado de inflamabilidad.

El mayor riesgo al utilizar refrigerantes inflamables está en la instalación y mantención de un sistema. El presente manual pretende construir capacidades en los prestadores técnicos de servicios, involucrando a titulares del sistema, con el objetivo de minimizar los riesgos, entendiendo que este tipo de refrigerantes serán utilizados cada vez más en los distintos sistemas de refrigeración y climatización.

La dinámica del mercado, y los esfuerzos de fabricantes de componentes y sistemas, han resultado en utilizar refrigerantes inflamables en aplicaciones que hace unos años atrás era impensado. Por lo cual, es importante que los prestadores técnicos de servicios actualicen constantemente sus conocimientos referentes a las distintas normativas que los rigen.

El objetivo del presente manual es entregar mediante la aplicación de buenas prácticas y de acuerdo a la Norma Chilena de Refrigeración NCh3301:2017, recomendaciones para la instalación y mantención de sistemas de refrigeración y climatización, terminados en fábrica, que utilizan refrigerantes inflamables. Además, son incluidas clasificaciones y definiciones, información valiosa para la formación académica de profesionales pertenecientes al área de refrigeración y aire acondicionado.

Esperamos que el presente manual sea el inicio de la construcción y fortalecimiento de capacidades técnicas en los distintos niveles de formación y ámbito laboral, resultando en procedimientos técnicos seguros, equipos funcionales y energéticamente eficientes.

Mayor información sobre la Norma Chilena de Refrigeración NCh3241:2017 en el sitio web del INN, www.inn.cl
(enlace directo para su adquisición)
<https://ecommerce.inn.cl/nch3241201762524>.

Objetivos y campo de aplicación

- Entregar recomendaciones para la instalación y mantención de sistemas de refrigeración y climatización terminados en fábrica.
- Las especificaciones técnicas realizadas por fabricantes de sistemas terminados en fábrica pueden ser complementadas por las recomendaciones indicadas en este manual.
- El presente manual no se antepone a las especificaciones técnicas indicadas por fabricantes de componentes y sistemas. El prestador técnico de servicio y/o usuario final deben utilizar dicha información como base en los distintos procesos.
- El alcance se extiende a sistemas clasificados como Tipo VIII, según Norma Chilena de Refrigeración NCh3241:2017.

· CAPÍTULO 1

· **TÉRMINOS Y DEFINICIONES**



1.1. DEFINICIONES

- ① **Acondicionamiento de aire para el bienestar humano:** Procesamiento del aire (Ejemplo: circulación, filtrado, enfriamiento, etc.), con el objetivo de satisfacer los requerimientos de bienestar de los ocupantes de un recinto.
- ② **Carga de refrigerante:** Cantidad de refrigerante correcta para un funcionamiento adecuado del sistema. En el caso de sistemas terminados en fábrica, dicha cantidad es especificada en placas características o información técnica. En sistemas terminados en su lugar de emplazamiento, debe ser estimada mediante cálculos iniciales y comprobada por la evaluación del sistema.
- ③ **Componentes frigoríficos:** Componentes que constituyen un sistema de refrigeración (Ejemplo: compresor, condensador, dispositivo de expansión, evaporador, etc.).
- ④ **Detector de refrigerante:** Dispositivo que según un método específico detecta la presencia de un refrigerante.
- ⑤ **Eliminación de refrigerante:** Entrega de refrigerante a un gestor de residuos autorizado (Centro de regeneración) para su destinación final, bien por estar prohibido o por ser imposible su reutilización.
- ⑥ **Formulación en el peor de los casos, en inglés WCF (worst case formulation):** Composición que resulta de la aplicación de las tolerancias a la composición nominal resultando en la formulación más tóxica o más inflamable.
- ⑦ **Formulación fraccionada en el peor de los casos, en inglés WCFF (worst case fractionated formulation):** Composición producida durante el fraccionamiento de la formulación en el peor de los casos que da lugar a la formulación más tóxica o más inflamable.
- ⑧ **Límite de exposición ocupacional, en inglés OEL (occupational exposure limit):** La concentración promedio ponderada en el tiempo, para un día normal de trabajo de ocho horas y una semana de 40 horas, donde casi todos los trabajadores pueden ser expuestos repetidamente a una concentración de refrigerante determinada, sin efectos adversos.
- ⑨ **Límite de Exposición de Toxicidad Aguda, en inglés ATEL (acute toxicity exposure limit):** Máxima concentración de refrigerante recomendada destinada a reducir los riesgos de una peligrosa intoxicación aguda de las personas en caso de fuga de refrigerante.
- ⑩ **Límite práctico:** Concentración utilizada para determinar de forma simplificada la cantidad máxima aceptable de refrigerantes en un espacio ocupado.

- ⑪ **Limpieza del circuito frigorífico, en inglés Flushing:** Procedimiento para la extracción de las sustancias indeseadas presentes en el interior de un sistema de refrigeración, las cuales producen una potencial falla a mediano – corto plazo (Ejemplo: ácidos, humedad, partículas sólidas, etc.).
- ⑫ **Mezcla azeotrópica:** Mezcla de fluidos refrigerantes (Familia 500 según ASHRAE 34) cuyas fases de vapor y líquido en equilibrio, poseen la misma composición a una presión determinada.
- ⑬ **Mezcla zeotrópica:** Mezcla de fluidos refrigerantes (Familia 400 según ASHRAE 34) cuyas fases de vapor y líquido en equilibrio, poseen distinta composición a una presión determinada.
- ⑭ **Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO), en inglés ODP (ozone depletion potencial):** Parámetro adimensional que mide el potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico de una sustancia química, en comparación con el impacto de una masa similar de CFC-11 (PAO=1).
- ⑮ **Potencial de calentamiento global (PCG), en inglés GWP (global warming potencial):** Parámetro adimensional que mide el potencial de calentamiento global de toda sustancia liberada a la atmósfera, utilizando como referencia el CO₂ (PCG = 1). Cuando el tiempo de integración es de 100 años, se indica como PCG 100 años.
- ⑯ **Prestador técnico de servicio:** Empresa o persona natural que realiza instalaciones y/o mantenciones para sistemas de refrigeración y climatización.
- ⑰ **Procedimiento de vacío:** Proceso donde se extrae la humedad y los gases no condensables del interior de un sistema de refrigeración, posterior a su instalación o mantención, y antes de realizar la carga de refrigerante.
- ⑱ **Reciclaje de refrigerante:** Procedimiento básico de reducción de contaminantes existentes en un refrigerante, así como filtrado y deshidratación, efectuado usualmente en el lugar de emplazamiento del sistema, mediante equipos adecuados. El objetivo del proceso es la reutilización del refrigerante en el mismo sistema o en otro similar.
- ⑲ **Recuperación de refrigerante:** Acción de extraer el refrigerante de un sistema en cualquier condición y almacenarlo en un cilindro de recuperación.
- ⑳ **Refrigerante natural:** Refrigerante formado por compuestos químicos que se encuentran en la naturaleza (ejemplo: propano, amoníaco y dióxido de carbono).

- 21 **Refrigerante puro:** Refrigerante de compuesto único (no es mezcla) que mantiene su temperatura constante en el cambio de fase, a una presión determinada.
- 22 **Refrigerante sintético:** Refrigerante fabricado con base en diversos compuestos químicos, que no se encuentran en la naturaleza (Ejemplo: CFC, HCFC, HFC, HFO, etc.)
- 23 **Regeneración de refrigerante:** Tratamiento destinado a reutilizar el refrigerante mediante procedimientos que pueden incluir el filtrado, deshidratación, destilación y tratamiento químico, con el objetivo de cumplir con las especificaciones de un producto nuevo.
- 24 **Reutilización de refrigerante:** Empleo de refrigerante (s) usado (s) en un sistema de refrigeración (el mismo y/u otro distinto) posterior a su recuperación (si aplica), reciclaje o regeneración (se debe asegurar que el refrigerante cumpla con la pureza adecuada).
- 25 **Sector de alta presión:** Parte del sistema de refrigeración que trabaja a una presión similar a la presión de condensación.
- 26 **Sector de baja presión:** Parte del sistema de refrigeración que trabaja a una presión similar a la presión de evaporación.
- 27 **Sistemas de refrigeración y climatización; sistema:** Conjunto de componentes interconectados con tuberías, los cuales contienen refrigerante y constituyen un circuito frigorífico cerrado.
- 28 **Sistemas terminados en fábrica:** Sistemas de refrigeración, para los cuales, es necesario únicamente disponer de suministros para su funcionamiento (Ejemplo: energía eléctrica, agua, etc.). No requieren ser cargados con refrigerante en su lugar de emplazamiento (Ejemplo: refrigeradores domésticos, fabricadoras de hielo, aire acondicionado del tipo ventana, etc.).
- 29 **Titular del sistema:** Persona natural o jurídica, propietaria o usuaria de un sistema.
- 30 **Toxicidad:** Propiedad de una sustancia que la hace nociva o letal para personas y animales, debido a una exposición intensa o prolongada por contacto, inhalación o ingestión. No se considera nocivo todo malestar temporal que no perjudica a la salud.

- 31 **Unión abocardada:** Unión metálica a presión, en la cual se realiza un ensanchamiento cónico en el extremo del tubo.
- 32 **Unión por soldadura fuerte:** Unión obtenida por ensamblado de partes metálicas mediante aporte de aleaciones que se funden a una temperatura superior o igual a 450 °C.
- 33 **Uniones por soldadura blanda:** Unión obtenida por ensamblado de partes metálicas mediante mezcla de metales o aleaciones que se funden a una temperatura inferior a 450 °C e igual o superior a 220 °C.

1.2. TÉRMINOS ABREVIADOS

- **ANSI:** American National Standard Institute (Instituto Nacional Americano de Normalización)
- **ATEL:** Acute Toxicity Exposure Limit (Límite de Exposición de Toxicidad Aguda)
- **ASHRAE:** American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado)
- **CFC:** Clorofluorocarbono
- **COP:** Coefficient Of Performance (coeficiente de rendimiento)
- **HC:** Hidrocarburo
- **HCFC:** Hidroclorofluorocarbono
- **HFC:** Hidrofluorocarbono
- **HFO:** Hidrofluoroolefina
- **HOC:** Heat of Combustion (calor de combustión)
- **LFL:** Lower flammability limit (Límite inferior de inflamabilidad)
- **PAO:** Potencial de agotamiento de la capa de ozono
- **PCG:** Potencial de calentamiento global
- **SAO:** Sustancia agotadora de la capa de ozono
- **TEWI:** Total Equivalent Warming Impact (impacto total equivalente de recalentamiento)
- **TLV:** Threshold Limit Value (concentración máxima permisible)
- **TWA:** Time- Weighted Average (concentración ponderada en el tiempo)
- **UFL:** Upper flammability limit (Límite superior de inflamabilidad)
- **WCF:** Worst Case Formulation (formulación el peor de los casos)
- **WCFF:** Worst Case Fractionated Formulation (formulación fraccionada en el peor de los casos)

· CAPÍTULO 2
· **LOS GASES**
· **REFRIGERANTES Y EL**
· **MEDIO AMBIENTE**



2.1. CAPA DE OZONO

La vida en la tierra se ha salvaguardado debido a una capa protectora compuesta de ozono (O_3). Esta actúa como un escudo para proteger la tierra contra la radiación ultravioleta dañina proveniente del sol, absorbiendo la mayor parte de la peligrosa radiación UV-B. De otro modo, aumentaría el riesgo de que altos niveles de radiación UV penetren en la tierra, lo que daría lugar a una mayor incidencia de cáncer de piel y cataratas oculares, afectaría los sistemas inmunológicos y tendría efectos negativos en las cuencas hidrográficas, tierras agrícolas y bosques.

Existen sustancias químicas artificiales, como los HCFC (hidroclorofluorocarbonos), usados principalmente como refrigerantes, que al ser emitidos a la atmósfera, son responsables de la disminución de la capa ozono. Por tanto, los sistemas de refrigeración y climatización que contienen HCFC como refrigerante contribuyen, en caso de fuga o liberación, a la destrucción de la capa de ozono.

El potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) es un índice relativo, el cual indica el grado que una sustancia química puede aportar a la disminución de la capa ozono. El nivel de referencia es 1, perteneciente al PAO del R-11 (CFC-11).

2.2. CALENTAMIENTO GLOBAL

Cuando la radiación solar en forma de luz visible llega a la tierra, una parte es absorbida por la atmósfera, y otra parte es reflejada por las nubes y otras superficies, como desiertos y zonas nevadas. Mientras que la atmósfera es relativamente transparente a la radiación solar, la radiación infrarroja es absorbida en la atmósfera por una serie de gases presentes en pequeñas cantidades. Estos gases actúan como una manta, previniendo que gran parte de la radiación infrarroja escape directamente al espacio. Al retardar la liberación de la radiación infrarroja, estos gases generan un calentamiento en la superficie de la tierra, fenómeno conocido como efecto invernadero.

El Potencial del Calentamiento Global (PCG) es un índice que compara el efecto de calentamiento en el tiempo (100 años) de diferentes gases en relación al CO_2 . Los refrigerantes HFC no contienen cloro, y de esta manera, no destruyen la capa de ozono, pero contribuyen significativamente al calentamiento global. Por esta razón, se encuentran en el grupo de los gases controlados por el Protocolo de Montreal (Enmienda de Kigali). Por ejemplo: un kilogramo de R-507A (refrigerante HFC) tiene aproximadamente el mismo efecto sobre la radiación como 3.990¹ kilogramos de CO_2 .

.....
¹ Información tomada del 4º informe de evaluación del IPCC de 2007

Los sistemas de refrigeración y climatización contribuyen al calentamiento global tanto de forma directa (emisión de refrigerante por una fuga) e indirecta (gases de efecto invernadero liberados por la producción de energía utilizados por los mismos en su vida útil).

Las emisiones directas de los refrigerantes como gases de efecto invernadero pueden ocurrir durante su fabricación, uso (productos y procesos) o al final de su vida útil (o del sistema que los contiene). Por lo tanto, es necesario evaluar sus emisiones durante todo su ciclo de vida. Destacando que, en la actualidad, existe una gran cantidad de refrigerantes halogenados en banco, vale decir, contenidos en sistemas operativos. Es importante considerar que las potenciales emisiones de los bancos podrían contribuir significativamente al calentamiento global en el futuro.

2.3. ENMIENDA DE KIGALI

Con la entrada en vigor de la Enmienda de Kigali a partir del 1 de enero de 2019, que es la última Enmienda al Protocolo de Montreal, se da un paso importante en los esfuerzos para reducir drásticamente los gases de efecto invernadero y limitar el calentamiento global. Con su implementación, la Enmienda Kigali puede evitar hasta 0,4 °C de calentamiento global a fines de este siglo, mientras se continúa protegiendo la capa de ozono. En ese sentido, la enmienda contribuirá sustancialmente a los objetivos planteados en el Acuerdo de París.

La Enmienda contempla reducir la producción y consumo de HFC, refrigerantes alternativos a las SAO (CFC y HCFC), de acuerdo con el siguiente calendario:

Tabla 1
**Calendario para la
reducción de HFC en
Chile**

Fuente: Elaboración propia
en base a Enmienda de
Kigali

CRONOGRAMA PARA LA REDUCCIÓN CONSUMO (IMPORTACIONES) DE HFC SOBRE LA LÍNEA BASE	
2020 – 2022 HFC + 65% LB HCFC	Línea base
2024	Congelación consumo al nivel de la línea base
A partir del 1 de enero de 2029	Reducción del 10%
A partir del 1 de enero de 2035	Reducción del 30%
A partir del 1 de enero de 2040	Reducción del 50%
A partir del 1 de enero de 2045	Reducción del 80%

CAPÍTULO 3

CLASIFICACIONES



Las siguientes clasificaciones son contenidas en la Norma Chilena – NCh3301:2017 “Sistemas de refrigeración y climatización que utilizan refrigerantes inflamables – Buenas prácticas para instalación y mantención”. Instituto Nacional de Normalización (INN).

3.1. CLASIFICACIÓN DE REFRIGERANTES

3.1.1. Denominación

Los refrigerantes se denominarán por su fórmula, por su denominación química o por su denominación simbólica alfanumérica, no siendo suficiente en ningún caso, su nombre comercial.

Los nombres químicos de los refrigerantes son generalmente largos y complejos. Con el objetivo de crear una forma sencilla para su designación, fue desarrollado un método de identificación por números y letras, basado en la clasificación del estándar ASHRAE 34, el cual fue posteriormente adoptada internacionalmente.

Las mezclas de refrigerantes son designadas en función de su comportamiento en el cambio de fase, serie 400 para mezclas zeotrópicas y 500 para mezclas azeotrópicas, siendo asignado un número completamente arbitrario. Adicionalmente al final de la numeración, es agregada una letra mayúscula para diferenciar mezclas con iguales componentes, pero con distintas proporciones. La denominación para identificar los refrigerantes conformados por compuestos inorgánicos, se obtendrán añadiendo al número “700” los pesos moleculares de los compuestos. Ejemplo: R-717 (NH_3).

3.1.2. Clasificación por grupos de seguridad

Los refrigerantes pueden ser clasificados en función de su toxicidad e inflamabilidad. La caracterización consiste en una sigla alfanumérica, donde la letra corresponde a la toxicidad y el número a la inflamabilidad. En el caso de las mezclas de refrigerante (numeración 400 o 500), existe una doble clasificación, las cuales se expresan separadas por una barra oblicua “/”. La primera está en función de las proporciones y tolerancias de los componentes que la conforman ([ver Tabla 18 y Tabla 19](#)), considerando la formulación en el peor de los casos (WCF). La segunda y directamente relacionada con las temperaturas de saturación de sus componentes a similar presión, corresponde a la clasificación de la Formulación fraccionada en el peor de los casos (WCFF). Puesto que el fraccionamiento puede ocurrir como resultado de una fuga en el sistema de refrigeración, cuando se determine “el caso de fraccionamiento más desfavorable” se debe considerar la composición de la mezcla residual en el sistema y el de la fuga.

La clasificación por grupos de seguridad está basada en las características de los refrigerantes en altos grados de pureza, vale decir, no contaminados. Al considerar la posibilidad de contaminación o descomposición, hace impredecible sus efectos o comportamiento.

ADVERTENCIA:

En muy importante enfatizar, que los criterios de toxicidad utilizados en la siguiente clasificación pueden ser diferentes a los indicados en la legislación local vigente u otras instancias relacionadas con la seguridad de las personas.

3.1.2.1. Toxicidad

Las propiedades de toxicidad (aguda o crónica) de un refrigerante deben ser consideradas por los prestadores técnicos de servicios durante su manejo y gestión, pudiendo también afectar a los trabajadores de un recinto refrigerado u ocupantes de espacios climatizados.

El límite de exposición de toxicidad aguda (ATEL, por sus siglas en inglés) es la concentración máxima recomendada de refrigerante destinada a reducir los riesgos de toxicidad aguda para los seres humanos, en el caso de una fuga de refrigerante.

La toxicidad crónica se relaciona con la concentración promedio ponderada en el tiempo, para un día laboral normal de 8 horas y una semana laboral normal de 40 horas, donde los trabajadores pueden estar expuestos en forma repetida, sin sufrir efectos adversos. Con base en el TLV (concentración máxima permisible) y TWA (concentración ponderada en el tiempo).

• **Clase A (baja toxicidad):**

Refrigerantes que con una concentración promedio ponderada en el tiempo, igual o mayor a 400 ppm (400 ml/m³), no generan algún efecto adverso, en la mayoría de los trabajadores, expuestos en jornadas laborales de 08 horas/día, 40 horas/semanales.

• **Clase B (alta toxicidad):**

Refrigerantes que con una concentración promedio ponderada en el tiempo, menor a 400 ppm (400 ml/m³), no generan algún efecto adverso, en la mayoría de los trabajadores, expuestos en jornadas laborales de 08 horas/día, 40 horas/semanales.

3.1.2.2. Inflamabilidad

Esta propiedad influye directamente en las características constructivas de los sistemas y las especificaciones técnicas de los componentes que los constituyen. La inflamabilidad del refrigerante puede afectar la seguridad de las personas y bienes, durante la manipulación en actividades de mantenimiento y la gestión, como en el transporte.

La inflamabilidad de un refrigerante se determina en función al límite inferior de inflamabilidad (LFL), el cual corresponde a la concentración más baja de refrigerante que mezclado con aire (nivel de oxígeno normal), puede generar llama. La clasificación por inflamabilidad también considera el calor de combustión (HOC), correspondiente a la magnitud de energía liberada cuando se quema.

Algunos refrigerantes alternativos (que no dañan al medio ambiente) son inflamables en cierta medida y esto resulta en una limitación de la cantidad de refrigerante que puede ser utilizado en distintas locaciones, comparado con refrigerantes que no son inflamables.

Los refrigerantes que presentan baja inflamabilidad y velocidad de combustión, son clasificados como "2L" (ejemplo: R-1234yf, R-1234ze y R-32). Los cuales, siguiendo lineamientos de seguridad, podrían ser utilizados en sistemas emplazados en espacios interiores. Por otro lado, los refrigerantes con mayor inflamabilidad, clasificados como "3" (ejemplo: R-600a, R-290 y R-1270), la carga de refrigerante que puede contener un sistema es limitada (considerando circuitos frigoríficos individuales).

Para los refrigerantes clasificados como "3", la consecuencia práctica de limitar la carga de refrigerante produce un "techo de capacidad frigorífica" en los sistemas que los contienen. Los cuales deben contar con un diseño dedicado, de acuerdo con la propiedad del refrigerante (ejemplo: componentes eléctricos que no generan chispas y/o encapsulados).

- **Clase 1:** Refrigerante de un solo compuesto o una mezcla de refrigerantes en WCF y WCFF, que no presentan propagación de llama, cuando es probado en aire a 60 °C y 101,3 kPa
- **Clase 2L:** Refrigerante de un solo compuesto o una mezcla de refrigerante en WCF y WCFF que cumplan con las siguientes condiciones:
 - › Exhibe propagación de llama cuando es probado a 60 °C y 101,3 kPa
 - › Límite inferior de inflamabilidad (LFL) > 3,5 % por volumen
 - › Calor de combustión < 19.000 kJ/kg
 - › Velocidad máxima de combustión ≤ 10 cm/s, cuando es ensayado a 23°C y 101,3 kPa

- **Clase 2:** Refrigerante de un solo compuesto o una mezcla de refrigerante en WCF y WCFF que cumplan con las siguientes condiciones:
 - › Exhibe propagación de llama cuando es probado a 60 °C y 101,3 kPa.
 - › Límite inferior de inflamabilidad (LFL) > 3,5 % por volumen
 - o Calor de combustión < 19.000 kJ/kg
- **Clase 3:** Refrigerante de un solo compuesto o una mezcla de refrigerante en WCF y WCFF que cumplan con las siguientes condiciones:
 - › Exhibe propagación de llama cuando es probado a 60 °C y 101,3 kPa
 - › Límite inferior de inflamabilidad (LFL) < 3,5 % por volumen; o un calor de combustión ≥ 19.000 kJ/kg

3.1.2.3. Grupos de seguridad

Los peligros asociados a los refrigerantes derivan de sus características físicas y químicas, así como de las presiones y temperaturas del sistema que los contiene. Independiente de la clasificación de toxicidad e inflamabilidad, existen potenciales riesgos relacionados, originados por causas tales como: aumento de presión, inflamabilidad, contacto con llama, desplazamiento de oxígeno, baja temperatura e inhalación.

3.1.2.3.1. Matriz de clasificación

Grupos de Seguridad		
Toxicidad Inflamabilidad	Baja toxicidad	Alta toxicidad
Alta inflamabilidad	A3	B3
Inflamable	A2	B2
Baja inflamabilidad	A2L	B2L
No se propaga la llama	A1	B1

Tabla 2

Matriz de clasificación según toxicidad e inflamabilidad

Fuente: NCh3241:2017

NOTA:

En caso de las mezclas, se debe expresar la doble clasificación de seguridad, separada por una barra oblicua (ejemplo: A1/A1).

RECOMENDACIÓN:

Mayores antecedentes sobre la clasificación de refrigerantes, consultar: ISO 817:2014, Refrigerants – Designation and safety classification.

3.1.3. Temperatura de ebullición

Refrigerantes de baja presión: Refrigerantes con una temperatura de ebullición mayor o igual que $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, a 101,3 kPa (ejemplo: R-123)

Refrigerantes de alta presión: Refrigerantes con una temperatura de ebullición mayor o igual que $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, y menor que $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, a 101,3 kPa (ejemplo: R-22, R-134a, R-404A, R-507A, R-410A)

Refrigerantes de muy alta presión: Refrigerantes con una temperatura de ebullición menor que $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 101,3 kPa. Considerar la sublimación en el caso del R-744

3.1.4. Origen

Los refrigerantes se pueden clasificar en dos principales grupos según su origen:

Refrigerantes sintéticos: son fabricados con compuestos químicos que no se encuentran en la naturaleza, tales como: R-12 (CFC-12), R-22 (HCFC-22), R-134a (HFC-134a), etc. Tienen moléculas estables que perduran en la atmósfera, generando un significativo impacto ambiental. Por otro lado, la mayoría de estos refrigerantes son clasificados como A1 y tienen buena compatibilidad con materiales y aceites.

Refrigerantes naturales: existen en ciclos presentes de la naturaleza, incluso sin la interferencia humana. Ejemplo: R-744 (CO_2), R-717 (NH_3), Hidrocarburos como el R-290 (propano, C_3H_8). Tienen cero PAO y despreciable o nulo PCG. Respecto a clasificación de seguridad, presentan propiedades de inflamabilidad (Hidrocarburos, NH_3), toxicidad (NH_3) o propiedades con algunas restricciones en su utilización (CO_2). Sin embargo, en la actualidad representan la principal alternativa a los refrigerantes sintéticos.

3.1.5. Comportamiento en el cambio de fase

3.1.5.1. Puros

Los refrigerantes puros (no mezclas) están constituidos por una única sustancia. Su principal característica es tener una temperatura constante en el cambio de fase a una presión determinada. Esta condición facilita el diseño y posterior evaluación de los sistemas que los contienen. Además, no existe la posibilidad de fraccionamiento en el caso de una fuga, ya que la composición de la fase líquida y vapor es idéntica.

3.1.5.2. Mezclas

Refrigerantes constituidos por dos o más sustancias. La mayoría de las mezclas disponibles comercialmente tienen entre dos y cinco componentes, éstos pueden ser: HCFC, HFC, HFO y/o HC. Generalmente, las mezclas no tienen propiedades similares a los refrigerantes que las componen (diferentes densidades, viscosidades, temperaturas de evaporación y de condensación, etc.).

En algunas mezclas los componentes individuales interactúan de tal manera, que la mezcla en fase de vapor y fase líquida tiene la misma composición a una presión determinada, estos refrigerantes se denominan mezclas azeotrópicas (serie 500). En otras mezclas, los componentes individuales interactúan de tal manera, que la mezcla no tiene la misma composición en fase de vapor y fase líquida, incluso depende si la mezcla se vaporiza o se condensa a presiones determinadas. Estos refrigerantes se denominan mezclas zeotrópicas (serie 400).

3.1.5.2.1. Mezclas azeotrópicas (serie 500)

Generalmente conformadas por dos sustancias, que se comportan como si fuera una sustancia pura. Al añadir o extraer calor de una mezcla azeotrópica de refrigerante, la composición (fracción molar) del vapor y el líquido permanecen esencialmente sin cambios a lo largo del proceso completo de cambio de fase. En otras palabras, por cada molécula de fluido A que se vaporiza o se condensa, una molécula de fluido B presenta similar comportamiento. Las mezclas azeotrópicas se comportan como un refrigerante puro en el cambio de estado, es decir, la temperatura se mantiene constante a una presión determinada. La **Imagen 1**, muestra el comportamiento de una mezcla azeotrópica en el cambio de estado.

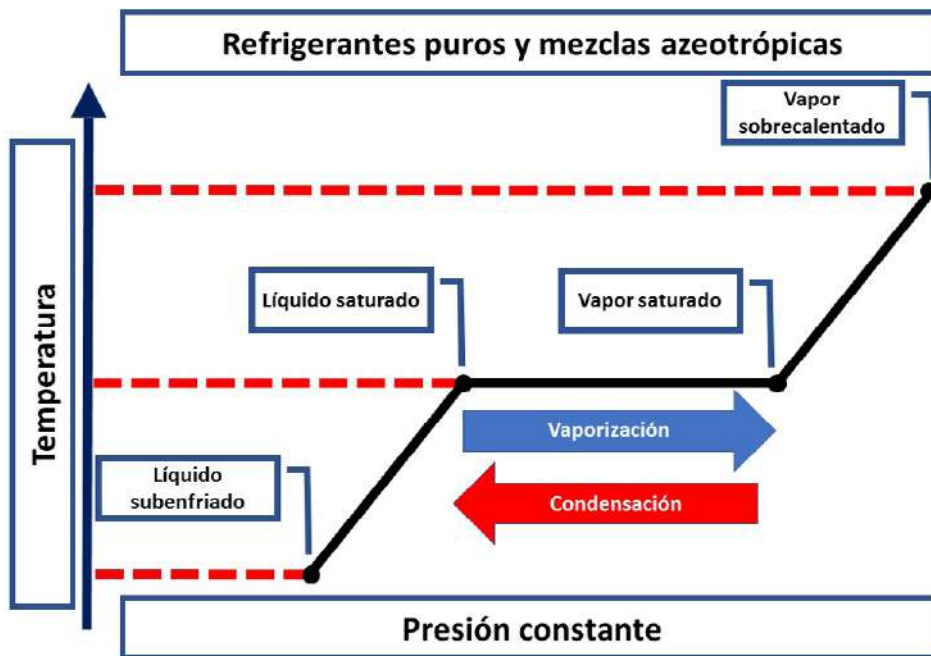


Imagen 1
Condensación y vaporización de refrigerantes puros y mezclas azeotrópicas.

Fuente: Elaboración propia

Imagen 2
Refrigerante mezcla
azeotrópica R-507A.

Fuente: www.dupont.com



3.1.5.2.2. Mezclas zeotrópicas (no azeotrópicas, serie 400)

Las mezclas zeotrópicas en mayor o menor magnitud presentan un deslizamiento térmico, que puede ser representado como la diferencia entre las temperaturas de saturación desde el comienzo hasta el final de un cambio de fase, a una presión constante. La condición de 100% líquido a una presión determinada es caracterizada como “punto de burbuja”, por otro lado, la condición de 100% vapor a la misma presión, corresponde al “punto de rocío”. El punto de burbuja siempre tiene una temperatura menor al punto de rocío.

El deslizamiento de temperatura depende de la presión, siendo mayor a menor presión. Por este motivo, para los fabricantes de refrigerante, el deslizamiento “nominal” es el que corresponde a la presión atmosférica.

El valor del deslizamiento de temperatura es una medida relativa de la “calidad” de la mezcla de refrigerantes. por lo cual, valores bajos del deslizamiento equivalen a componentes “mejor mezclados” (menor riesgo de fraccionamiento) y altos valores del deslizamiento a componentes que “mezclan peor”. Se debe considerar que las mezclas que presentan valores del deslizamiento inferiores a 1 K son caracterizadas como mezclas “casi-azeotrópicas”, presentando riesgos muy bajos (casi nulos) de fraccionamiento en caso de fugas, ya que su comportamiento es similar a una mezcla azeotrópica.

La **Imagen 3** muestra el comportamiento de una mezcla zeotrópica en el cambio de estado a presión constante, graficando el concepto de deslizamiento térmico.

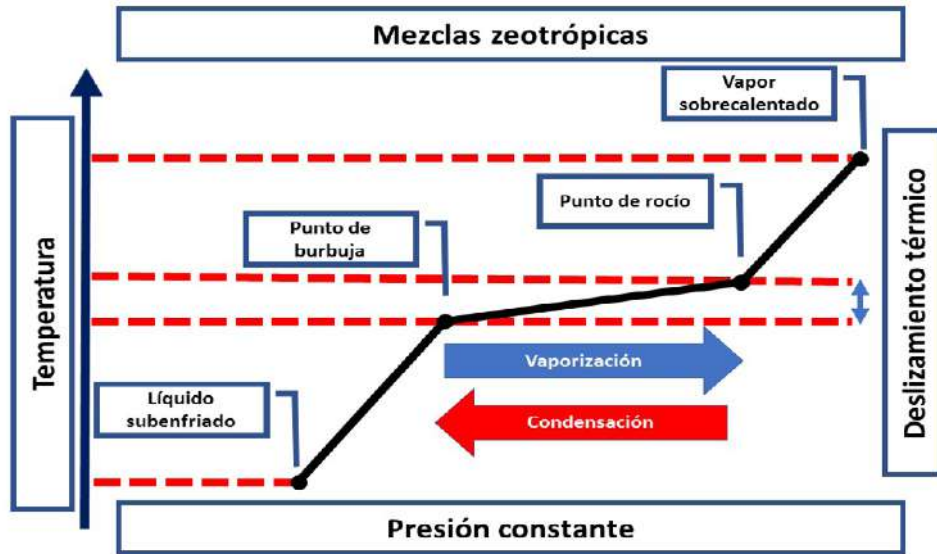


Imagen 3
Condensación y vaporización de una mezcla zeotrópica

Fuente: Elaboración propia



Imagen 4
Refrigerante mezcla zeotrópica R-438A

Fuente: www.chemours.com

NOTA:

Antes del Protocolo de Montreal, no era frecuente utilizar mezclas zeotrópicas. Sin embargo, en la búsqueda de alternativas a los CFC y HCFC, fueron desarrolladas en gran número. Algunas de las mezclas zeotrópicas con HFC y HC comunes para reemplazar refrigerantes CFC y HCFC son: R-413A, R-417A, R-422D y R-438A.

3.2 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

3.2.1 Tipo y cantidad de refrigerante

Tabla 3
Clasificación de sistemas según tipo y cantidad de refrigerante
Fuente: NCh3241:2017

CLASIFICACIÓN	CANTIDAD REFRIGERANTE	TIPO REFRIGERANTE	GRUPO SEGURIDAD
Tipo I	Igual o menor que 2 kg	Sintético de alta presión	A1
Tipo II	Mayor a 2 kg y menor o igual que 40 kg	Sintético de alta presión	A1
Tipo III	Mayor a 40 kg de refrigerante	Sintético de alta presión	A1
Tipo IV	Independiente de su cantidad	Sintético de baja presión	A1
Tipo V	Independiente de su cantidad	Sintético de muy alta presión	A1
Tipo VI	Independiente de su cantidad	Sintético de baja presión	B1
Tipo VII	Independiente de su cantidad	Natural de muy alta presión	A1
Tipo VIII	Independientes de su cantidad	Sintéticos o naturales, independientes de su presión	A2, A2L o A3
Tipo IX	Independientes de su cantidad	Sintéticos o naturales, independientes de su presión	B2, B2L o B3

3.2.2 Temperatura de evaporación

Tabla 4
Clasificación de sistemas según su temperatura de evaporación
Fuente: NCh3241:2017

CLASIFICACIÓN	TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN
Alta temperatura	Mayor o igual a 0 °C y menor o igual que 13 °C
Media temperatura	Mayor o igual a -15°C y menor que 0°C
Baja temperatura	Mayor o igual a -40 °C y menor que -15 °C
Ultra baja temperatura	Menor a -40°C

3.2.3 Aplicación

3.2.3.1 Sistemas de refrigeración

CLASIFICACIÓN	APLICACIÓN
Doméstico	Utilizados generalmente en domicilios particulares, principalmente para mantener productos alimenticios, frescos y/o congelados.
Comercial	Utilizados en actividades comerciales de diferentes rubros, tales como: restaurantes, hoteles, supermercados, almacenes, minimarket, entre otros. Principalmente para mantener y/o elaborar productos alimenticios, frescos y congelados. Esta categoría incluye sistemas como: vitrinas, botelleros, máquinas de hielo, fabricadoras de helado, cámaras frigoríficas, centrales de compresores en paralelo, entre otros.
Industrial	Utilizados en procesos productivos de diferentes rubros, tales como: alimentos preparados, industrias químicas, agroindustrias, vinícolas, pesqueras, procesadoras de carnes y/o aves, entre otras. Estos sistemas son utilizados directamente en el proceso productivo, en la conservación del producto final y de la materia prima, a diferentes temperaturas según requerimiento. Esta categoría incluye sistemas como: túneles de enfriamiento, túneles de congelación, enfriadores de líquidos, entre otros. Nota: Únicamente para efectos de clasificación, esta categoría incluye a sistemas que utilizan R-717 (amoníaco) como refrigerante, en cualquiera de sus posibles configuraciones y aplicaciones.
Móvil (transporte)	Utilizados para conservar la cadena de frío en distintos productos, de acuerdo a necesidades específicas (fresco y congelados). Donde los sistemas son incorporados a variados medios de transportes (terrestres, marítimos y aéreos).

Tabla 5
Clasificación de sistemas de refrigeración según aplicación
Fuente: NCh3241:2017

3.2.3.2 Sistemas de climatización ²

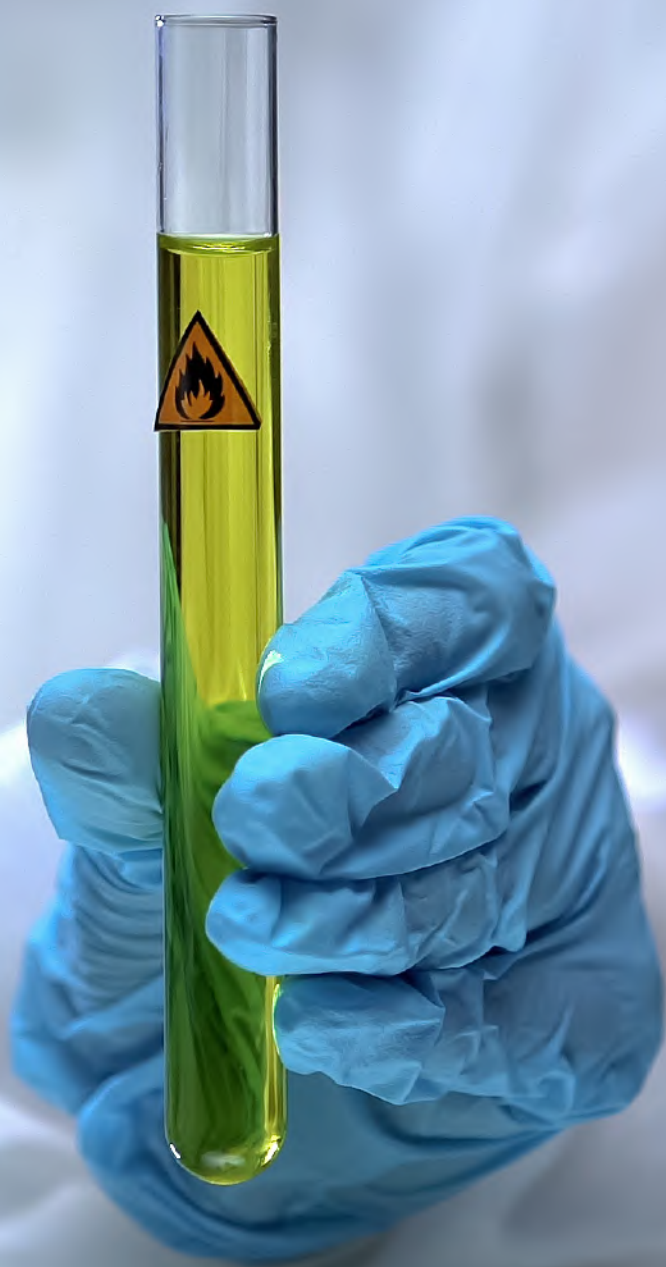
Tabla 6
**Clasificación
 de sistemas de
 climatización según
 aplicación**

Fuente: NCh3241:2017

CLASIFICACIÓN	APLICACIÓN
Doméstico	Utilizados en domicilios particulares, proporcionando condiciones ambientales para el bienestar humano. Se incluyen sistemas de aire acondicionado del tipo ventana, divididos (de pared), portátiles, entre otros.
Comercial	Utilizados en centros comerciales, salas de ventas, salas de atención al público, instituciones financieras, oficinas públicas y privadas, proporcionando condiciones ambientales para el bienestar humano. Se incluyen sistemas de aire acondicionado del tipo divididos (en cualquiera de sus configuraciones), enfriadores de agua (chiller) y sus unidades terminales, compactos (rooftop), entre otros.
Industrial	Utilizados para generar condiciones climáticas específicas (incluye la humidificación y deshumidificación), según distintos requerimientos. Estos sistemas generalmente son utilizados en laboratorios, pabellones de cirugía, centros de datos, salas eléctricas y telecomunicaciones, y cualquier proceso industrial que requiera el control de temperatura y la humedad relativa del ambiente. Se incluye principalmente a sistemas de aire acondicionado de precisión, con distintas características constructivas.
Móvil (transporte)	Utilizados en medios de transportes terrestres, marítimos y aéreos, proporcionando condiciones ambientales para confort humano.

² Sistemas de aire acondicionado que utilizan como principio de funcionamiento, la compresión de vapor

· CAPÍTULO 4
· **CARACTERÍSTICAS DE LAS**
· **SUSTANCIAS INFLAMABLES**



Existen diversas características asociadas a las sustancias inflamables, las cuales fueron obtenidas mediante ensayos de laboratorios estandarizados, en condiciones específicas. Sin embargo, se debe considerar que la magnitud de dichas características podría cambiar significativamente al variar condiciones, tales como: la humedad relativa y temperatura del aire, y cantidad de oxígeno donde se genera la mezcla combustible – comburente. A continuación, son detalladas algunas características de las sustancias inflamables:

- **Límites de inflamabilidad:** Para que una mezcla combustible – aire sea inflamable, la mezcla debe cumplir con ciertas condiciones, relativas a la concentración de sus compuestos. Las concentraciones mínimas y máximas de una mezcla combustible – comburente, que determinan su inflamabilidad, se conocen como límite inferior y límite superior de inflamabilidad.
- **Límite inferior de inflamabilidad (LFL, por sus siglas en inglés de lower flammability limit):** Concentración mínima de combustible que es capaz de propagar una llama en una mezcla homogénea de aire y combustible.
- **Límite superior de inflamabilidad (UFL, por sus siglas en inglés de upper flammability limit):** Concentración máxima de combustible que es capaz de propagar una llama en una mezcla homogénea de aire y combustible.
- **Rango de inflamabilidad:** Situado entre el límite inferior y superior de inflamabilidad, es el rango donde la mezcla combustible – comburente es inflamable.

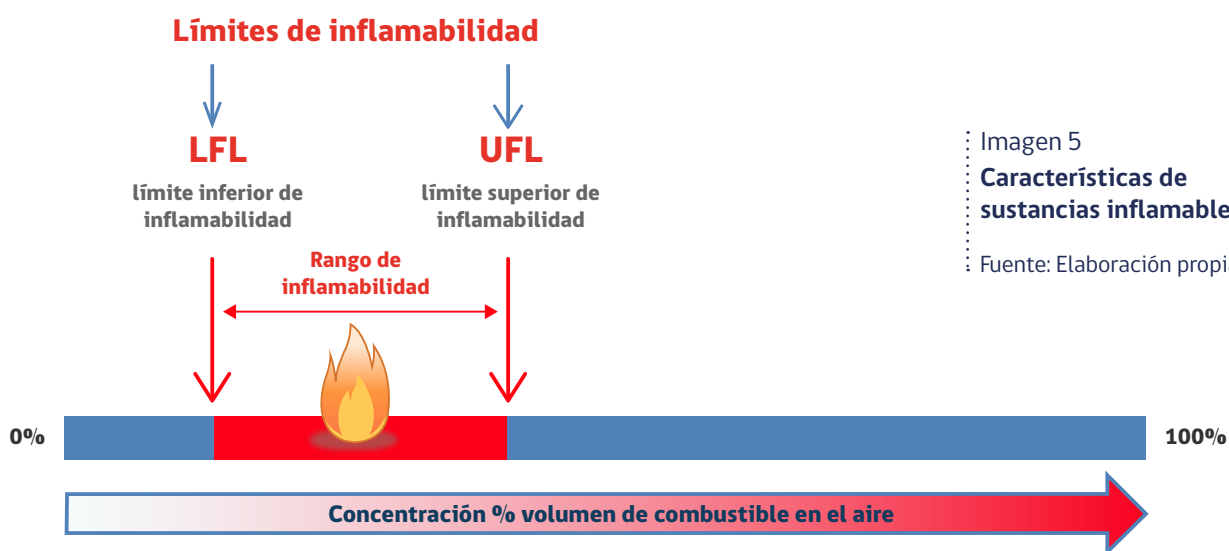


Imagen 5
Características de
sustancias inflamables
Fuente: Elaboración propia

- Si la concentración está por debajo del LFL, no hay suficiente combustible para la combustión
- Si la concentración está por encima del UFL, no hay suficiente aire para la combustión
- **Punto de inflamación:** Es la menor temperatura para que una sustancia produzca suficientes vapores, los cuales al ser mezclados con aire y en contacto con una fuente de ignición, produzcan una combustión.
- **Concentración estequiométrica:** Concentración de un combustible en el aire, en la cual se produce la completa oxidación del combustible y total consumo del oxígeno, resultando del proceso dióxido de carbono y agua.
- **Temperatura de autoignición:** Es la menor temperatura para que una mezcla combustible – comburente espontáneamente combustionan en ausencia de una fuente de ignición. Dicha temperatura, es variable en función a la concentración combustible – comburente, presentando un menor valor en el límite superior de inflamabilidad.
- **Mínima energía de ignición:** Valor mínimo de energía que puede producir la combustión de una mezcla combustible – comburente. La magnitud de la energía es variable, presentando su menor valor normalmente cerca de la concentración estequiométrica.
- **Calor de combustión:** Energía liberada resultante de la combustión de una concentración estequiométrica.
- **Temperatura adiabática de la llama:** Máximo valor de temperatura generada por la combustión de una mezcla combustible – comburente, cercana a la concentración estequiométrica.
- **Velocidad de combustión laminar:** Representa la velocidad de expansión del frente de la llama, a medida que la mezcla combustiona. Al igual que otras propiedades, depende la concentración combustible – comburente.

Tabla 7

Valores de algunas características de refrigerantes inflamablesFuente: NCh3301:2017- Excepto -1234yf³

NÚMERO DE REFRIGERANTE	NOMBRE QUÍMICO	INFLAMABILIDAD				TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C)
		LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (LFL)		LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (UFL)		
		kg/m³	% v/v	Kg/m³	% v/v	
R-600a	Isobutano	0,043	1,7	0,202	9,7	530
R-290	Propano	0,038	2,1	0,171	9,6	450
R-170	Etano	0,037	3,3	0,190	10,6	515
R-1270	Propileno	0,043	2,5	0,174	10,1	455
R-32	Difluorometano	0,306	14,4	0,710	33,4	648
R-1234yf	Tetrafluoropropano	0,289	6,2	0,573	12,3	405

³ Fuente: <https://www.opteon.com/en/-/media/files/opteon/opteon-yf-product-information-bulletin.pdf>

min. shelf life (YYYY/MM/DD):

Gefahr. Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. Giftig bei Verschlucken.
Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
Schutzbekleidung tragen. BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser waschen.
und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert. Bei Atembeschwerden
Arzt anrufen. An einem kühlen Ort lagern. Nicht in der Sonne lagern.

Peligro. Líquido y vapores muy inflamables. Tóxico en caso de ingestión (Ojos). Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, flama abierta, etc. Evitar el contacto con la piel y la ropa. Evitar la inhalación de los vapores. Evitar el uso de jabón abundantes. EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al aire fresco y respirar. EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Lavar inmediatamente con abundante agua. Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente bien cerrado.

Danger. Liquide et vapeurs très inflammables. Toucher par ingestion des
les organes (Yeux). Tenir à l'écart de la chaleur des étincelles des
équipotentielle du récipient et du matériel de réception. Porter des gants
AVEC LA PEAU: Laver abondamment à l'eau et au savon. EN CAS d'INHALATION
dans une position où elle peut confortablement respirer. EN CAS d'INGESTION
ANTIPOISON ou un médecin. Stocker dans un endroit bien ventilé.

Perigo. Líquido e vapor facilmente inflamáveis. Evitar contato com superfícies quentes, não fumar, afastado do calor/faixa/chama aberta/ superfícies quentes, não fumar, receptor. Usar luvas de protecção/ vestuário de protecção SE necessário e água. EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a vítima para uma zona fresca e respiração. EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: chamar um médico. Armazenar em local bem ventilado. Manter o recipiente longe de fontes de ignição. Vapor facilmente inflamável. Tóxico se ingerido.

Pericolo. Liquido e vapori facilmente infiammabili. Evitare l'uso di fiamme libere. Tenere lontano da fonti di calore/scintille/fiamme libere. In caso di incendio, spegnere con acqua, schiuma, CO₂ o polvere. Indossare guanti e indumenti protettivi. In caso di contatto con la pelle, lavare immediatamente con acqua e sapone. In caso di inalazione, spostare l'interessato all'aria aperta e, se necessario, somministrare ossigeno. In caso di ingestione, bere acqua e consultare un medico. In caso di esposizione o di possibile esposizione, consultare immediatamente un medico. Conservare in luogo ben ventilato.

Gevaar. Licht ontvlambaar.
(Ogen). Verwijderd houden van warmte dragen. Bij
handschoenen/ beschermende kleding dragen en laten rusten in een koude
slachtoffer in de frisse lucht brengen en laten rusten in een koude
een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen. Op geen wijze

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS

La seguridad es un aspecto relevante cuando se manipula, almacena y transporta cualquier tipo de refrigerante, producto de los peligros asociados a toxicidad, asfixia, inflamabilidad, congelación, explosiones por sobrepresiones en cilindros, etc. Un contacto directo con el refrigerante puro o mezclado con aceite puede causar severos daños a las personas, por ejemplo, debido a:



- **Aumento de presión:**

Puede existir una rotura de un sistema o cilindro (sin dispositivo de alivio), si la presión interior excede la presión máxima que soporta el material que los conforma. La rotura produce una liberación inesperada de refrigerante, conjuntamente a la potencial proyección de materiales sólidos.

El aumento de presión puede tener un origen externo. Un procedimiento técnico incorrecto, corresponde a la intención de separar dos piezas unidas por medio de una soldadura fuerte, mediante una llama abierta (soplete) con el circuito frigorífico aún presurizado con refrigerante. El aporte de energía produce un incremento significativo de la presión interior, causando inesperadamente la separación de las piezas o la rotura de la tubería intervenida. Este problema también es observado en procedimientos de mantención, donde producto de la baja temperatura exterior o el rápido vaciado de un cilindro refrigerante al momento de cargar el sistema, la presión disminuye, lo cual imposibilita o entorpece el proceso, ya que el ingreso de refrigerante al sistema depende de la diferencia de presión entre el refrigerante contenido en el cilindro y el sistema mismo. Una forma incorrecta de aumentar la presión del cilindro refrigerante es mediante su exposición a una llama abierta, lo cual puede originar la rotura del cilindro o del componente de alivio incorporado, destacando que, en ambos casos, la liberación inesperada de refrigerante a alta presión implica un elevado riesgo.

No obstante a lo mencionado, el problema puede ocurrir incluso con presiones normales de sistemas y cilindros, originados por el debilitamiento de material derivado de abolladuras, corrosión u otro daño físico.



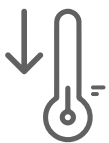
- **Contacto con llama:**

Existe la posibilidad que la mezcla (refrigerante - aceite), o sus componentes en forma independiente, produzcan vapores tóxicos altamente irritantes, como resultado de la descomposición originada por el contacto con una llama abierta o superficie con alta temperatura. La descomposición de un refrigerante en presencia de agua produce ácido clorhídrico (refrigerantes que contiene cloro) y ácido fluorhídrico (refrigerantes que contienen flúor). Además, algunos refrigerantes en presencia de oxígeno, forman compuestos insaturados, como el fosgeno.



- **Desplazamiento de oxígeno:**

La mayoría de los refrigerantes utilizados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, presentan una mayor densidad que el aire, en consecuencia, pueden generar asfixia al desplazarlo en espacios cerrados.



- **Baja temperatura:**

Los refrigerantes de alta presión tienen temperaturas de ebullición menores a -10°C a 101,3 kPa de presión, por lo cual, al liberarse refrigerante líquido a presión atmosférica está en condiciones de realizar el cambio de estado de líquido a gaseoso. El refrigerante absorberá calor de cualquier cuerpo que entre en contacto, incluyendo órganos humanos (principalmente piel y ojos), congelando las moléculas de agua que los conforman, las cuales, al aumentar su volumen provocan un daño a nivel celular.



- **Inhalación:**

La inhalación prolongada de altas concentraciones de refrigerante, pueden causar dolor de cabeza, mareos, pérdida del conocimiento y otros trastornos del sistema nervioso central.



- **Inflamabilidad:**

La propagación de llama por parte de un refrigerante depende de los factores analizados en la clasificación según inflamabilidad ([ver 3.1.2.2](#)). Sin embargo, es importante recordar que el refrigerante está mezclado con aceite en el interior del sistema, por lo cual, una fuga o liberación intencional de la mezcla pudiera ser inflamable en ciertas condiciones (temperatura, presión, presencia de comburente, etc.), incluso dependiendo del origen del aceite (mineral o sintético), obteniendo como resultado, el inicio de un incendio o la intensificación de este.

ADVERTENCIA:

En un sistema de refrigeración existe alta y baja presión, refrigerante en estado líquido y gaseoso. La combinación de refrigerante en estado líquido y alta presión es la condición que genera un mayor riesgo en su manipulación.

En lo específico, diferentes estudios sobre refrigerantes inflamables han documentado que el mayor riesgo de inflamación o explosión corresponde al momento de la intervención de un sistema por parte del prestador técnico de servicio, por sobre su funcionamiento normal, debido a la mayor posibilidad de liberación de refrigerante y la presencia de fuentes de ignición provenientes incluso de las herramientas eléctricas utilizadas en dicha intervención. Este riesgo puede aumentar entre 100 a 1000 veces respecto a cuando un sistema funciona sin interferencia humana (ejemplo: armado, instalación, mantención y desmantelamiento al final de su vida útil).

A pesar de que los refrigerantes inflamables presentan diferentes magnitudes en sus características de inflamabilidad ([ver Tabla 7](#)), se pueden indicar genéricamente aspectos relevantes al momento de manipular este tipo de fluidos y los sistemas que los contienen:

- › Evitar las fugas de refrigerante
- › En caso de fuga, eliminar potenciales fuentes de ignición
- › Provisión de áreas ventiladas en el lugar de trabajo
- › Para realizar la mantención correctiva (reparación) del sistema, utilizar únicamente componentes aprobados para este tipo de refrigerantes
- › Utilizar las herramientas e instrumentos aprobados y en buen estado de funcionamiento, según el procedimiento de servicio a realizar
- › Utilizar los elementos de protección personal en los procesos de mantención
- › Delimitar y señalizar las zonas de trabajo (ejemplo: Utilizar carteles que indique "Peligro de fuego")
- › Informar al titular del sistema y a todas las personas cercanas al área de trabajo, sobre el alcance del procedimiento de servicio y riesgos asociados
- › Seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante del sistema

El fabricante de un sistema es responsable de asegurar la hermeticidad, mediante rigurosos procesos en el control de calidad. Sin embargo, posteriormente, en la instalación o mantención del sistema, la responsabilidad recae en el prestador técnico de servicio, quien debe realizar todos los trabajos necesarios eliminar los riesgos durante el proceso y garantizar su funcionamiento seguro. El sistema debe ser diseñado, armado, instalado y mantenido, de manera de prevenir las emisiones, evitando la creación de una atmósfera inflamable (dentro del rango de inflamabilidad). Esto se logra mediante un diseño hermético, ventilación y ciertos sistemas de protección.

Al existir la posibilidad de crear una atmósfera inflamable en un procedimiento de mantención o instalación, el prestador técnico de servicio debe garantizar la eliminación de potenciales fuentes de ignición. Además, es obligatorio informar al titular del sistema, sobre el uso de refrigerantes inflamables y los posibles riesgos derivados.

El gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural, utilizados como combustibles en cocinas, calentadores de agua, estufas, etc. contienen un aditivo odorizante para ser perceptible en el caso de una fuga. En el caso de los hidrocarburos utilizados como refrigerantes, estos deben poseer un alto grado de pureza, por lo cual, no deben contener ningún aditivo que pueda comprometer la funcionalidad y seguridad del sistema. En consecuencia, la ausencia de odorizante imposibilita su percepción en el ambiente.

.....CAPÍTULO 6
.....**APLICACIÓN SEGURA**
.....**DE LOS REFRIGERANTES**
.....**INFLAMABLES**

Un sistema debe ser diseñado originalmente para ser cargado con un refrigerante inflamable, lo cual implica como mínimo la utilización de componentes aprobados en función de las características específicas del fluido. En consecuencia, existe un potencial riesgo al cargar refrigerante inflamable a un sistema no apto para contener este tipo de refrigerante, independiente de su aplicación y características.

Por otro lado, y aunque el sistema esté diseñado específicamente para utilizar un refrigerante inflamable, su emplazamiento requiere mínimas consideración. Por ejemplo:

- **Una ventilación que asegure la dispersión en el caso de una fuga (no instalar en espacios confinados)**
- **Lo suficientemente alejado de inamovibles fuentes de ignición**
- **No emplazar en sótanos o cualquier dependencia debajo el nivel del suelo**

En todos los casos aplicables, la eliminación de las potenciales fuentes de ignición y la provisión de áreas ventiladas, adecuadas para dispersar cualquier fuga, evitando la acumulación del refrigerante inflamable, son factores críticos de seguridad.

En resumen, la utilización segura de un sistema cargado con un refrigerante inflamable es alcanzada mediante el compromiso de los siguientes aspectos:

- **Sistemas que evitan las fugas de refrigerante (normalmente sistema herméticamente sellados)**
- **Sistemas diseñados específicamente**
- **Carga de refrigerante limitada del sistema**
- **Ausencia de potenciales fuentes de ignición**
- **Posible provisión de ventilación adicional del área donde está emplazado el sistema**

NOTA:

El objetivo principal es que cualquier liberación de refrigerante inflamable al ambiente no logre alcanzar su rango de inflamabilidad.

A hand is holding a handheld device with a flexible, coiled probe. The device is black and rectangular, with a yellow band near the probe. The probe is orange and has a small, cylindrical tip. The background is a blurred industrial setting with metal structures and machinery. The image has a color gradient, with a warm orange-red glow on the left and a cool blue tint on the right.

... CAPÍTULO 7
... **ZONA TEMPORALMENTE**
... **INFLAMABLE**

Al realizar cualquier procedimiento que demande la apertura del circuito frigorífico, tales como: sustitución del compresor, reemplazo del dispositivo de expansión o reparación de una fuga, y todos los posteriores trabajos, presurización, vacío y carga de refrigerante para restaurar la funcionalidad del sistema, es presumible la liberación de refrigerante al ambiente, y la consecuente formación de una zona temporalmente inflamable. Por lo cual, e independiente del lugar donde se realice la reparación de un sistema ([ver Imagen 7](#), [Imagen 8](#) e [Imagen 9](#)) es necesario generar todas las medidas de seguridad para evitar, que en el caso de una liberación de refrigerante (intencional y/o accidental), alcance el rango de inflamabilidad.

Se debe considerar una zona temporalmente inflamable, al menos, 3 metros en todas direcciones alrededor del punto donde se pueda producir la liberación de refrigerante, la cual debe ser demarcada con una señalética que muestre dicha característica e indique restricciones mínimas al respecto, tales como, no encender fósforos u otra llama abierta, y prohibido ingresar.



Imagen 6
**Señalética zona
temporalmente
inflamable**

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, y también independiente del lugar donde se realice la reparación, cualquier motivo que requiera despresurizar un sistema cargado con refrigerante R-290, R-600a y R-1270 (u otro hidrocarburo), es permitido siguiendo las directrices detalladas en el [punto 16.2](#), la liberación del refrigerante y de la mezcla nitrógeno/refrigerante⁴ a la atmósfera.

.....
⁴ Resultado del uso de nitrógeno para la purga del sistema

Aunque existe la factibilidad de utilizar hidrocarburos como refrigerantes en distintos sistemas⁵, actualmente es frecuente encontrarlos en sistemas de refrigeración comercial de baja capacidad y sistemas de refrigeración domésticos, los cuales, por sus dimensiones y peso podrían ser trasladados desde su lugar de emplazamiento a otro lugar. En consecuencia, para realizar la reparación de un sistema, es recomendado trasladarlo a un ambiente abierto, tal como lo muestra la **Imagen 7**.



Imagen 7
**Traslado del sistema a un
ambiente abierto**

Fuente: Elaboración propia

⁵ Diseñados y fabricados específicamente para ser cargados con refrigerantes inflamables

En el caso que el traslado del sistema a un ambiente abierto no sea posible, es aceptable realizar la reparación en el lugar de emplazamiento, canalizando la liberación de refrigerante para despresurizar el sistema al exterior, como es mostrado en la **Imagen 8**.

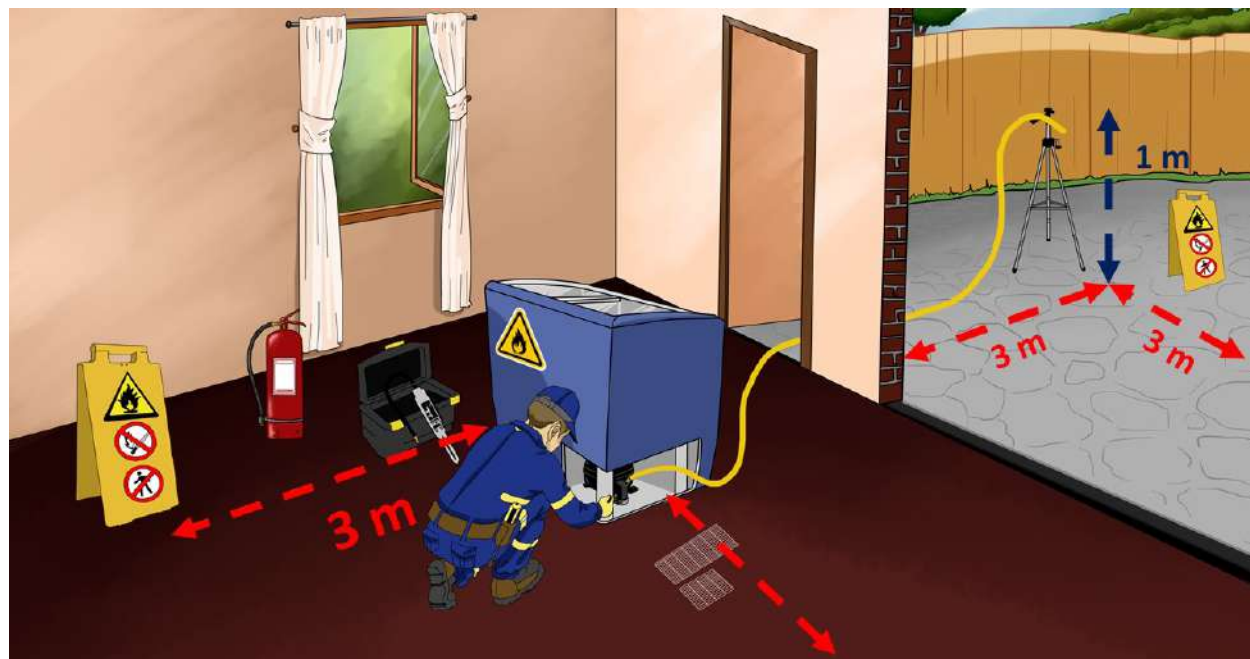


Imagen 8
Reparación en el lugar
de emplazamiento
y canalización un
ambiente abierto

Fuente: Elaboración propia

El prestador técnico de servicio debe agotar los medios para adoptar las opciones indicadas anteriormente para realizar la reparación de un sistema, ya que es su absoluta responsabilidad minimizar los riesgos en el procedimiento. Sin embargo, cuando el traslado del sistema y la canalización a un ambiente abierto no es posible, la liberación de refrigerante para despresurizar el sistema puede ser realizada directamente en el lugar de emplazamiento, siempre y cuando:

Imagen 9
Reparación en el lugar
de emplazamiento
sin canalización a un
ambiente abierto

Fuente: Elaboración propia

- El sistema utilice una carga menor o igual a 150 gramos
- Sea asegurada la dispersión, abriendo puertas, ventanas y generando una corriente de aire forzado mediante la utilización de un ventilador aprobado ([ver Imagen 30](#))
- El lugar no esté inferior al nivel del suelo (sótano, subterráneo) o pertenezca a un edificio



ADVERTENCIA:

Es importante considerar que un aumento del oxígeno en el ambiente produce una variación en los límites de inflamabilidad, por lo cual, se debe comprobar obligatoriamente antes del procedimiento, el estado funcional del equipo para soldar, según corresponda.

Respecto a recomendaciones para sistemas de aire acondicionado que utilizan R-32 y sistemas móviles cargados con R-1234yf, ([ver Capítulo 17](#) y [Capítulo 18](#)), respectivamente.

..... CAPÍTULO 8
..... FUENTES
..... DE IGNICIÓN



Los procedimientos de mantención que demanden la manipulación de refrigerantes inflamables, se deben realizar lejanos a cualquier lugar donde se almacenen sustancias inflamables, tales como: gasolina, GLP, etc. En conjunto, se deben eliminar todas las potenciales fuentes de ignición cercanas, siendo las más comunes:

- Superficies con alta temperatura
- Componentes eléctricos
- Llamas abiertas
- Electricidad estática
- Aparatos mecánicos

8.1. SUPERFICIE CON ALTA TEMPERATURA

Evitar que la temperatura de cualquier superficie que pueda estar en contacto con el refrigerante liberado al ambiente (resultado de una liberación voluntaria, fuga del sistema o del cilindro contenedor), no exceda la temperatura de autoignición del refrigerante específico, reducida en 100°C.

Tabla 8
Temperatura máxima de superficie, según el tipo de refrigerante

Fuente: Elaboración propia

NÚMERO DE REFRIGERANTE	TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA DE SUPERFICIE (°C)
R-600a	530	430
R-290	450	350
R-170	515	415
R-1270	455	355
R-32	648	548
R-1234yf	405	305

En la **Tabla 8** se puede observar que, en el caso de los hidrocarburos (HC), cualquier superficie por debajo de los 350°C no presenta un riesgo. Sin embargo, siempre es recomendable retirar cualquier superficie con alta temperatura, más aún, cuando no es posible cuantificar correctamente su valor.

Considerar especial atención a los calefactores de la bandeja y descongelamiento del evaporador, los cuales, son los mejores candidatos para producir una superficie con alta temperatura.

ADVERTENCIA:
La mezcla de refrigerante y aceite, en contacto con altas temperaturas podría descomponerse y generar vapores tóxicos.

8.2. COMPONENTES ELÉCTRICOS

Los sistemas que utilizan refrigerante inflamable deben ser diseñados y contruidos, de tal modo que cualquier fuga de refrigerante no se acumule donde existan componentes eléctricos. Los cuales, podrían ser una potencial fuente de ignición. En general, se consideran fuente de ignición los componentes eléctricos que pueden formar chispa, al disponer de algún elemento que conmuta. Estos incluyen como mínimo:

- › Interruptores, relé y contactores
- › Dispositivos de arranque del compresor
- › Protectores térmicos
- › Termostatos mecánicos y electrónicos
- › Bombas de condensación
- › Presostatos
- › Presostatos diferenciales
- › Flotadores eléctricos
- › Interruptores de flujo
- › Controladores de velocidad de ventilador
- › Controladores programables
- › Interruptor final de deshielo
- › Temporizadores

Si los dispositivos mencionados están formados por partes en estado sólido (ejemplo: relés de estado sólido SSR), están encapsulados o tienen protección IP67, la protección se considerará satisfactoria.

Todos los componentes que constituyen el circuito eléctrico (fuerza y control) deben ser aprobados para sistemas que utilizan refrigerantes inflamables, al igual que ventiladores y calefactores. Está prohibida la instalación de cualquier componente genérico (sin aprobación) que no cumpla las exigencias para implementar este tipo de sistemas.

8.3. LLAMAS ABIERTAS

Los sistemas que utilizan un refrigerante inflamable no deben ser emplazados en lugares donde existe de forma continua o temporal una llama abierta. Por ejemplo:

salas de caldera, cocinas industriales, hornos, taller de soldadura, etc. Además, en un proceso de mantención, es necesario prestar especial atención con la llama proveniente del equipo utilizado para realizar soldadura fuerte. Por otro lado, es prohibido manipular encendedores y/o fumar al momento de realizar la intervención a un sistema.

8.4. ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Con el fin de evitar la electricidad estática como potencial fuente de ignición, estructuras metálicas cercanas a un sistema que utiliza refrigerante inflamable deben estar conectadas eléctricamente a tierra. Además, es recomendable utilizar vestimenta fabricada de algodón u otra tela que no genere electricidad estática.

8.5. EQUIPOS MECÁNICOS

Al emplazar un sistema, se debe considerar que los equipos mecánicos contienen potenciales fuentes de Ignición. Por ejemplo:

- › Electricidad estática de correas o cintas textiles
- › Chispas originadas por la fricción de diferentes metales
- › Cualquier parte giratoria

En particular, debe evitarse la rozadura de las palas de los ventiladores con su carcasa si este contacto puede provocar chispas. Si las palas de los ventiladores son de plástico o aluminio, son aceptables. Otras soluciones que impidan la generación de chispas también pueden ser aceptables.

CAPÍTULO 9

ETIQUETADO DE SISTEMAS



Antes de realizar cualquier mantención en un sistema, es fundamental identificar el tipo de refrigerante que utiliza. Los sistemas fabricados para contener un refrigerante inflamable son caracterizados con una etiqueta (**ver Imagen 10**) y, además, en su placa de características especifican el tipo y cantidad de refrigerante cargado (información utilizada para la reparación del sistema).

Imagen 10 :
Etiqueta que indica la
inflamabilidad

Fuente: ISO 7010 W021



Similar criterio es utilizado en componentes aprobados para la implementación de sistemas que utilizan refrigerantes inflamables. La **Imagen 11** muestra un compresor hermético alternativo monofásico aprobado para el uso de refrigerante R-290.

Imagen 11 :
Compresor aprobado para
R-290

Fuente: www.embraco.com



ADVERTENCIA:

El uso de un refrigerante no aprobado por el fabricante del compresor, puede generar la anulación de la garantía del compresor o el sistema. Además de comprometer la seguridad a las personas y bienes materiales.

CAPÍTULO 10
MANIPULACIÓN Y
ALMACENAMIENTO
DE CILINDROS
REFRIGERANTES



10.1. MANIPULACIÓN

La manipulación de un refrigerante inflamable es relevante para realizar procedimientos de servicio seguros, donde el prestador técnico de servicio debe considerar todas las acciones pertinentes para eliminar potenciales riesgos y consecuentes daños. Las consideraciones mínimas para manipular cilindros de refrigerantes inflamables son:

- Para incrementar la presión del refrigerante en el cilindro, nunca aplicar una llama abierta. En el mismo contexto, al utilizar bandas calefactoras o agua, el cilindro no debe exceder los 40 °C
- Abrir y cerrar la válvula lentamente
- Utilizar conexiones apropiadas al cilindro de refrigerante
- Los cilindros no se deben dejar caer al suelo, aunque estén provistos de un capuchón protector de la válvula
- No modificar o reparar la válvula de un cilindro dañado
- Nunca etiquetar un cilindro de refrigerante especificando otro tipo de fluido
- Prohibido reutilizar un cilindro de refrigerante desechable
- La especificación de fábrica referente al tipo de refrigerante que contiene el cilindro debe ser obligatoriamente respetada, y si es necesario, etiquetar el cilindro nuevamente indicando el tipo de refrigerante y su característica de inflamabilidad



10.2. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de cilindros que contienen refrigerante inflamable debe cumplir con la normativa vigente referente a sustancias peligrosas. Sin embargo, y no sobreponiéndose a la normativa vigente, es posible indicar consideraciones básicas, tales como:

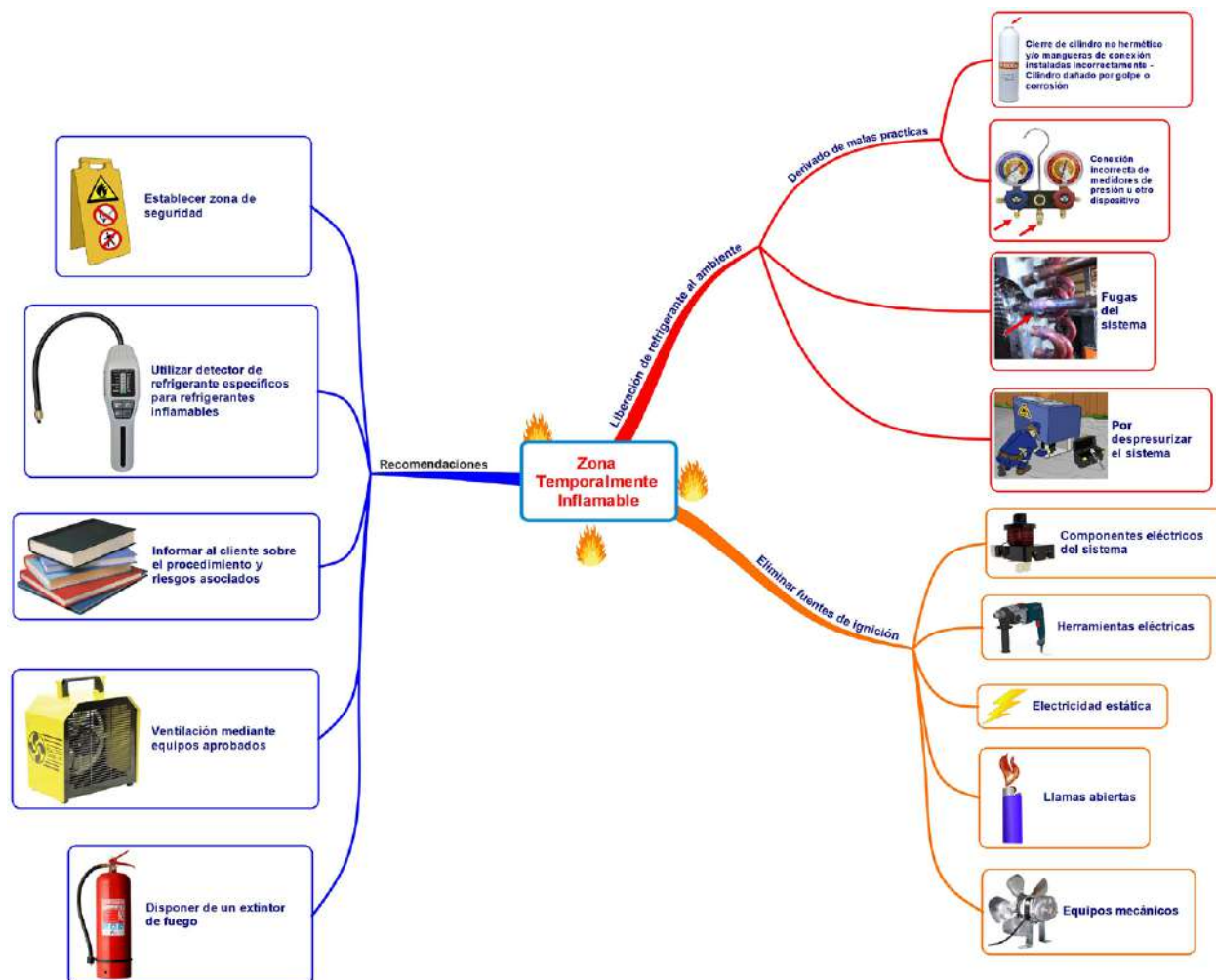
- Almacenar en un lugar apropiado, a una temperatura máxima de 52 °C, sin riesgo de incendio, protegido de la radiación solar y de cualquier fuente directa de calor
- Alejados de fuentes de ignición
- En la zona de almacenamiento, los cilindros deben fijar firmemente evitar su caída
- Con el objetivo de minimizar la corrosión en cilindros de refrigerantes el lugar de almacenaje debe ser seco y protegido de cualquier condición que pudiera dañarlos
- Siempre almacenar cilindros en posición vertical, y apilados según especificaciones del fabricante.
- Los cilindros se almacenarán en áreas dedicadas específicas o jaulas, preferentemente en el exterior, pero en lugar seco y bien ventilado, alejado de riesgos de fuego
- El acceso a las áreas de almacenamiento será restringido a "sólo personal autorizado", y las áreas serán marcadas con carteles prohibiendo fumar y el uso de llamas abiertas
- Se almacenarán a nivel del piso, nunca en sótanos o bodegas
- Nunca se almacenarán en edificios residenciales
- Se debe evitar la acumulación de electricidad estática

CAPÍTULO 11

SEGURIDAD PREVIA Y DURANTE EL SERVICIO DE SISTEMAS QUE UTILIZAN REFRIGERANTES INFLAMMABLES



Antes de realizar cualquier mantención en un sistema que utiliza un refrigerante inflamable, es importante realizar controles para garantizar que el área donde se realizará el trabajo es segura, ya que será considerada como una zona temporalmente inflamable ([ver capítulo 8](#)).



El prestador técnico de servicio debe evaluar todos los aspectos de seguridad al realizar cualquier tipo de mantención e instalación, donde debe considerar como mínimo los siguientes aspectos:

Imagen 12

Factores que influyen en un procedimiento seguro

Fuente: Elaboración propia



11.1. PREVIO AL SERVICIO

- Es necesario tener las competencias (teóricas y prácticas) para desarrollar el trabajo, el cual solo debe ser realizado por personal calificado, es caso contrario abstenerse del realizar el trabajo
- Seguir las indicaciones entregadas por el fabricante del sistema (catálogos, manuales de servicio, etc.)
- En el caso de no ser posible identificar el tipo de refrigerante contenido en un sistema, considerar las directrices relacionadas con un refrigerante clasificado como A3 (según NCh3301:2017).
- Realizar una inspección visual general, verificando un escenario adecuado para la ejecución del trabajo
 - › Evitar trabajar dentro de lugares restrictivos
 - › En el lugar de trabajo no deben ser almacenados materiales inflamables
 - › Eliminar cualquier potencial fuente de ignición ([ver capítulo 8](#))
 - › Adecuada ventilación para la dispersión del refrigerante en el caso de una emisión al ambiente
- Disponer de un extintor de fuego multipropósito de CO₂ o polvo seco ([ver Imagen 29](#))
- Delimitar con una señalización adecuada la zona temporalmente inflamable ([ver capítulo 7](#))
- Disponer en buen estado de herramientas, equipos e instrumentos a utilizar
- Utilizar los elementos de protección personal pertinentes al trabajo
- Programar la secuencia del trabajo
- Desenergizar el sistema, y según necesidad realizar bloqueo del tablero eléctrico y/o disyuntor termomagnético.
- Todo el personal y otras personas que trabajan en el lugar donde se realizarán los trabajos deben ser informadas sobre la naturaleza y riesgos del procedimiento



11.2. DURANTE EL SERVICIO

- Al liberar refrigerante al ambiente (venteo), evitar que la mezcla alcance su rango de inflamabilidad, considerar similares precauciones al liberar nitrógeno utilizado para presurizar o purgar el sistema ([ver 16.2](#))
- Utilizar detectores aprobados para refrigerantes inflamables, el cual debe mantenerse encendido durante todo el procedimiento, en una ubicación de 20 a 30 cm sobre el nivel del piso
- En el caso de utilizar detectores de gases para atmósferas explosivas ([ver Imagen 28](#)), se debe ajustar para emitir una alarma sonora al 15% del límite inferior de inflamabilidad del refrigerante
- Utilizar únicamente nitrógeno seco para presurizar y purgar el sistema
- Los medios utilizados para suministrar nitrógeno seco para pruebas de hermeticidad o purga del sistema deben disponer de cilindro aprobado y como mínimo de un dispositivo de reducción de presión con un manómetro en la salida ([ver capítulo 13](#))
- Utilizar un equipo de soldar aprobado y en buenas condiciones ([ver 12.1](#))
- Al intervenir el circuito frigorífico la persona prestadora técnica de servicio debe extraer totalmente el refrigerante del sistema, antes de realizar cualquier soldadura
- Al desinstalar tapas de acceso, es necesario tener extremo cuidado con los tornillos, los cuales deben ser instalados totalmente (cantidad) al final del trabajo. Al ser necesario, reponer por uno similar
- En la reparación de un sistema, es obligatorio utilizar únicamente componentes aprobados para ser utilizados con refrigerantes inflamables
- Utilizar refrigerante aprobados, con certificación de pureza. Es prohibido utilizar hidrocarburos comercializados como combustibles
- Está prohibido poner en funcionamiento un sistema contaminado con aire (gas no condensable que contiene oxígeno)

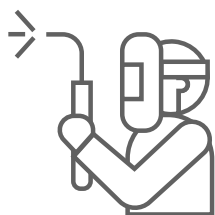
Considerar que todos los procesos de mantención correctiva de un sistema pueden provocar la liberación de refrigerante al ambiente y, en consecuencia, el potencial riesgo de alcanzar su rango de inflamabilidad.

En la fabricación de los sistemas que utilizan refrigerantes inflamables, al utilizar componentes aprobados se eliminan fuentes de ignición, tales como: interruptores de puertas, algunos motores de ventiladores, termostatos o conexiones eléctricas, etc. Por lo cual, las potenciales fuentes de ignición provienen de las herramientas utilizadas en el servicio (ejemplo: taladros, bombas de vacío, etc.) y las presentes en el área de trabajo ([ver capítulo 8](#)).

..... CAPÍTULO 12
UNIONES DE TUBERÍAS
Y COMPONENTES



La unión de tuberías y componentes de un sistema, deben ser prioritariamente uniones no desmontables (soldadura fuerte). Sin embargo, podrían ser desmontables, en el caso de ser incluidas originalmente en el sistema o indicada su realización por el fabricante (bajo los mismos estándares). Por ejemplo, en unidades exteriores (equipos de aire acondicionado del tipo dividido) localizadas en ambientes ventilados. En todos los casos, la unión debe ser realizada para asegurar su hermeticidad en el tiempo.



12.1. UNIONES NO DESMONTABLES (SOLDADURA FUERTE)

La utilización de un equipo para realizar soldadura fuerte es un riesgo, independiente del tipo de refrigerante que contenga el sistema. Sin embargo, el riesgo aumenta al utilizar el equipo de soldar en una reparación de un sistema que utiliza refrigerante inflamable. La mayor presencia de sustancia inflamable (ejemplo: acetileno), posible aumento de oxígeno en el ambiente y una llama abierta, fundamentan el aumento de las precauciones necesarias para realizar un procedimiento seguro. Considerar como mínimo las siguientes medidas:

- › El trabajo debe ser realizado únicamente por un prestador técnico de servicio calificado para procedimientos de soldadura fuerte y manejo de refrigerantes inflamables
- › Utilizar los elementos de protección personal pertinentes al trabajo a desarrollar
- › Comprobar el estado del equipo de soldar, principalmente evitar las fugas de oxígeno al ambiente
- › El sistema de refrigeración no debe contener refrigerante al momento de separar piezas o realizar soldadura
- › El prestador técnico de servicio debe cerciorarse que no quedan trazas de refrigerante en el aceite. Para ello se venteará, purgará con nitrógeno, se hará vacío y volverá a cargar con nitrógeno antes de utilizar el equipo de soldar, comprobando previamente la presencia de refrigerante mediante un detector aprobado
- › Realizar las soldaduras con flujo interno de nitrógeno seco en las tuberías

12.2. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE UNIÓN

Un método alternativo de unión a la utilización de soldadura fuerte, corresponde a las juntas prensadas, aplicable usualmente en pequeños sistemas domésticos y comerciales⁶. Es importante enfatizar que el proceso de unión requiere el uso de herramientas, insumos y accesorios especiales, en el caso de no disponer de todo lo necesario para realizar una unión hermética, abstenerse de utilizar este método.

Imagen 13
Herramienta manual de
montaje Lokring

Fuente: www.vulkan.com



Imagen 14
Sistema de unión
ZoomLock

Fuente: www.parker.com



NOTA:

Un método alternativo de unión, podría ser utilizado en sistemas que utilizan refrigerantes inflamables, siempre y cuando disponga de alguna certificación. Además, debe ser aprobado por el fabricante del sistema.

⁶ Comprobar disponibilidad comercial de herramienta de montaje y accesorios para distintos diámetros.

CAPÍTULO 13

UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO PARA PROCEDIMIENTOS DE SERVICIO



Un cilindro de nitrógeno podría contener una presión superior a los 2000 psi, presión que podría causar daño al sistema al conectar el cilindro de nitrógeno de forma directa. Por lo cual, es fundamental utilizar el cilindro de nitrógeno con un manómetro reductor de presión ([ver Imagen 34](#)), apropiado para el valor de presión requerido.

Se prohíbe el uso de aire comprimido, oxígeno, compresores externos u otro gas para presurizar el sistema, para generar flujo en el proceso de soldadura fuerte (recomendado utilizar un flujómetro ([ver Imagen 35](#)) y barridos para purga del refrigerante inflamable.

NOTA:

Verificar los valores máximos de presión que soporta el sistema para realizar la prueba de hermeticidad.

... CAPÍTULO 14
PROCEDIMIENTO
... DE VACÍO



El objetivo del vacío es extraer la humedad y los gases no condensables, procedimiento previo a la carga de refrigerante. No es recomendable utilizar el vacío para comprobar la hermeticidad del sistema, ya que imposibilidad individualizar la magnitud y lugar de la fisura, permitiendo el ingreso de aire. Por otra parte, para el procedimiento se deben utilizar únicamente herramientas e instrumentos adecuados ([ver Imagen 24](#) e [Imagen 39](#)), no se permite el uso de compresores externos o el compresor del mismo sistema.

Realizar correctamente el procedimiento de vacío en sistemas que utilizan refrigerantes inflamables es fundamental desde el punto de vista funcionalidad y seguridad, y por ningún motivo debe obviarse. La presencia de aire en el interior del sistema, combinado con el refrigerante podría producir una mezcla inflamable. Por otro lado, la humedad contenida en el aire al interior del sistema podría provocar arco eléctrico en las conexiones eléctricas interiores del compresor, produciendo la combustión de la mezcla, y en consecuencia comprometer la seguridad de la persona usuaria y/o prestador técnico de servicio.

14.1. EJECUCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Se verificará que la descarga de la bomba de vacío se sitúa en un área libre de potenciales fuentes de ignición, preferentemente en el exterior. Para medir el vacío se utilizará un vacuómetro, ya que los manómetros pertenecientes a los árboles de carga imposibilitan medir la presión absoluta de vacío. También sirven los vacuómetros incluidos en algunos árboles de carga electrónicos.

Preferiblemente, la bomba de vacío debería ser libre de fuentes de ignición ([ver Imagen 39](#)), esto requiere que el interruptor sea sellado o sin chispa. Como alternativa, la bomba de vacío genérica ([ver Imagen 31](#)) puede ser conectada y prendida remotamente en una toma de corriente alejada de las zonas temporales de ignición y/o dispuesta sobre una base firme, elevada 70 cm sobre el nivel del piso.

Realizar vacío en el sistema a menos de 1000 Micrones de mercurio absoluto. Este vacío se mantendrá como mínimo 30 minutos y después se romperá mediante nitrógeno seco a un valor de presión de 2 a 5 psi, manteniendo esta condición por mínimo 10 minutos. Se realizará nuevamente vacío a menos de 500 Micrones de mercurio absoluto. Este vacío se mantendrá como mínimo 1 hora y después se romperá utilizando el refrigerante del sistema. En sistemas enfriadores de líquido, existe la posibilidad que producto de una falla se genere el ingreso agua en estado líquido al sistema, por lo cual, se debe verificar la necesidad de realizar el procedimiento de triple vacío.

En el proceso de vacío, una vez detenida y aislada la bomba de vacío, existen tres posibles escenarios:

1. Pérdida del nivel de vacío sin estabilización de la lectura del vacuómetro:
Ingreso de aire atmosférico producto de una fisura en algún punto del sistema. Es poco probable alcanzar un nivel de vacío menor a 500 micrones de mercurio en estas condiciones. Nuevamente realizar prueba de hermeticidad.
2. Pérdida del nivel de vacío con estabilización de la lectura del vacuómetro: Aun existe humedad en el sistema. Romper vacío con nitrógeno hasta una presión de 2 a 5 psi y continuar con el proceso.
3. No existe variación de la lectura del vacuómetro: El sistema está totalmente deshidratado y hermético.

Antes de cargar con refrigerante el sistema, el escenario posterior a la detención de la bomba de vacío corresponde al indicado en el punto N°3.

ADVERTENCIA:

El sistema debe mantener el vacío determinado, con la bomba detenida y aislada del sistema.

RECOMENDACIÓN:

Es una buena práctica cambiar el aceite a la bomba de vacío al término de proceso. La contaminación retirada del sistema ahora está en el aceite de la bomba.

· · · CAPÍTULO 15 · · · **CARGA DE REFRIGERANTE**



- La carga de refrigerante es un factor de riesgo importante en un sistema con carga crítica que utiliza refrigerante inflamable
- Aprobar las pruebas de hermeticidad y vacío antes de cargar refrigerante a un sistema
- La carga de refrigerante solo debe ser realizada posterior al proceso de vacío, el cual es obligatorio.
- Nunca se debe energizar el compresor cuando el sistema está sin carga de refrigerante
- Antes de cargar con refrigerante un sistema, se deberá comprobar minuciosamente el contenido del cilindro. La carga de una sustancia inapropiada afectará la funcionalidad del sistema, su eficiencia energética e incluso podría provocar accidentes, entre ellos explosiones.
- El procedimiento puede variar entre sistemas, es responsabilidad del prestador técnico de servicio realizar todas las acciones para evitar que, durante la carga de refrigerante, se pueda producir un daño al sistema mismo, personas, bienes materiales y/o al medio ambiente.
- El refrigerante utilizado para cargar cualquier sistema debe contar con alguna certificación de calidad (ejemplo: AHRI 700). Particularmente los hidrocarburos utilizados como refrigerantes tienen un alto grado de pureza, no deben ser utilizados hidrocarburos destinados originalmente como combustibles, ya que podrían contener humedad, odorizante y algún otro contaminante perjudicial para el sistema
- En sistemas terminados en fábrica (actualmente todos los sistemas que utilizan refrigerantes inflamables) la cantidad de refrigerante es especificada en la placa de características y/o información técnica suministrada por el fabricante. Es obligatorio utilizar este valor como referencia, mediante la utilización de una báscula
- Los refrigerantes pueden ser cargados como líquido y/o vapor el sistema en función de su comportamiento en el cambio de fase. Si la carga de refrigerante debe realizarse en estado líquido (mezcla zeotrópica serie 400) es preferible realizarla en algún punto de la línea de líquido, o utilizar un accesorio restricto para impedir un potencial daño al compresor.
- Muchas básculas tradicionalmente utilizadas en la mantención de sistemas que no utilizan refrigerantes inflamables, no son aptas para ser utilizadas, ya que la escala de la báscula no cumple con la precisión adecuada. Utilizar bascular con sensibilidad de 1 gramo ([ver Imagen 40](#))

- Considerar que una manguera de carga de 3/8" permite pasar un caudal al menos 4 veces mayor que una manguera de 1/4", en igualdad de condiciones
- Con objetivo de minimizar las pérdidas de refrigerante, las mangueras de carga deberán ser lo más cortas posibles y deberán estar provistas de válvulas o conexiones de cierre automático
- Conectar el sistema de refrigeración a tierra antes de la carga para evitar la posibilidad de acumulación de electricidad estática
- Cargar refrigerante de forma dosificada para evitar sobrecargas, evaluando continuamente las condiciones de funcionamiento del sistema
- Está prohibido dejar permanentemente los cilindros de refrigerante conectados al sistema

ADVERTENCIA:

Nunca energizar el compresor con el sistema en vacío.

ADVERTENCIA:

Los hidrocarburos tienen una mayor densidad que el aire, por lo cual, al ser liberados a la atmósfera se acumulan cerca del piso.

CAPÍTULO 16
**MANTENCIÓN DE
SISTEMAS QUE UTILIZAN
HIDROCARBUROS COMO
REFRIGERANTE**



Generalmente los sistemas que utilizan hidrocarburo como refrigerante, tienen una carga crítica de refrigerante, están constituidos de compresores herméticos y utilizan como dispositivo de expansión un tubo capilar. Por ejemplo: refrigeradores domésticos, vitrinas, congeladores, visicooler, etc. La siguiente secuencia indica genéricamente los pasos y consideraciones mínimas de seguridad para realizar una mantención correctiva a un sistema con las características constructivas mencionadas.

Es importante enfatizar que la secuencia y consideraciones indicadas podrían variar de acuerdo al tipo y condición inicial del sistema. Es responsabilidad del prestador técnico de servicio realizar los trabajos necesarios para reestablecer la funcionalidad del sistema, aplicando buenas prácticas en refrigeración y minimizando riesgos asociados a la utilización de refrigerantes inflamables.

16.1. LUGAR PARA REALIZAR EL PROCEDIMIENTO

Como antes mencionado, al reparar una fuga, sustituir el compresor o realizar cualquier reparación que demande la apertura del circuito frigorífico, es recomendable trasladar el sistema a un ambiente abierto ([ver capítulo 7](#)) para reducir los riesgos y evitar cualquier accidente, lo cual es de responsabilidad absoluta del prestador técnico de servicio que desarrolla el trabajo.

16.2. LIBERACIÓN DE REFRIGERANTE AL AMBIENTE (VENTEO)

Es aceptable únicamente liberar refrigerantes hidrocarburos (ejemplo: R-290 y R-600a), siempre y cuando, al ser clasificados como combustibles, no exista una normativa que lo prohíba. Por otro lado, es importante destacar que refrigerantes HFO como el R-1234yf y HFC como el R-32, no deben ser liberados a la atmósfera.

El lugar donde será liberado el refrigerante hidrocarburo (HC), debe impedir cualquier acumulación, y además no debe activar ningún sistema de detección y alarma. A continuación, consideraciones mínimas para liberar el refrigerante al ambiente:

- La liberación de refrigerante no debe ser realizada en un área pública, donde personas desconozcan el procedimiento o no pueda establecerse un área segura
- No está permitido bajo cualquier circunstancia la liberación de refrigerante dentro de un área cerrada (sin posibilidad de ventilación) o a un nivel inferior del suelo
- Liberar el refrigerante en el interior de un edificio no es permisible bajo ninguna circunstancia
- Al liberar refrigerante se debe impedir su migración a edificios adyacentes, y a ubicaciones por debajo del nivel del suelo

- Eliminar todas las potenciales fuentes de ignición ([ver capítulo 8](#))
- Liberar el refrigerante de forma secuencial, utilizando las llaves del árbol de carga para generar un bajo caudal , permitiendo una buena dispersión y una buena dispersión
- Si la cantidad de refrigerante a liberar es superior a 150 gramos y aunque el procedimiento se realice en un ambiente abierto, evaluar su recuperación con el objetivo de minimizar riesgos
- Al ser necesario canalizar al exterior la liberación de refrigerante desde el lugar de emplazamiento del sistema ([ver Imagen 8](#)), se debe:
 - › Utilizar una manguera de una longitud suficiente, compatible con el refrigerante y aceite
 - › Deben existir mínimo 3 metros desde la descarga de la manguera al perímetro exterior de la dependencia
 - › Establecer una zona segura de mínimo 3 metros desde el punto de descarga de la manguera, ubicando la señalética de advertencia cerca de la descarga
 - › La descarga de la manguera debe estar elevada a 1 metro del nivel de suelo apuntando hacia arriba e Idealmente, debería haber un distribuidor al final con descarga en diferentes direcciones y orificios de salida pequeños (para ayudar con la dispersión)

16.3. MANTENCIÓN CORRECTIVA

Aplicar las consideraciones indicadas en "Seguridad previa y durante el servicio de sistemas que utilizan refrigerantes inflamables" ([Ver Capítulo 11](#)).

16.3.1. Reparación de una fuga

- En el caso de no existir acceso permanente al sistema, instalar una válvula de acceso o un alicate para perforar tubos ([ver Imagen 19 e Imagen 20](#)), en el tubo de servicio del compresor
- Si el sistema aún contiene refrigerante, realizar la búsqueda de la fuga mediante un detector de fugas aprobado, preferentemente electrónico. Posterior a localizar la fuga, se debe liberar el refrigerante lentamente al ambiente ([Ver 16.2](#))
- Al no contener refrigerante el sistema, se debe presurizar con nitrógeno seco y realizar la búsqueda de fuga mediante solución jabonosa. Posterior a localizar la fuga, se debe liberar el nitrógeno lentamente al ambiente
- Verificar mediante el detector de fugas, ubicándolo en el tubo de servicio del compresor o acceso instalado, la presencia de refrigerante en el interior del sistema, si fuera necesario, utilizar una bomba de vacío para extraer la totalidad del refrigerante del sistema, alcanzado una presión mínima de 1 psi⁷ . La presión no debe aumentar en un lapso de 30 min. En caso contrario repetir el proceso

⁷ Evitar el ingreso de gases no condensables

- Posteriormente, presurizar ligeramente con nitrógeno seco y liberarlo lentamente al ambiente
- Desinstalar el filtro secador de la línea de líquido, cortándolo las tuberías mediante herramientas apropiadas
- La reparación de la fuga y la instalación del nuevo filtro secador se debe realizar mediante soldadura fuerte u otro método alternativo de unión adecuado para refrigerantes inflamables ([ver capítulo 12](#))
- Reparar la fuga, sustituyendo el tramo de tubería dañado, si corresponde
- Instalar un apéndice de carga en la ubicación del tubo de acceso al compresor
- Comenzar la instalación del filtro secador, inicialmente uniendo el capilar al filtro
- Mediante un flujo de nitrógeno a una presión de 5 psi, aplicado en el tubo de servicio del compresor o acceso instalado, verificar la correcta circulación a través del filtro secador (capilar no obstruido)
- Concluir la instalación del filtro secador
- Realizar prueba de hermeticidad (búsqueda de fugas por solución jabonosa) utilizando nitrógeno seco ([ver capítulo 13](#))
- Realizar vacío ([ver capítulo 14](#)) y carga de refrigerante ([ver capítulo 15](#))
- Retirar el acceso instalado (caimán o válvula) utilizando una herramienta de estrangulación ([ver Imagen 21](#)), soldadura fuerte u otro método alternativo
- Finalmente, comprobar la hermeticidad del sistema mediante el detector de fugas electrónico
- Realizar reporte de actividades y/o registro en la bitácora del equipo

16.3.2. Sustitución del compresor

- En el caso de no existir acceso permanente al sistema, instalar una válvula de acceso o un alicate para perforar tubos ([ver Imagen 19](#) e [Imagen 20](#)), en el tubo de servicio del compresor
- Liberar el refrigerante lentamente al ambiente ([ver 16.2](#))
- Presurizar el sistema ligeramente con nitrógeno seco, el cual posteriormente se debe ventearse lentamente al ambiente
- Verificar mediante el detector de fugas, ubicándolo en el tubo de servicio del compresor o acceso instalado, la presencia de refrigerante en el interior del sistema, si fuera necesario, utilizar una bomba de vacío para extraer la totalidad del refrigerante del sistema, alcanzado una presión mínima de 1 psi. La presión no debe aumentar en un lapso de 30 min. En caso contrario repetir el proceso

- Desinstalar el filtro secador de la línea de líquido, cortándolo las tuberías mediante herramientas apropiadas
- Desconectar cuidadosamente la conexión eléctrica del compresor
- Desinstalar el compresor dañado, preferentemente mediante el corte de las tuberías de conexión. Al observar que no es factible cortar las tuberías, se debe utilizar un equipo de soldar para desconectar el compresor, en este caso, generar un flujo de nitrógeno (no presurización) en las partes a intervenir
- Según la naturaleza del problema que generó la necesidad de sustituir el compresor, se debe realizar un procediendo de limpieza interior del sistema (flushing). La ausencia de esta labor, puede provocar que el compresor de recambio falle prematuramente. Utilizar únicamente métodos de limpieza aprobados para este tipo de sistemas
- Comenzar la instalación del filtro secador, inicialmente uniendo el capilar al filtro
- Mediante un flujo de nitrógeno a una presión de 5 psi, aplicado en tubería de aspiración utilizando un adaptador de servicio ([ver Imagen 18](#)) u otro accesorio, verificar la correcta circulación a través del filtro secador (capilar no obstruido)
- Concluir la instalación del filtro secador
- Despresurizar el nuevo compresor según recomendaciones del fabricante. Desde este momento, se debe realizar el procedimiento restante lo más rápido posible, para evitar la contaminación del aceite contenido en el nuevo compresor
- Instalar un apéndice de carga en la ubicación del tubo de acceso al compresor
- Realizar la conexión de la aspiración y descarga del compresor, mediante soldadura fuerte u otro método alternativo de unión adecuado para refrigerantes inflamables ([ver capítulo 12](#)).
- Realizar prueba de hermeticidad (búsqueda de fugas por solución jabonosa) utilizando nitrógeno seco ([ver capítulo 13](#)).
- Conectar eléctricamente el compresor
- Realizar vacío ([ver capítulo 14](#)) y carga de refrigerante ([ver capítulo 15](#)).
- Retirar el acceso instalado (caimán o válvula) utilizando una herramienta de estrangulación ([ver Imagen 21](#)), soldadura fuerte u otro método alternativo
- Finalmente, comprobar la hermeticidad del sistema mediante el detector de fugas electrónico.
- Realizar reporte de actividades y/o registro en la bitácora del equipo

A man with a beard, wearing a white t-shirt and grey gloves, is working on a white outdoor air conditioning unit. He is using a screwdriver to adjust a component on the top of the unit. The unit is mounted on a light-colored, textured wall. The background shows a window frame and some foliage.

CAPÍTULO 17
MANTENCIÓN DE SISTEMAS
DE AIRE ACONDICIONADO
QUE UTILIZAN R-32

El R-32 es un refrigerante HFC aprobado por algunos fabricantes de sistemas de aire acondicionado, convirtiéndose en el reemplazo (según corresponda la aplicación) del R-22, R-407C y R-410A. Sin embargo, su utilización está sujeta a diversas condiciones, es un refrigerante para sistemas nuevos, no aprobado para la conversión de sistemas que utilicen los refrigerantes mencionados.

La diferencia principal entre el R-32 y los demás refrigerantes utilizados en sistemas de aire acondicionado (como los señalados anteriormente) corresponde a su característica de inflamabilidad ([Clasificación A2L, ver Tabla 7](#))

17.1. CONSIDERACIONES RELEVANTES PARA LA MANTENCIÓN DE SISTEMAS

- En general son aplicables las consideraciones indicadas en “Seguridad previa y durante el servicio de sistemas que utilizan refrigerantes inflamables” ([ver capítulo 11](#)) A excepción de la liberación de refrigerante (venteo). Está prohibido liberar R-32 a la atmósfera, en consecuencia debe ser recuperado utilizando únicamente equipamiento comprobado para este tipo de refrigerante ([ver Imagen 32 e Imagen 41](#))
- Al realizar una mantención en un área interior, con el objetivo de evitar concentraciones inflamables (ingreso de aire fresco y dispersión del refrigerante) en el caso de una liberación fortuita de refrigerante, se debe generar un flujo de aire forzado (mínimo 500 m³/h) mediante un ventilador aprobado ([ver Imagen 30](#)) situado en el piso⁸
- Al realizar la reparación del sistema al aire libre, la ventilación forzada sólo será necesaria cuando existe la posibilidad que el refrigerante se acumule debido a paredes circundantes, o cuando la unidad se instala en un pozo o área por debajo del nivel de piso
- En el caso de encontrarse con una fuga de refrigerante, realizar las siguientes acciones:
 - › Interrumpir el suministro eléctrico del sistema
 - › Proveer de ventilación el recinto
 - › Apagar cualquier llama abierta que se pudiera estar utilizando
 - › Evacuar el área, y regresar solo cuando el refrigerante este completamente dispersado
- Las herramientas de servicio utilizadas con sistema que utilicen R-22, como mangueras, manómetros, etc., no pueden ser compartidas con sistemas que utilizan R-32, donde se debe contar con herramientas específicas
- Usualmente las herramientas, instrumentos, máquinas de recuperación y reciclaje, usadas en la mantención de sistema que utilizan R-410A pueden ser utilizadas

.....
⁸ El R-32 tiene una mayor densidad que el aire

en sistemas que utilizan R-32. Sin embargo, se debe verificar las indicaciones y aprobación del fabricante

- El aceite compatible con el R-32 es sintético⁹, aceite altamente higroscópico. Se deben realizar las medidas necesarias para evitar la contaminación por humedad.
- Está prohibido utilizar las mismas tuberías para la interconexión de un sistema que utiliza R-22, en la instalación de un sistema que utiliza R-32. Por otro lado, a pesar de que existen muchas similitudes entre el R-32 y R-410A, el uso de las mismas tuberías para la interconexión, debe ser aprobado por el fabricante del sistema
- Si existe duda referente a la contaminación del sistema por gases no condensables (Ejemplo: aire), realizar la comprobación mediante la relación presión-temperatura del refrigerante
- El R-32 debe ser recuperado del sistema antes de cualquier intervención que requiera la apertura del circuito frigorífico.
- En el caso de requerir verificar la correcta carga de refringente que contiene un sistema, se recupera la carga existente y compararla con la cantidad indicada en la placa de características del sistema
- Posterior a la recuperación del refrigerante y previo a trabajos de soldadura, se debe generar un flujo de nitrógeno con el objetivo de dispersar el refrigerante residual en el sistema
- Las soldaduras fuertes deben ser realizadas, generando un flujo de nitrógeno en el interior de las tuberías o componente a intervenir
- Nunca utilizar una llama abierta sobre un sistema cargado. El refrigerante debe ser totalmente extraído del sistema antes de realizar la desconexión de algún componente o reparación
- Considerar que el R-32 al entrar en contacto con una llama abierta u otro material a una temperatura superior a 300°C podría generar vapores tóxicos como resultado de su descomposición térmica
- No añadir cargas inductivas o capacitivas al circuito eléctrico del sistema
- Sustituir componentes únicamente especificados por el fabricante del sistema
- Al momento de realizar vacío y carga del refrigerante al sistema se debe aplicar las buenas prácticas en refrigeración ([ver capítulo 14 y 15](#))

.....
⁹ Verificar información del compresor

CAPÍTULO 18

MANTENCIÓN DE SISTEMAS QUE UTILIZAN R-1234yf EN APLICACIONES MÓVILES



El R-1234yf es un refrigerante puro (no mezcla) de la familia de los HFO y según sus propiedades de toxicidad e inflamabilidad, clasificado como A2L ([ver Tabla 2](#)). Este refrigerante, es aprobado por algunos fabricantes de automóviles para reemplazar al R-134a únicamente en sistemas de aire acondicionado nuevos, instalados en fábrica. Por lo cual, no es aprobado para la conversión de sistemas que no hayan sido diseñados originalmente para contener este refrigerante.

Debido a la propiedad de inflamabilidad del R-1234yf, y a la potencial posibilidad que el refrigerante se acumule en el área de pasajeros del vehículo, en el caso de una fuga, los fabricantes priorizan la seguridad en el diseño y construcción de los sistemas, lo cual incluye como mínimo la utilización de componentes específicos. Por ejemplo, los evaporadores tienen una marca característica (etiqueta, sello o grabado) indicando que utilizan R-1234yf y cumplen con algún estándar de calidad en su construcción.

Es importante destacar, que aunque los sistemas cargados con R-1234yf presentan similares presiones y temperaturas que los sistemas cargados con R-134a, son dos refrigerantes totalmente distintos, y deben ser manipulados según las características específicas de cada uno.

ADVERTENCIA:

No es aprobado reparar un evaporador con fugas o utilizar uno usado perteneciente a un vehículo desmantelado, siempre debe reemplazarse por uno nuevo.

NOTA:

Los sistemas de aire acondicionado que utilizan R-1234yf u otro refrigerante con similares características, están en constante desarrollo y perfeccionamiento. En consecuencia, los materiales de los componentes que los constituyen también podrían cambiar. Es necesario, tener un especial cuidado al momento seleccionar los componentes correctos en la reparación de este tipo de sistemas.

En el caso de los aceites, pruebas realizadas por fabricantes indican que es posible utilizar aceite PAG en sistemas cargados con R-1234yf, el cual no daña los componentes plásticos o elastómeros que conforman el sistema. Como parte de la aplicación de buenas prácticas en la mantención de sistemas, es obligatorio utilizar la cantidad y el tipo de aceite especificado por el fabricante en la placa de características del vehículo, la cual usualmente es instalada en el compartimiento del motor (frecuentemente en un travesaño cerca del radiador), o en la parte inferior del capó.

NOTA:

Verificar las unidades para expresar la cantidad de refrigerante (ejemplo: kilogramos, gramos, onzas, libras, etc.) Dependiendo del equipo de servicio a utilizar, podría ser necesario realizar conversiones matemáticas de las unidades antes de realizar las reparaciones y la recarga.

18.1. CILINDROS DE REFRIGERANTE QUE CONTIENEN R-1234yf

La etiqueta y el material impreso en el cilindro de refrigerante identifican el contenido y proporcionan información de respuesta ante emergencias limitadas. Además, proporcionan instrucciones para su almacenamiento y manejo seguro. Se debe considerar que fabricantes de refrigerantes, pueden distribuir el producto con distintos nombres comerciales. Sin embargo, siempre se debe comprobar que el cilindro contenga R-1234yf y no otro refrigerante.

Los cilindros que contienen R-134a son de color azul claro y los cilindros de R-1234yf son de color blanco con una franja o banda roja. El rojo se utiliza para recordar a los usuarios que el producto es inflamable.



Imagen 15
Cilindro no reutilizable de R-1234yf

Fuente: www.chemours.com



Imagen 16
Cilindro no reutilizable de R-134a

Fuente: www.chemours.com

18.2. IDENTIFICANDO EL R-1234yf

Siempre se debe identificar el refrigerante en un sistema antes de realizar cualquier trabajo. Es de vital importancia mantener separados los refrigerantes para evitar la contaminación tanto en el vehículo como en el equipo del taller. Al mezclar los refrigerantes, incluso accidentalmente, puede resultar en presiones inapropiadas, daños al sistema y componentes, errores de diagnóstico y riesgos para las personas y el medio ambiente. Como ya mencionado, inicialmente revisar la placa de características del vehículo para conocer el tipo de refrigerante que utiliza el sistema. Posteriormente, comprobar dicha información mediante la utilización de un identificador de refrigerante ([ver Imagen 47](#)).

ADVERTENCIA:

Se debe considerar que puede estar ausente la placa de características del sistema y los propietarios del vehículo u otros talleres de servicio, podrían haber instalado adaptadores en los puertos de servicio para utilizar otros refrigerantes.

NOTA:

El estándar SAE J2843 requiere que todas las máquinas de recuperación/reciclaje/recarga ([ver Imagen 48](#)) construidas para ser utilizadas con el R-1234yf tengan un identificador de refrigerante integrado que cumpla con el estándar SAE J2927 o sea capaz de recibir una señal de un identificador no integrado, que cumpla con la norma SAE J2912, a través de un puerto USB.

18.3. PUERTOS DE SERVICIO

Para evitar la contaminación del sistema y equipos utilizados para su reparación, existen puertos de servicio específicos para R-1234yf. Estos son encontrados en las conexiones de los cilindros de refrigerante, herramientas de servicio ([ver Imagen 45](#)) y el propio sistema de aire acondicionado del vehículo, los cuales frecuentemente tienen dos puertos de servicio, alta y baja presión. Los puertos de servicio de sistemas que utilizan R-1234yf son diferentes en tamaño, forma y patrón de rosca, al igual que sus tapones protectores externos (Norma SAE J639) en comparación a los sistemas más antiguos que utilizan R-134a y R-12.

18.4. DETECTOR DE FUGAS ELECTRÓNICO

Se debe asegurar que el detector de fuga reconozca y reaccione al refrigerante R-1234yf ([ver Imagen 27](#)). Los detectores electrónicos de fugas se comercializan bajo variadas marcas y utilizan diferentes métodos para detectar el refrigerante. Un detector de fugas electrónico debe cumplir con un estándar de fabricación (ejemplo: SAE J2913), que asegure su correcto funcionamiento con este tipo de fluido. Además, se debe disponer de un instrumento que sea capaz de detectar una fuga de mínimo 4,25 g/año.

18.5. FLUIDOS TRAZADORES PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS

Antes de agregar cualquier fluido trazador a un sistema ([ver Imagen 49](#)), se debe conocer su aprobación por parte del fabricante. Un fluido trazador debe cumplir con un estándar (ejemplo: SAE J2297), al cumplir con este criterio, se asegura que el fluido trazador es compatible con el refrigerante y que no dañará los sellos y/o lubricantes.

18.6. MÁQUINA PARA RECUPERACIÓN/RECICLAJE/CARGA DE REFRIGERANTE

Cada herramienta o máquina que se utilice para el servicio o reparación de un sistema con R-1234yf debe estar aprobada para su uso con este refrigerante, en función de su característica de inflamabilidad. Las máquinas de recuperación/reciclaje/recarga para el R-1234yf ([ver Imagen 48](#)), debe cumplir con un estándar de fabricación (ejemplo: SAE J2843).

Para los sistemas que utilizan R-1234yf algunos pasos y procedimientos para el mantenimiento son diferentes de otros refrigerantes. Es responsabilidad del prestador técnico de servicio informarse sobre la utilización de la máquina de recuperación/reciclaje/recarga y los procedimientos específicos para realizar la mantención del sistema. Respecto a la carga de refrigerante, la máquina de recuperación/reciclaje/recarga del R-1234yf está diseñada para evitar fugas y cargar la cantidad específica de refrigerante, previo procedimiento de vacío al sistema.

18.7. CARGAS CRÍTICAS

Los sistemas con R-1234yf utilizan menos refrigerante que sistemas que utilizan, por ejemplo, R-134a. Además, son menos tolerantes a las cantidades incorrectas. Los sistemas cargados con R-1234yf son optimizados para operar con una cantidad específica de refrigerante. Aunque la mayoría de la carga de refrigerante al sistema se realiza con máquinas automáticas, los errores siguen siendo posibles y se deben considerar todas las precauciones para ser lo más preciso posible. Las cargas menores pueden provocar un enfriamiento deficiente y una inapropiada lubricación del compresor. Por otro lado, la sobrecarga de refrigerante puede causar presiones altas de operación y retorno de líquido al compresor.

18.8. PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD ESPECÍFICOS PARA SISTEMAS QUE UTILIZAN R-1234yf

- El área de trabajo debe estar ventilada, evitando la acumulación de refrigerante en el interior y bajo el vehículo, o en cualquier área baja como una escalera o pozo de reparación

- Durante una reparación, mantener las puertas y ventanas del vehículo abiertas, para evitar acumulación del refrigerante en el interior del vehículo, en el caso de una fuga importante
- Eliminar todas las potenciales fuentes de ignición en el área de trabajo, esto puede incluir equipos no relacionados al sistema, tales como: esmeriles, soldadoras, secadoras, cargadores de batería y equipos similares. Algunas herramientas de taller comunes contienen motores o interruptores que producen una chispa interna
- Considerar que el sistema de encendido de un vehículo puede producir chispas externas bajo ciertas condiciones, se debe evitar la formación de arcos y la puesta a tierra accidental de los circuitos eléctricos
- Utilizar luces de trabajo del tipo LED para evitar el riesgo de una ampolla rota en el área de trabajo
- Prohibir fumar en el área de trabajo
- Disponer de extinguidores de fuego en el área de trabajo
- Considerar todas las medidas para evitar una liberación accidental de refrigerante y consecuente exposición, la cual puede causar severos daños, tal como, la congelación de la piel
- Siempre utilizar equipos de protección personal durante el servicio, como mínimo: gafas de seguridad apropiadas y guantes (impermeables al refrigerante)
- No almacenar los cilindros de refrigerante en áreas bajas como los sótanos o debajo de una escalera
- En el caso de un vehículo híbrido o completamente eléctrico, se debe desactivar el sistema eléctrico de alta tensión antes de comenzar las reparaciones. En su defecto, al no tener el conocimiento suficiente para realizar el procedimiento, abstenerse de realizar el trabajo
- Conectar el manómetro en el sector de alta presión, solo cuando la presión haya disminuido (compresor detenido)
- No permitir la presencia de ninguna persona debajo del vehículo mientras se recarga el sistema. Una fuga inesperada de refrigerante o una liberación repentina de la válvula de presión pondrían saturar el suelo de refrigerante, desplazando el oxígeno
- El R-1234yf sólo debe ser utilizado en sistemas diseñados específicamente para dicho refrigerante.
- No utilizar diferentes refrigerantes en un sistema diseñado para R-1234yf.

Cada máquina o dispositivo que se utilice para realizar cualquier procedimiento de servicio a un sistema con R-1234yf, debe ser aprobado para su uso con un refrigerante inflamable.

- Leer la placa de características del vehículo para identificar la cantidad correcta de refrigerante que debe ser cargada al sistema.
- Revisar la Hoja de Datos de Seguridad de los Materiales (MSDS) para el R-1234yf. Los MSDS contienen detalles sobre cómo manejar los problemas, incluyendo la inhalación accidental, derrames e incendios. Los MSDS y las hojas de seguridad de los productos están disponibles de muchas fuentes, incluyendo su proveedor de refrigerante o en Internet.

18.9. CONSIDERACIONES IMPORTANTES EN LA MANTENCIÓN DE UN SISTEMA QUE UTILIZA R-1234yf

La mantención de un sistema que utiliza R-1234yf es diferentes en algunos aspectos a los procedimientos conocidos para otros fluidos. A continuación, se indican consideraciones mínimas al momento de realizar la mantención de un sistema que utiliza R-1234yf:

- El refrigerante R-1234yf se debe recuperar, reciclar o regenerar (si aplica), según corresponda, está prohibida su liberación (venteo) al ambiente
- El refrigerante R-1234yf utilizado en la reparación de un sistema, debe contar con certificación de pureza, es prohibido utilizar refrigerante contaminado
- El aceite del compresor en desuso se debe entregar a un gestor de residuos, según la normativa vigente
- Evitar la contaminación de refrigerantes, utilizando equipos e instrumentos específicos para cada fluido. Los equipos e instrumentos utilizados para reparar un sistema que utiliza R-1234yf, deben ser aprobados para ser utilizados con dicho fluido
- Identificar el refrigerante del sistema antes de iniciar cualquier trabajo de mantención
- En la reparación de un sistema, utilizar únicamente componentes aprobados por el fabricante. La utilización de componentes genéricos compromete la seguridad de los ocupantes del vehículo
- Está prohibido reparar una fuga del evaporador de un sistema cargado con R-1234yf o reemplazarlo por una unidad usada (reciclada). Utilizar evaporadores específicos, los cuales deben cumplir con un estándar de fabricación (ejemplo SAE J2842)
- Utilizar sellos nuevos y aprobados en las conexiones de flexibles
- Realizar los aprietes utilizando las herramientas adecuadas y el torque especificado por el fabricante

The background of the image shows a blurred industrial setting with prominent red pipes and valves. In the foreground, a white hard hat is positioned behind a bright yellow hard hat. Below the yellow hard hat is a thick stack of white papers, likely blueprints or technical documents, which are slightly fanned out. The overall lighting is warm and focused on the foreground objects.

· CAPÍTULO 19
· **PLANIFICACIÓN**
· **DE EMERGENCIAS**

Un prestador técnico de servicio que desarrolla labores de mantención a un sistema de refrigeración que utiliza refrigerante inflamable, debe contar con un plan interno de emergencia, en función de la magnitud del sistema, restricciones del lugar de emplazamiento y tipo de ocupación. Además, en el caso, de mantener un sistema que utilice una cantidad superior a 0,150 kg de refrigerante inflamable, debe coordinar con el titular del sistema un plan de emergencia global, incluso con distintos niveles.

Los tipos de emergencias a planificar pueden incluir fuego, explosión, escape de refrigerante inflamable, asfixia, toxicidad y desastres naturales que perjudiquen el sistema. Para la emisión de refrigerante al ambiente o falla del sistema de seguridad, considerar incluso un sistema de ventilación forzada. El plan de emergencia debe basarse en una evaluación de los riesgos asociados con la actividad laboral del lugar y las posibles consecuencias.

Es responsabilidad del prestador técnico de servicio y titular del sistema su preparación, la mantención y ejecución, de acuerdo a la normativa vigente, incluso verificando la necesidad de contar con la asesoría de bomberos.

ADVERTENCIA:

Considerar que los planes de emergencia internos tienen restricciones (ejemplo: No tener la autoridad para evacuar un recinto) y deben estar subordinados a las directrices y/o recomendaciones de autoridad local pertinente.

19.1. PREPARACIÓN GENÉRICA DE UN PLAN DE EMERGENCIA

Un plan de emergencia es un documento escrito que detalla para un lugar de trabajo y sus ocupantes, las acciones para administrar una emergencia. Un plan de emergencia efectivo consta de actividades de preparación, respuesta, mantención, y además incluye como mínimo las responsabilidades y estrategias a realizar. El nivel de detalle del plan de emergencia dependerá de la complejidad de las actividades a realizar en el lugar de trabajo, incluyendo la tipificación y cuantificación de materiales inflamables almacenados. Un plan de emergencia debe considerar como mínimo los siguientes puntos:

- Procedimientos de emergencia, incluyendo una respuesta efectiva a una emergencia
- Procedimientos de evacuación de los ocupantes del recinto
- Notificar a las organizaciones de servicios de emergencia (ejemplo: bomberos y servicio de salud)
- Comunicación efectiva entre la persona autorizada para coordinar la respuesta de emergencia y todas las personas en el lugar de trabajo
- Pruebas de los procedimientos de emergencia, incluyendo la frecuencia de las pruebas
- Información, capacitación e instrucción para trabajadores en relación a la aplicación de los procedimientos

... CAPÍTULO 20
RESPONSABILIDADES
DEL PRESTADOR
TÉCNICO DE SERVICIO Y
... TITULAR DEL SISTEMA

20.1. PRESTADOR TÉCNICO DE SERVICIO

20.1.1. Instalación de un sistema

- Contar con personal habilitado debidamente capacitado o certificado en la labor a desarrollar
- Los componentes y materiales suministrados deben ser adecuados a las condiciones de trabajo previstas, y cumplan la normativa vigente
- Asegurar que las uniones no desmontables se lleven a cabo por personal acreditado, estableciendo los métodos de trabajo y controles necesarios para asegurar el cumplimiento de las reglamentaciones aplicables
- Realizar pruebas de hermeticidad, vacío y generales, antes de cargar con refrigerante
- Correcta manipulación de refrigerantes, evitando las emisiones a la atmósfera
- Verificar el buen estado de funcionamiento de los elementos de seguridad del sistema
- Verificar que las condiciones de funcionamiento del sistema, corresponda a lo especificado en diseño
- Entregar obligatoriamente al titular la documentación del sistema y los componentes que lo constituyen. además, preferentemente suministrar instrucciones técnicas complementarias
- Suministrar a sus trabajadores todas las herramientas, instrumentos y elementos de protección personal necesarios para la segura y correcta ejecución de sus labores
- Informar al titular del sistema sobre la existencia y características del tipo de refrigerante que contiene
- Realizar procedimientos aprobados para sistemas que utilizan refrigerantes inflamables
- Contar con un plan de emergencia interno como mínimo
- Capacitar a su personal en la manipulación de refrigerantes inflamables y los sistemas que los contienen

20.1.2. Mantenimiento de un sistema

- Verificar el buen estado de funcionamiento de los elementos de seguridad del circuito frigorífico
- Informar por escrito al titular de las deficiencias detectadas, que puedan afectar la seguridad y funcionalidad del sistema
- Verificar que la bitácora del sistema esté correctamente actualizada, anotando todas sus intervenciones

- Justificar técnicamente al titular cualquier cambio que se estime necesario introducir en el funcionamiento del sistema, documentándolo en planos, esquemas e instrucciones
- Asegurar cuando sea necesario sustituir sistemas, componentes o piezas de los mismos, los nuevos elementos deben cumplir con las especificaciones técnicas y normativa vigente
- Asegurar que las uniones no desmontables se lleven a cabo por personal acreditado, estableciendo los métodos de trabajo y controles necesarios para asegurar el cumplimiento de las reglamentaciones aplicables
- Realizar pruebas de hermeticidad, vacío y generales, antes de cargar con refrigerante
- Asegurar la correcta manipulación de refrigerantes, evitando las emisiones a la atmósfera, y entregando a un gestor de residuos según corresponda
- Suministrar a sus trabajadores todas las herramientas, instrumentos y elementos de protección personal necesarios para la segura y correcta ejecución de sus labores
- Informar al titular del sistema sobre la existencia y características del tipo de refrigerante que contiene
- Realizar procedimientos aprobados para sistemas que utilizan refrigerantes inflamables
- Contar con un plan de emergencia interno como mínimo
- Capacitar a su personal en la manipulación de refrigerantes inflamables y los sistemas que los contienen

20.1.3. Medios técnicos

El prestador técnico de servicio debe contar con todos los medios necesarios al momento de desarrollar sus labores, para no comprometer la funcionalidad del sistema, y evitar daños a las personas, bienes materiales y medio ambiente. La cantidad y tipo de herramientas, instrumentos, máquinas y elementos de protección personal, varía de acuerdo a la naturaleza del sistema, tipo de procedimiento y características del refrigerante. Sin embargo, a continuación, se indican los medios técnicos (genéricos y específicos según el tipo de refrigerante) mínimos que debe disponer el prestador técnico de servicio:

20.1.3.1. Genéricos

- **Juego de herramientas manuales, en buenas condiciones, que incluya a lo menos:**

- › Juego de expansión recta
- › Abocinador cónico para tuberías
- › Curvadoras de tuberías
- › Corta tubos
- › Escariador
- › Juego de llaves fijas
- › Llave de vástagos
- › Juego de alicates
- › Juego de destornilladores
- › Peine para enderezar aletas
- › Entallador de terminales eléctricos

- **Equipos de protección personal:**

- › Gafas de seguridad (transparentes u oscuras, según corresponda)
- › Zapatos de seguridad y ropa con protección UV
- › Protección solar en labores exteriores, incluso en días nublados

- **Cortador de tubo capilar:**



Imagen 17
Cortador de tubos
capilares diferentes
medidas

Fuente: www.mastercool.com

- Adaptadores para tubos:

Imagen 18
Juego de adaptadores
para tubos de diferentes
medidas

Fuente: www.robinair.com



- Acceso al sistema:

Imagen 19
Caimán para perforar
tubos de 1/4" de
diámetro

Fuente: www.mastercool.com



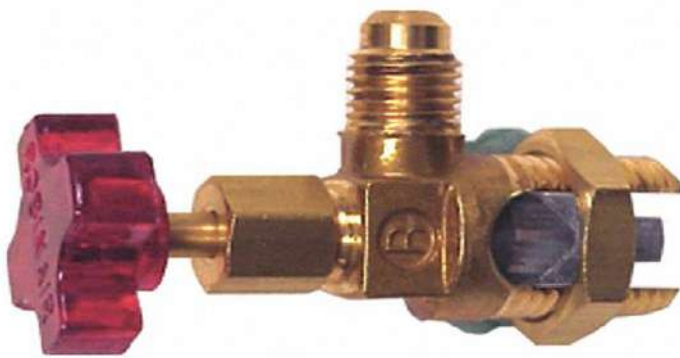


Imagen 20
Válvula universal para perforar tubos distintas medidas

Fuente: www.robinar.com

- Estrangulación de tubos:



Imagen 21
Caimán estrangulador de tubos

Fuente: www.mastercool.com

- Termómetro (con sondas de ambiente, contacto y de inmersión o penetración):



Imagen 22
Termómetro multisondas de contacto

Fuente: www.fullgauge.com

- Instrumento para medir tensión, corriente, resistencia, continuidad y capacidad de condensadores:

Imagen 23
**Medidor de magnitudes
eléctricas**

Fuente: www.fluke.com



- Vacuómetro:

Imagen 24
Vacuómetro electrónico

Fuente: www.mastercool.com



- **Anemómetro:**



Imagen 25

Anemómetro digital

Fuente: www.testo.com

- **Higrómetro:**



Imagen 26

**Anemómetro psicrómetro
(incluye medidor de
humedad relativa)**

Fuente: www.mastercool.com

- Detector portátil de fugas

Imagen 27
**Detector de fugas
electrónico compatible
con refrigerantes
inflamables**

Fuente: www.mastercool.com



- Medidor portátil de gases:

Imagen 28
**Medidor electrónico
de gases (atmósfera
explosiva)**

Fuente: BW Technologies by
Honeywell



- **Extintor de fuego:**



Imagen 29

**Extintor de polvo químico
para fuegos tipo A, B y C**

Fuente: www.startfire.cl

- **Módulo de ventilador:**



Imagen 30

**Ventilador aprobado
para el uso en control de
riesgos en trabajos con
refrigerantes inflamables**

Fuente: www.javac.co.uk

- Bomba de vacío:

Imagen 31
Bombas de vacío en
doble etapa

Fuente: www.mastercool.com



- Máquina recuperadora:

Imagen 32
Recuperadora
compatible con
refrigerantes inflamables

Fuente: www.mastercool.com



- Báscula de carga:



Imagen 33

Báscula de carga digital

Fuente: www.mastercool.com

- Regulador de presión para cilindro de nitrógeno:



Imagen 34

Manómetro reductor de presión para cilindros de nitrógeno

Fuente: www.uniweld.com

- Regulador de flujo para cilindros de nitrógeno:

Imagen 35
Flujómetro de nitrógeno
(accesorio manómetro
reductor de presión)

Fuente: www.uniweld.com



- Equipo de soldar (soldadura fuerte):

Imagen 36
Equipo de soldar
oxiacetileno

Fuente: www.uniweld.com



20.1.3.2. Específicos para refrigerantes hidrocarburos

- **Medidores de presión:**



Imagen 37

Medidor de baja y alta presión específico para refrigerantes R-290, R-600a y R-1270

Fuente: www.mastercool.com

- **Detector portátil de fugas:**



Imagen 38

Detector de fugas electrónico compatible específicamente con hidrocarburos

Fuente: www.mastercool.com

- Bomba de vacío:

Imagen 39

Bomba de vacío doble etapa, aprobada ATEX específica para refrigerantes hidrocarburos

Fuente: www.wigam.com



- Báscula de carga:

Imagen 40

Báscula de carga digital (sensibilidad 1 gramo)

Fuente: www.mastercool.com



20.1.3.3. Específicos para refrigerante R-32

- **Medidores de presión:**



Imagen 41

Medidor de baja y alta presión específico para refrigerante R-32

Fuente: www.mastercool.com

- **Bomba de vacío:**



Imagen 42

Bomba de vacío doble etapa, específica para refrigerante R-32

Fuente: www.rothenberger.com

- **Cilindro reutilizable:**

Imagen 43
Cilindro reutilizable
específico para
refrigerante R-32

Fuente: www.agas.com

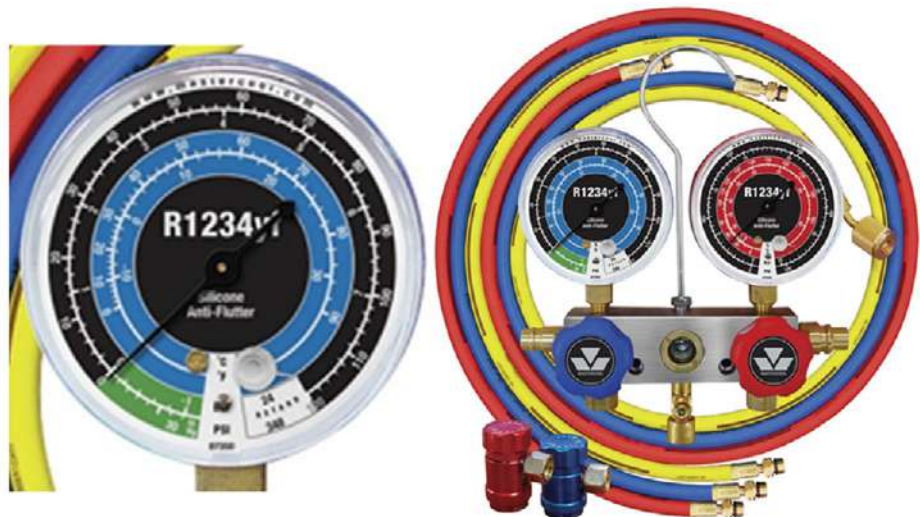


20.1.3.4. Específicos para refrigerante R-1234yf

- **Medidores de presión y accesorios:**

Imagen 44
Medidor de baja y alta
presión, mangueras y
conectores específicos
para refrigerante
R-1234yf

Fuente: www.mastercool.com



- **Conectores:**



Imagen 45

Conectores rápidos de baja y alta presión para sistemas móviles que utilizan refrigerante R-1234yf

Fuente: www.mastercool.com

- **Cilindro reutilizable:**



Imagen 46

Cilindro reutilizable específico para refrigerante R-1234yf

Fuente: www.wuerth-industrie.com

- **Identificador de refrigerante:**

Imagen 47
**Identificador de
 refrigerantes específico
 para R-12AE J2912**

Fuente: www.mastercool.com



- **Estación de trabajo:**

Imagen 48
**Máquina recupera/
 recicla/carga específica
 para sistemas móviles
 que utilizan refrigerante
 R-1234yf**

Fuente: www.mastercool.com



- **Detector de fugas**



Imagen 49

Detector de fugas por luz ultravioleta y fluido trazador

Fuente: www.mastercool.com

- **Detector de fugas**



Imagen 50

Inyector de aceite recargable, específico para sistemas móviles que utilizan refrigerante R-1234yf

Fuente: www.mastercool.com

ADVERTENCIA:

Las imágenes utilizadas en este capítulo, corresponden únicamente a referencias y no pretender publicitar ninguna marca y modelo específico. Es de absoluta responsabilidad del prestador técnico de servicio, disponer de los recursos técnicos en función de las tareas a desarrollar (estado, cantidad y características).

20.2. RESPONSABILIDAD DEL TITULAR DE UN SISTEMA

El titular será responsable como mínimo en la instalación y mantención de un sistema, de los siguientes puntos:

- Contratar a prestadores técnico de servicios que cumplan como mínimo con los puntos anteriores descritos
- Conservar y disponer toda la documentación entregada por el prestador técnico de servicios
- Utilizar los sistemas dentro de los límites de funcionamiento previstos y cuidar que se mantengan en perfecto estado de funcionamiento, impidiendo su utilización cuando no ofrezcan las debidas garantías de seguridad para las personas, bienes o el medio ambiente (si aplica)
- Informar a los usuarios directos y personal que trabaja en el área donde está ubicado o instalado el sistema, sobre los riesgos asociados a los refrigerantes inflamables
- Realizar con el prestador técnico de servicio, y todos los posibles involucrados, un plan de emergencia, como mínimo en el caso de fuga de refrigerante inflamable
- Mantener al día la bitácora del sistema:
 - › Componentes sustituidos (marca, modelo y procedencia)
 - › Mantenciones realizadas

CAPÍTULO 21
LIMITACIÓN DE LA
CARGA DE REFRIGERANTE
INFLAMABLE EN EQUIPOS
DE AIRE ACONDICIONADO
DESTINADO AL CONFORT
HUMANO

Para prevenir los riesgos de incendio por el uso de refrigerantes inflamables, se han adoptado normas pertinentes para limitar la carga en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. En principio, se deben considerar los siguientes factores para determinar el límite de carga:

a. Grupo de inflamabilidad del refrigerante: Por ejemplo, R-32 (A2L) y R-290 (A3) tienen propiedades de inflamabilidad diferentes que afectan el límite de carga del sistema

b. Clasificación de ocupación: Este factor indica el nivel de restricción que las personas pueden tener en las habitaciones y partes de los edificios en los que se instala un sistema. Se clasifican en ocupación general, ocupación supervisada y ocupación autorizada

c. Clasificación de localización del sistema: La limitación de carga, también depende de la ubicación de las partes que contienen refrigerante. Ejemplo, un sistema podría ser instalado en un espacio ocupado, una sala de máquinas (sala cerrada o espacio con ventilación mecánica), al aire libre o en un lugar ventilado

21.1. FÓRMULA PARA EL CÁLCULO

Para determinar la carga máxima permitida (fórmula especificada en ISO 5149-1: 2014), el prestador técnico de servicio debe estar debidamente capacitado para cumplir con el manual de instrucciones suministrado por el fabricante del sistema (operación - mantenimiento - instalación), así como las normas nacionales pertinentes.

Los siguientes cálculos determinan los límites de carga para sistemas que utilizan R-32 y R-290. Específicamente sistemas de aire acondicionado (divididos o unitarios), destinados al confort humano, en dependencias clasificadas como ocupación general.

NOTA:

Para otros casos y/o mayor información ver ISO 5149

Tabla 9
Fórmulas de cantidad
máxima de refrigerante,
según su grupo de
seguridad

Fuente: Good servicing
practices for flammable
refrigerant: A quick guide
(UN Environment, 2016)

La limitación de carga, corresponde a la carga máxima permitida de refrigerante en el sistema, según el tipo de ocupación y su ubicación. En ningún caso corresponde a la carga real de refrigerante del sistema.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD	FÓRMULA
2L	$M_{max} = 2,5 \times LFL^{1,25} \times h_o \times A^{0,5}$ Valor máximo de M_{max} 39 x LFL
2 y 3	$M_{max} = 2,5 \times LFL^{1,25} \times h_o \times A^{0,5}$ Valor máximo de M_{max} 26 x LFL

Donde:

- a) **Mmax:** Carga máxima permitida en una habitación en kg.
- b) **A:** Superficie de la habitación en m².
- c) **LFL:** Límite inferior de inflamabilidad en kg / m³
- d) **ho:** Factor de altura en m, basado en el método de montaje del aparato.
 - 0,6 metros para la ubicación del piso.
 - 1,0 metros para montaje en ventana.
 - 1,8 metros para montaje en pared.
 - 2,2 metros para montaje en techo.

El prestador técnico de servicio debe asegurarse de que el tamaño real de carga del refrigerante en el sistema a instalar o mantener no exceda la carga máxima permitida.

Ejemplo de cálculo N°1

Un prestador técnico de servicio requiere instalar un sistema de aire acondicionado cargado con R-32. La instalación se realizará en la pared, de una habitación de 30 m² de superficie.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 2,5 \times LFL^{1,25} \times h_o \times A^{0,5} \\ &= 2,5 \times 0,307^{1,25} \times 1,8 \times 30^{0,5} \\ &= 5,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Se debe comprobar que la cantidad calculada sea menor a 39 x LFL (39 x 0,307 (kg/m³) = 11,97 kg).
- En este caso, el Mmax es menor a 11,97 kg. Por lo tanto, **5,63 kg es la carga máxima permitida.**

Ejemplo de cálculo N°2

Un prestador técnico de servicio requiere instalar un sistema de aire acondicionado cargado con R-290. La instalación se realizará en la pared, de una habitación de 30 m² de superficie.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 2,5 \times LFL^{1,25} \times h_o \times A^{0,5} \\ &= 2,5 \times 0,038^{1,25} \times 1,8 \times 30^{0,5} \\ &= 0,41 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Se debe comprobar que la cantidad calculada sea menor a 26 x LFL (26 x 0,038 (kg/m³) = 0,99 kg).
- En este caso, el Mmax es menor a 0,99 kg. Por lo tanto, **0,41 kg es la carga máxima permitida.**

Tabla 10
Carga máxima permitida
de refrigerante R-32
en sistemas de aire
acondicionado

Fuente: Good servicing
practices for flammable
refrigerant: A quick guide (UN
Environment, 2016)

ÁREA DE LA HABITACIÓN (m²)	Mmax PARA MONTAJE EN EL PISO (kg)	Mmax PARA MONTAJE EN VENTANA (kg)	Mmax PARA MONTAJE EN PARED (kg)	Mmax PARA MONTAJE EN TECHO (kg)
2	0,48	0,81	1,45	1,78
4	0,69	1,14	2,06	2,51
6	0,84	1,40	2,52	3,08
8	0,97	1,62	2,91	3,55
10	1,08	1,81	3,25	3,97
12	1,19	1,98	3,56	4,35
14	1,28	2,14	3,85	4,70
16	1,37	2,29	4,11	5,03
18	1,45	2,42	4,36	5,33
20	1,53	2,55	4,60	5,62
22	1,61	2,68	4,82	5,90
24	1,68	2,80	5,04	6,16
26	1,75	2,91	5,24	6,41
28	1,81	3,02	5,44	6,65
30	1,88	3,13	5,63	6,88
32	1,94	3,23	5,82	7,11
34	2,00	3,33	6,00	7,33
36	2,06	3,43	6,17	7,54
38	2,11	3,52	6,34	7,75
40	2,17	3,61	6,50	7,95
42	2,22	3,70	6,66	8,15
44	2,27	3,79	6,82	8,34
46	2,32	3,87	6,97	8,52
48	2,37	3,96	7,12	8,71
50	2,42	4,04	7,27	8,89
52	2,47	4,12	7,42	9,06
54	2,52	4,20	7,56	9,24
56	2,57	4,28	7,70	9,41
58	2,61	4,35	7,83	9,57
60	2,66	4,43	7,97	9,74

ÁREA DE LA HABITACIÓN (m ²)	Mmax PARA MONTAJE EN EL PISO (kg)	Mmax PARA MONTAJE EN VENTANA (kg)	Mmax PARA MONTAJE EN PARED (kg)	Mmax PARA MONTAJE EN TECHO (kg)
2	0,04	0,06	0,11	0,13
4	0,05	0,08	0,15	0,18
6	0,06	0,10	0,18	0,23
8	0,07	0,12	0,21	0,26
10	0,08	0,13	0,24	0,29
12	0,09	0,15	0,26	0,32
14	0,09	0,16	0,28	0,35
16	0,10	0,17	0,30	0,37
18	0,11	0,18	0,32	0,39
20	0,11	0,19	0,34	0,41
22	0,12	0,20	0,35	0,43
24	0,12	0,21	0,37	0,45
26	0,13	0,21	0,38	0,47
28	0,13	0,22	0,40	0,49
30	0,14	0,23	0,41	0,51
32	0,14	0,24	0,43	0,52
34	0,15	0,24	0,44	0,54
36	0,15	0,25	0,45	0,55
38	0,16	0,26	0,47	0,57
40	0,16	0,27	0,48	0,58
42	0,16	0,27	0,49	0,60
44	0,17	0,28	0,50	0,61
46	0,17	0,28	0,51	0,63
48	0,17	0,29	0,52	0,64
50	0,18	0,30	0,53	0,65
52	0,18	0,30	0,54	0,67
54	0,18	0,31	0,55	0,68
56	0,19	0,31	0,56	0,69
58	0,19	0,32	0,57	0,70
60	0,19	0,32	0,58	0,71

Tabla 11
Carga máxima permitida de refrigerante R-290 en sistemas de aire acondicionado

Fuente: Good servicing practices for flammable refrigerant: A quick guide (UN Environment, 2016)

21.2. SUPERFICIE MÍNIMA REQUERIDA

Cuando un prestador técnico de servicio instala un sistema cargado con una cantidad particular de refrigerante inflamable. La superficie mínima requerida se debe calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$A_{min} = (m / (2,5 \times LFL^{1,25} \times h_o))^2$$

Donde:

- a) **M:** Carga real de refrigerante kg
- b) **A_{min}:** Mínima superficie de la habitación en m².
- c) **LFL:** Límite inferior de inflamabilidad en kg / m³.
- d) **h_o:** Factor de altura en m, basado en el método de montaje del aparato.
 - 0,6 metros para la ubicación del piso.
 - 1,0 metros para montaje en ventana.
 - 1,8 metros para montaje en pared.
 - 2,2 metros para montaje en techo.

Esta fórmula se puede aplicar cuando el rango del tamaño de carga está entre:

- a) (6 x LFL) hasta (39 X LFL) para refrigerantes clasificados 2L.
- b) (4 x LFL) hasta (26 X LFL) para refrigerantes clasificados 2 y 3.

No hay restricciones para el volumen de la habitación cuando la carga de refrigerante es:

- a) Abajo o igual de (6 x LFL) para refrigerantes clasificados 2L
- b) Abajo o igual de (4 x LFL) para refrigerantes clasificados 2 y 3

Requerimientos para la aplicación de la fórmula

Tabla 12
Fórmulas para
aplicar en función
de la cantidad de
refrigerante

Fuente: Good servicing
practices for flammable
refrigerant: A quick guide
(UN Environment, 2016)

	SIN RESTRICCIÓN DE VOLUMEN	FÓRMULA A _{min} DEBE APLICARSE
R-32	Tamaño de carga ≤ 1,8 kg	Tamaño de carga entre 1,8 kg y 12 kg
R-290	Tamaño de carga ≤ 0,15 kg	Tamaño de carga entre 0,15 kg y 1 kg

Para otros casos y/o mayor información ver ISO 5149-1.

CARGA REAL DE REFRIGERANTE (kg)	AMIN PARA MONTAJE EN EL PISO (m²)	AMIN PARA MONTAJE EN VENTANA (m²)	AMIN PARA MONTAJE EN PARED (m²)	AMIN PARA MONTAJE EN TECHO (m²)
Menor a 1,8 kg	No existe restricción de volumen			
1,8	27,6	9,9	3,1	2,1
2,0	34,0	12,3	3,8	2,5
2,2	41,2	14,8	4,6	3,1
2,4	49,0	17,6	5,4	3,6
2,6	57,5	20,7	6,4	4,3
2,8	66,7	24,0	7,4	5,0
3,0	76,6	27,6	8,5	5,7
3,2	87,2	31,4	9,7	6,5
3,4	98,4	35,4	10,9	7,3
3,6	110,3	39,7	12,3	8,2
3,8	122,9	44,2	13,7	9,1
4,0	136,2	49,0	15,1	10,1
4,2	150,1	54,0	16,7	11,2
4,4	164,8	59,3	18,3	12,3
4,6	180,1	64,8	20,0	13,4
4,8	196,1	70,6	21,8	14,6
5,0	212,8	76,6	23,6	15,8

Tabla 13

Requisitos mínimos de superficie para la instalación de sistemas de aire acondicionado cargados con R-32

Fuente: Good servicing practices for flammable refrigerant: A quick guide (UN Environment, 2016)

Tabla 14
Requisitos mínimos de superficie para la instalación de sistemas de aire acondicionado cargados con R-290

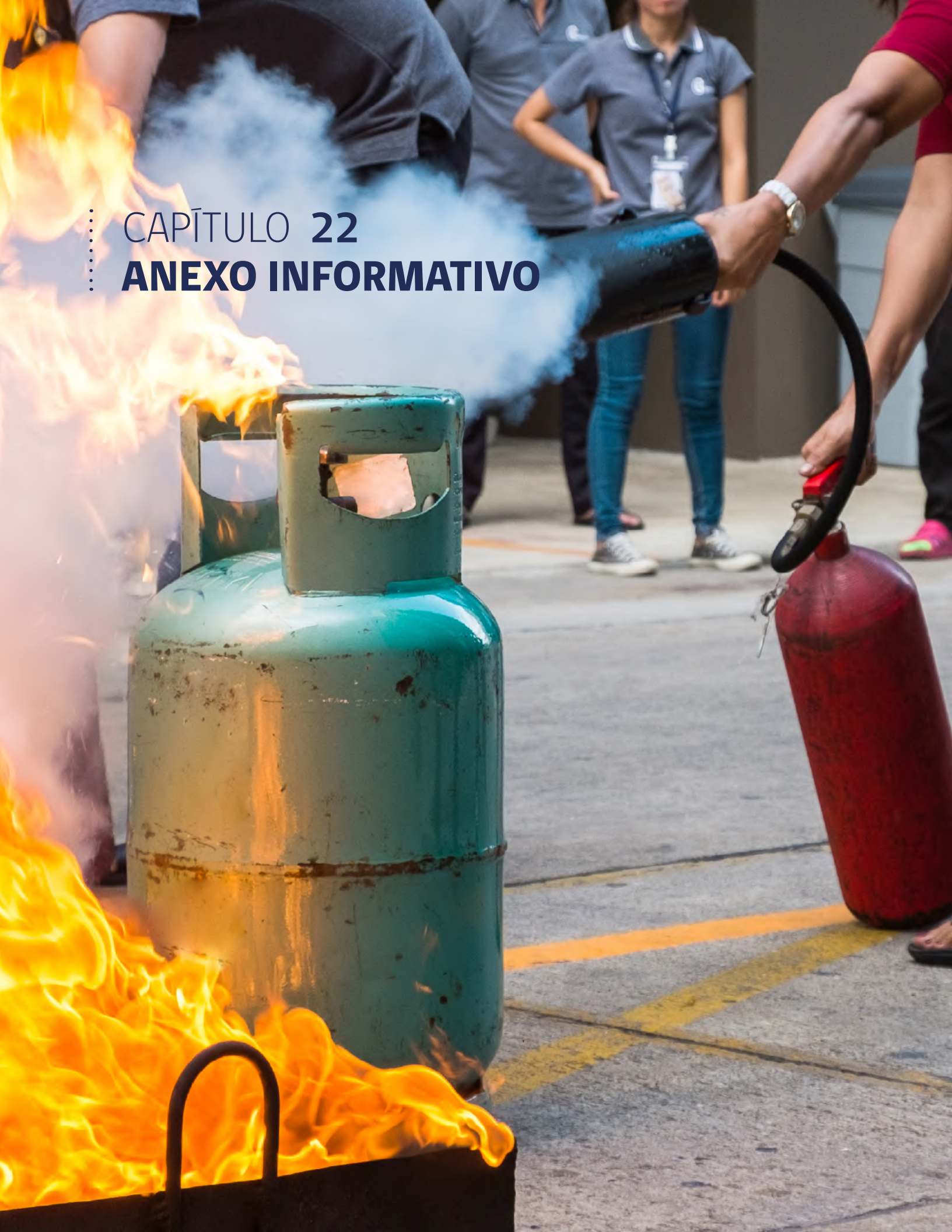
Fuente: Good servicing practices for flammable refrigerant: A quick guide (UN Environment, 2016)

CARGA REAL DE REFRIGERANTE (kg)	AMIN PARA MONTAJE EN EL PISO (m²)	AMIN PARA MONTAJE EN VENTANA (m²)	AMIN PARA MONTAJE EN PARED (m²)	AMIN PARA MONTAJE EN TECHO (m²)
Menor a 0,15 kg	No existe restricción de volumen			
0,15	35,5	12,8	3,9	2,6
0,2	63,2	22,7	7,0	4,7
0,25	98,7	35,5	11,0	7,3
0,3	142,1	51,2	15,8	10,6
0,35	193,4	69,6	21,5	14,4
0,4	252,6	90,9	28,1	18,8
0,45	319,7	115,1	35,5	23,8
0,5	394,7	142,1	43,9	29,4
0,55	477,6	171,9	53,1	35,5
0,6	568,4	204,6	63,2	42,3
0,65	667,1	240,2	74,1	49,6
0,7	773,7	278,5	86,0	57,5
0,75	888,1	319,7	98,7	66,1
0,8	1010,5	363,8	112,3	75,2
0,85	1140,8	410,7	126,8	84,9
0,9	1278,9	460,4	142,1	95,1
0,95	1425,0	513,0	158,3	106,0

NOTA:

Sistemas fabricados y sellados en fábrica con refrigerante inflamables de acuerdo a ISO 817, se aplicarán los requerimientos especificados en normas. Tales como: IEC 60335-2-24 y IEC 60335-2-89, según sea el caso.

... CAPÍTULO 22
... **ANEXO INFORMATIVO**

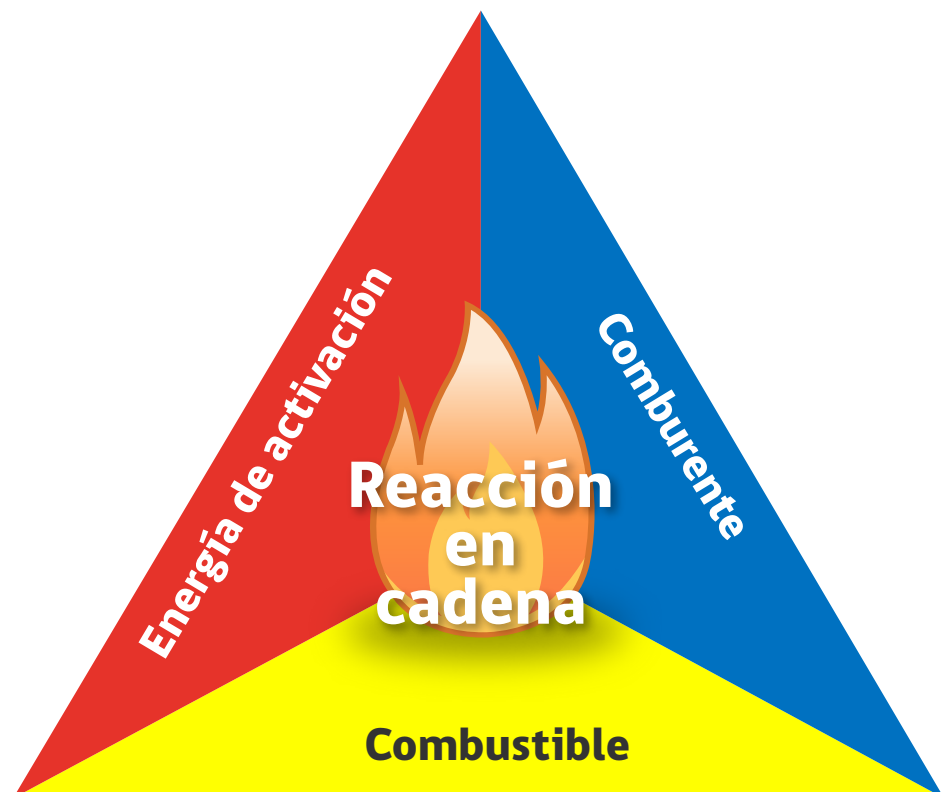


22.1. TEORÍA BÁSICA DEL FUEGO

El tetraedro del fuego es una pirámide triangular, en cada superficie es identificado uno de los componentes que deben estar presentes, bajo ciertas condiciones, para que pueda producirse la combustión con llama. Estos elementos son: combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena. Esta última explica la producción y mantenimiento de una llama.

Imagen 51
Tetraedro del fuego

Fuente: Elaboración propia



Cuando se inicia una combustión, el calor producido es transferido a sus alrededores, provocando un aumento de temperatura. En el caso de un combustible sólido o líquido, ese aporte de calor genera su vaporización. Los vapores generados al mezclarse con el oxígeno del aire, producen la llama. Por lo cual, se debe tener presente, que una llama siempre es producida por vapores que están ardiendo, aun cuando originalmente los combustibles sean sólidos o líquidos.

La combustión con llama se mantiene, si el fuego original generara suficiente calor para garantizar la existencia de vapores. Los nuevos vapores, al mezclarse con el oxígeno, generan una mayor llama e incrementan la generación de calor, lo cual produce mayor cantidad de vapores, y así sucesivamente, produciendo la reacción en cadena, la cual culmina frecuentemente con el agotamiento del combustible.

Siempre se debe tener presente que las reacciones en cadena son reacciones químicas que tienen lugar en el estado gaseoso de los combustibles. Un combustible en estado gaseoso, ya se encuentra en condiciones de participar en la generación de fuego.

Bajo el contexto del presente manual, se puede identificar como principal comburente el oxígeno presente en el aire atmosférico, refrigerantes inflamables como combustibles, y como energía de activación cualquier fuente de ignición (Ejemplo: chispas de contactos eléctricos, personas fumando, etc.). Los fuegos según la norma chilena NCh 934 se clasifican según lo indicado en la siguiente tabla:

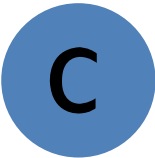
TIPO DE FUEGO	DESCRIPCIÓN
	Todos los combustibles que producen brasas (ejemplo: papeles, géneros, maderas, plásticos, etc.).
	Hidrocarburos (ejemplo: gasolina, LPG, gas natural, etc.)
	Todos los fuegos tipos A, B o A y B, que estén electrizados (ejemplo: artefactos eléctricos, enchufes, etc.).
	Metales Combustibles (Ejemplo: magnesio, sodio, potasio, etc.)

Tabla 15
Clasificación del fuego
Fuente: NCh934

22.2. COMPOSICIÓN DEL AIRE ATMOSFÉRICO

El aire atmosférico es una mezcla de oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, hidrógeno, vapor de agua, y un porcentaje menor de otros gases como argón, neón, ozono, etc.

El comburente más común, corresponde al oxígeno contenido en el aire. La siguiente tabla indica los porcentajes (en peso y volumen) de los gases que componen el aire seco.

Tabla 16
Composición del aire atmosférico

Fuente: Elaboración propia

		AIRE SECO	
NOMBRE	SÍMBOLO QUÍMICO	% PESO	% VOLUMEN
Nitrógeno	N ₂	75,47	78,03
Oxígeno	O ₂	23,19	20,99
Dióxido de carbono	CO ₂	0,04	0,03
Hidrógeno	H ₂	0,00	0,01
Otros gases	-	1,3	0,94

CAPÍTULO 23

**DESIGNACIÓN DE LOS
REFRIGERANTES PUROS, MEZCLAS
ZEOTRÓPICAS (SERIE 400) Y
MEZCLAS AZEOTRÓPICAS (SERIE 500,
SEGÚN NORMA ISO 5149-1:2014**



Tabla 17 Designación de refrigerantes puros

Número del refrigerante	Nombre químico ^b	Fórmula química	Grupo de seguridad	Límite práctico	ATEL/ODL ^f	Inflama-bilidad LFL ^g	Densidad de vapor 25°C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto normal de ebullición ^a	PAO ^{a d}	PCG ^{a e j}	Temperatura de Autoignición
				kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
Serie de metanos												
11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	A1	0,3	0,006 2	NF	5,62	137,4	24	1	4 750	ND
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	A1	0,5	0,088	NF	4,94	120,9	-30	1	10 900	ND
12B1	Bromoclorodifluorometano	CBrClF ₂	ND	0,2	ND	NF	6,76	165,4	-4	3	1 890	ND
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	A1	0,5	ND	NF	4,27	104,5	-81	1	14 400	ND
13B1	Bromotrifluorometano	CBrF ₃	A1	0,6	ND	NF	6,09	148,9	-58	10	7 140	ND
14	Tetra fluoruro de carbono	CF ₄	A1	0,4	0,40	NF	3,60	88,0	-128	0	7 390	ND
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	A1	0,3	0,21	NF	3,54	86,5	-41	0,055	1 810	635
23	Trifluorometano	CHF ₃	A1	0,68	0,15	NF	2,86	70,0	-82	0	14 800	765
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂	B1	0,017	ND	NF	3,47	84,9	40	ND	8,7	662
32	Difluorometano (fluoruro de metileno)	CH ₂ F ₂	A2L	0,061	0,30	0,307	2,13	52,0	-52	0	675	648
50	Metano	CH ₄	A3	0,006	ND	0,032	0,654	16,0	-161	0	25	645

Número del refrigerante	Nombre químico ^b	Fórmula química	Grupo de seguridad	Límite práctico	ATEL/ODL ^f	Inflama- bilidad LFL ^g	Densidad de vapor 25°C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto normal de ebullición ^a	PAO ^{a d}	PCG ^{a e j}	Temperatura de Autoignición
				kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
Serie de metanos												
113	1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoro- etano	CCl ₂ FCClF ₂	A1	0,4	0,02	NF	7,66	187,4	48	0,8	6 130	ND
114	1,2-dicloro-1,1,2,2-tetrafluoro- etano	CClF ₂ CClF ₂	A1	0,7	0,14	NF	6,99	170,9	4	1	10 000	ND
115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃	A1	0,76	0,76	NF	6,32	154,5	-39	0,6	7 370	ND
116	Hexafluoroetano	CF ₃ CF ₃	A1	0,68	0,68	NF	5,64	138,0	-78	0	12 200	ND
123	2,2-dicloro-1,1,1-trifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃	B1	0,10	0,057	NF	6,25	152,9	27	0,02	77	730
124	2-cloro-1,1,1,2-tetrafluoroetano	CHClFCF ₃	A1	0,11	0,056	NF	5,58	136,5	-12	0,022	609	ND
125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃	A1	0,39	0,37	NF	4,91	120,0	-49	0	3 500	733
134a	1,1,1,2-tetrafluoroetano	CH2FCF3	A1	0,25	0,21	NF	4,17	102,0	-26	0	1 430	743
141b	1,1-dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CClF ₂	ND	0,053	0,012	0,363	4,78	116,9	32	0,11	725	532
142b	1-cloro-1,1-difluoroetano	CH ₃ CClF ₂	A2	0,049	0,10	0,329	4,11	100,5	-10	0,065	2 310	750
143a	1,1,1-trifluoroetano	CH ₃ CF ₃	A2L	0,048	0,48	0,282	3,44	84,0	-47	0	4 470	750
152a	1,1-difluoroetano	CH ₃ CHF ₂	A2	0,027	0,14	0,130	2,70	66,0	-25	0	124	455
170	Etano	CH ₃ CH ₃	A3	0,008 6	0,008 6	0,038	1,23	30,1	-89	0	5,5	515
1150	Eteno (etileno)	CH ₂ = CH ₂	A3	0,006	ND	0,036	1,15	28,1	-104	0	3,7	ND
E170	Éter dimetilico	CH ₃ OCH ₃	A3	0,013	0,079	0,064	1,88	46	-25	0	1	235

Número del refrigerante	Nombre químico ^b	Fórmula química	Grupo de seguridad	Límite Práctico	ATEL/ODL ^f	Inflama-bilidad LFL ^g	Densidad de vapor 25°C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto normal de ebullición ^a	PAO ^{a d}	PCG ^{a e j}	Temperatura de Autoignición
				kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
Serie de propanos												
218	Octafluoropropano	CF ₃ CF ₂ CF ₃	A1	1,84	0,85	NF	7,69	188,0	-37	0	8 830	ND
227ea	1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano	CF ₃ CHF CF ₃	A1	0,63	0,63	NF	6,95	170,0	-15	0	3 220	ND
236fa	1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano	CF ₃ CH ₂ CF ₃	A1	0,59	0,34	NF	6,22	152,0	-1	0	9 810	ND
245fa	1,1,1,3,3-pentafluoropropano	CF ₃ CH ₂ CHF ₂	B1	0,19	0,19	NF	5,48	134,0	15	0	1 030	ND
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3	0,008	0,09	0,038	1,80	44,1	-42	0	3,3	470
1234yf	2,3,3,3-tetrafluoroprop-1-eno	CF ₃ CF = CH ₂	A2L	0,058	0,47	0,289	4,66	114,0	-26	0	₄ i	405
1234ze(E)	trans-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-eno	CF ₃ CH = CFH	A2L	0,061	0,28	0,303	4,66	114,0	-19	0	₇ i	368
1270	Propeno (propileno)	CH ₃ CH = CH ₂	A3	0,008	0,001 7	0,046	1,72	42,1	-48	0	1,8	455
Otros hidrocarburos												
600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	0,008 9	0,002 4	0,038	2,38	58,1	0	0	4,0	365
600a	2-metil propano (isobutano)	CH(CH ₃) ₂ CH ₃	A3	0,011	0,059	0,043	2,38	58,1	-12	0	-20 ^h	460
601	Pentano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	0,008	0,0029	0,035	2,95	72,1	36	0	-20 ^h	ND
601a	2-metil butano (isopentano)	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	A3	0,008	0,0029	0,038	2,95	72,1	27	0	-20 ^h	ND

Número del Refrigerante	Nombre Químico ^b	Fórmula química	Grupo de seguridad	Límite Práctico	ATEL/ODL ^f	Inflamabilidad LFL ^g	Densidad de vapor 25°C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto normal de ebullición ^a	PAO ^{a d}	PCG ^{a e j}	Temperatura de Autoignición
				kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
Compuestos orgánicos cíclicos												
C318	Octafluorociclobutano	-(CF ₂) ₄ -	A1	0,81	0,65	NF	8,18	200,0	-6	0	10 300	ND
Compuestos inorgánicos												
717	Amoniac	NH ₃	B2L	0,000 35	0,000 22	0,116	0,700	17,0	-33	0	<1 ^h	630
744	Dióxido de carbono	CO ₂	A1	0,1	0,072	NF	1,80	44,0	-78 ^c	0	1	NA
NOTA 1: Ver Tabla 18 y Tabla 19 para mezclas zeotrópicas y azeotrópicas. NOTA 2: NA quiere decir no aplicable. NOTA 3: ND quiere decir sin determinar. NOTA 4: NF quiere decir no inflamable. a. La densidad de vapor, el punto normal de ebullición, PAO y PCG se proporcionan con propósitos informativos. b. El nombre químico de preferencia está seguido por el nombre popular en paréntesis. c. Sublimados. El punto triple es -56,6 °C a 5,2 bar. d. Adoptado bajo el Protocolo de Montreal. e. Información tomada del 4º informe de evaluación del IPCC de 2007. Si no se encuentra disponible, se utilizará con mayor prioridad la Evaluación científica de agotamiento de la capa de ozono de la WMO de 2010 y luego el informe PNUMA RTOC 2010. f. Límite de Exposición de Toxicidad Aguda o Límite de Privación de Oxígeno, cual sea más bajo, valores tomados de la norma ISO 817. g. Límite Inferior de Inflamabilidad. h. Información del informe PNUMA RTOC 2010. i. Información de la evaluación científica de agotamiento de la capa de ozono de la WMO de 2010. j. Periodo de integración 100 años.												

Tabla 18 Designación de refrigerantes mezclas zeotrópica

Número del Refrigerante	Composición ^c % de masa	Tolerancias de composición	Grupo de seguridad	Límite práctico ^d	ATEL/ ODL ^g	Inflamabi- lidad LFL ^h	Densidad de vapor 25 °C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto de burbuja/ punto de condensación ^a a 101,3 kPa	PAO ^{ae}	PCG ^{a f i}	Temperatura de Autoignición
		%		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	±2/+0,5 -1,5/±1	A1/A1	0,30	0,10	NF	3,86	94,4	-33,4/-27,8	0,037	1 180	681
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	±2/+0,5 -1,5/±1	A1/A1	0,34	0,11	NF	3,80	92,8	-34,9/-29,6	0,04	1 290	685
401C	R-22/152a/124 (33/15/52)	±2/+0,5 -1,5/±1	A1/A1	0,24	0,083	NF	4,13	101,0	-28,9/-23,3	0,03	933	ND
402A	R-125/290/22 (60/2/38)	±2/+0,1 -1,0/±2	A1/A1	0,33	0,27	NF	4,16	101,6	-49,2/-47,0	0,021	2 790	723
402B	R-125/290/22 (38/2/60)	±2/+0,1 -1,0/±2	A1/A1	0,32	0,24	NF	3,87	94,7	-47,2/-44,8	0,033	2 420	641
403A	R-290/22/218 (5/75/20)	+0,2 -2,0/±2/±2	A1/A2	0,33	0,24	0,480	3,76	92,0	-44,0/-42,4	0,041	3 120	ND
403B	R-290/22/218 (5/56/39)	+0,2 -2,0/±2/±2	A1/A1	0,41	0,29	NF	4,22	103,3	-43,9/-42,4	0,031	4 460	ND
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	±2/±1/±2	A1/A1	0,52	0,52	NF	3,99	97,6	-46,5/-45,7	0	3 920	728
405A	R-22/152a/142b/C318 (45/7/5,5/42,5)	±2/±1/±1/±2 ^b	ND	ND	0,26	ND	4,58	111,9	-32,8/-24,4	0,028	5 330	ND
406A	R-22/600a/142b (55/4/41)	±2/±1/±1	A2/A2	0,13	0,14	0,302	3,68	89,9	-32,7/-23,5	0,057	1 940	ND
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	±2/±2/±2	A1/A1	0,33	0,31	NF	3,68	90,1	-45,2/-38,7	0	2 110	685
407B	R-32/125/134a (10/70/20)	±2/±2/±2	A1/A1	0,35	0,33	NF	4,21	102,9	-46,8/-42,4	0	2 800	703
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	±2/±2/±2	A1/A1	0,31	0,29	NF	3,53	86,2	-43,8/-36,7	0	1 770	704
407D	R-32/125/134a (15/15/70)	±2/±2/±2	A1/A1	0,41	0,25	NF	3,72	91,0	-39,4/-32,7	0	1 630	ND
407E	R-32/125/134a (25/15/60)	±2/±2/±2	A1/A1	0,40	0,27	NF	3,43	83,8	-42,8/-35,6	0	1 550	ND
407F	R-32/125/134a (30/30/40)	±2/±2/±2	A1/A1	0,32	0,32	NF	3,36	82,1	-46,1/-39,7	0	1 820	ND
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	±2/±1/±2	A1/A1	0,41	0,33	NF	3,56	87,0	-44,6/-44,1	0,026	3 150	ND
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	±2/±2/±1	A1/A1	0,16	0,12	NF	3,98	97,4	-34,7/-26,3	0,048	1 580	ND
409B	R-22/124/142b (65/25/10)	±2/±2/±1	A1/A1	0,17	0,12	NF	3,95	96,7	-35,8/-28,2	0,048	1 560	ND
410A	R-32/125 (50/50)	+0,5 -1,5/+1,5-0,5	A1/A1	0,44	0,42	NF	2,97	72,6	-51,6/-51,5	0	2 090	ND
410B	R-32/125 (45/55)	±1/±1	A1/A1	0,43	0,43	NF	3,09	75,6	-51,5/-51,4	0	2 230	ND
411A	R-1270/22/152a (1,5/87,5/11,0)	+0,-1/+2-0/+0-1	A1/A2	0,04	0,074	0,186	3,37	82,4	-39,6/-37,1	0,048	1 600	ND
411B	R-1270/22/152a (3/94/3)	+0,-1/+2-0/+0-1	A1/A2	0,05	0,044	0,239	3,40	83,1	-41,6/-40,2	0,052	1 710	ND
412A	R-22/218/142b (70/5/25)	±2/±2/±1	A1/A2	0,07	0,17	0,329	3,77	92,2	-36,5/-28,9	0,055	2 290	ND
413A	R-218/134a/600a (9/88/3)	±1/±2/+0 -1	A1/A2	0,08	0,21	0,375	4,25	104,0	-29,4/-27,4	0	2 050	ND

Número del Refrigerante	Composición ^c % de masa	Tolerancias de composición	Grupo de seguridad	Límite práctico ^d	ATEL/ ODLG	Inflamabilidad LFLh	Densidad de vapor 25 °C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto de burbuja/ punto de condensación ^a a 101,3 kPa	PAO ^a	PCG ^a a f i	Temperatura de Autoignición
		%		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
414A	R-22/124/600a/142b (51,0/28,5/4,0/16,5)	±2/±2/±0,5/±0,5-1,0	A1/A1	0,10	0,10	NF	3,96	96,9	-33,2/-24,7	0,045	1 480	ND
414B	R-22/124/600a/142b (50,0/39,0/1,5/9,5)	±2/±2/±0,5/±0,5-1,0	A1/A1	0,096	0,096	NF	4,16	101,6	-33,1/-24,7	0,042	1 360	ND
415A	R-22/152a (82/18)	±1/±1	A2	0,04	0,19	0,188	3,35	81,9	-37,5/-34,7	0,028	1 510	ND
415B	R-22/152a (25,0/75,0)	±1/±1	A2	0,03	0,15	0,13	2,87	70,2	-23,4/-21,8	0,009	546	ND
416A	R-134a/124/600 (59,0/39,5/1,5)	+0,5-1,0/+1,0 -0,5/+0,1-0,2	A1/A1	0,064	0,064	NF	4,58	111,9	-23,4/-2,8	0,009	1 080	ND
417A	R-125/134a/600 (46,6/50,0/3,4)	±1,1/±1,0/+0,1-0,4	A1/A1	0,15	0,057	NF	4,36	106,7	-38,0/-32,9	0	2 350	ND
417B	R-125/134a/600 (79,0/18,3/2,7)	±1,0/±1,0/+0,1-0,5	A1/A1	0,069	0,069	NF	4,63	113,1	-44,9/-41,5	0	3 030	ND
418A	R-290/22/152a (1,5/96,0/2,5)	±0,5/±1/±0,5	A1/A2	0,06	0,20	0,31	3,46	84,6	-41,7/-40,0	0,033	1 740	ND
419A	R-125/134a/E170 (77/19/4)	±1/±1/±1	A1/A2	0,05	0,31	0,25	4,47	109,3	-42,6/-36,0	0	2 970	ND
420A	R-134a/142b (88/12)	+1-0/0-1	A1/A1	0,18	0,18	NF	4,16	101,8	-24,9/-24,2	0,005	1 540	ND
421A	R-125/134a (58,0/42,0)	±1,0/±1,0	A1/A1	0,28	0,28	NF	4,57	111,7	-40,8/-35,5	0	2 630	ND
421B	R-125/134a (85,0/15,0)	±1,0/±1,0	A1/A1	0,33	0,33	NF	4,78	116,9	-45,7/-42,6	0	3 190	ND
422A	R-125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)	±1,0/±1,0/+0,1-0,4	A1/A1	0,29	0,29	NF	4,65	113,6	-46,5/-44,1	0	3 140	ND
422B	R-125/134a/600a (55,0/42,0/3,0)	±1,0/±1,0/+0,1-0,5	A1/A1	0,25	0,25	NF	4,44	108,5	-40,5/-35,6	0	2 530	ND
422C	R-125/134a/600a (82,0/15,0/3,0)	±1,0/±1,0/+0,1-0,5	A1/A1	0,29	0,29	NF	4,64	113,4	-45,3/-42,3	0	3 090	ND
422D	R-125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)	+0,9-1,1/±1,0/+0,1-0,4	A1/A1	0,26	0,26	NF	4,49	109,9	-43,2/-38,4	0	2 730	ND
423A	R-134a/227ea (52,5/47,5)	±1,0/±1,0	A1/A1	0,30	0,30	NF	5,15	126,0	-24,2/-23,5	0	2 280	ND
424A	R-125/134a/600a/600/601a (50,5/47,0/0,9/1,0/0,6)	±1,0/±1,0/+0,1-0,2/ +0,1-0,2/+0,1-0,2	A1/A1	0,10	0,10	NF	4,43	108,4	-39,1/-33,3	0	2 440	ND
425A	R-32/134a/227ea (18,5/69,5/12,0)	±0,5/±0,5/±0,5	A1/A1	0,27	0,27	NF	3,69	90,3	-38,1/-31,3	0	1 510	ND

Número del Refrigerante	Composición ^c % de masa	Tolerancias de composición	Grupo de seguridad	Límite práctico ^d	ATEL/ ODL ^g	Inflamabilidad LFL ^h	Densidad de vapor 25 °C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto de burbuja/ punto de condensación ^a a 101,3 kPa	PAO ae	PCG a f i	Temperatura de Autoignición
		%		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
426A	R-125/134a/600/601a (5,1/93,0/1,3/0,6)	±1,0/±1,0/+0,1-0,2/ +0,1-0,2	A1/A1	0,083	0,083	NF	4,16	101,6	-28,5/-26,7	0	1 510	ND
427A	R-32/125/143a/134a (15,0/25,0/10,0/50,0)	±2,0/±2,0/±2,0/±2,0	A1/A1	0,29	0,29	NF	3,70	90,4	-43,0/-36,3	0	2 140	ND
428A	R-125/143a/290/600a (77,5/20,0/0,6/1,9)	±1,0/±1,0/+0,1-0,2/ +0,1-0,2	A1/A1	0,37	0,37	NF	4,40	107,5	-48,3/-47,5	0	3 610	ND
429A	R-E170/152a/600a (60,0/10,0/30,0)	±1,0/±1,0/±1,0	A3/A3	0,010	0,098	0,052	2,08	50,8	-26,0/-25,6	0	19	ND
430A	R-152a/600a (76,0/24,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,017	0,10	0,084	2,61	63,9	-27,6/-27,4	0	99	ND
431A	R-290/152a (71,0/29,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,009	0,10	0,044	2,00	48,8	-43,1/-43,1	0	38	ND
432A	R-1270/E170 (80,0/20,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,008	0,002 1	0,039	1,75	42,8	-46,6/-45,6	0	2	ND
433A	R-1270/290 (30,0/70,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,007	0,005 5	0,036	1,78	43,5	-44,6/-44,2	0	3	ND
433B	R-1270/290 (5,0/95,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,005	0,025	0,025	1,80	44,0	-42,7/-42,5	0	3	ND
433C	R-1270/290 (25,0/75,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,006	0,006 6	0,032	1,78	43,6	-44,3/-43,9	0	3	ND
434A	R-125/143a/134a/600a (63,2/18,0/16,0/2,8)	±1,0/±1,0/±1,0/+0,1-0,2	A1/A1	0,32	0,32	NF	4,32	105,7	-45,0/-42,3	0	3 250	ND
435A	R-E170/152a (80,0/20,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,014	0,09	0,069	2,00	49,0	-26,1/-25,9	0	26	ND
436A	R-290/600a (56,0/44,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,006	0,073	0,032	2,02	49,3	-34,3/-26,2	0	11	ND
436B	R-290/600a (52,0/48,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,007	0,071	0,033	2,00	49,9	-33,4/-25,0	0	11	ND
437A	R-125/134a/600/601 (19,5/78,5/1,4/0,6)	+0,5-1,8/+1,5-0,7/ +0,1-0,2/+0,1-0,2	A1/A1	0,081	0,081	NF	4,24	103,7	-32,9/-29,2	0	1 810	ND

Número del Refrigerante	Composición ^c % de masa	Tolerancias de composición	Grupo de seguridad	Límite práctico ^d	ATEL/ ODLG	Inflamabilidad LFL ^h	Densidad de vapor 25 °C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto de burbuja/ punto de condensación ^a a 101,3 kPa	PAO ^{ae}	PCG a f i	Temperatura de Autoignición
		%		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
438A	R-32/125/134a/600/601a (8,5/45,0/44,2/1,7/0,6)	+0,5/-1,5/±1,5/±1,5/ +0,1-0,2/+0,1-0,2	A1/A1	0,079	0,079	NF	4,05	99,1	-43,0/-36,4	0	2 260	ND
439A	R-32/125/600a (50,0/47,0/3,0)	±1,0/±1,0/±0,5	A2/A2	0,061	0,34	0,304	2,91	71,2	-52,0/-51,8	0	1 980	ND
440A	R-290/134a/152a (0,6/1,6/97,8)	±0,1/±0,6/±0,5	A2/A2	0,025	0,14	0,124	2,71	66,2	-25,5/-24,3	0	144	ND
441A	R-170/290/600a/600 (3,1/54,8/6,0/36,1)	±0,3/±2,0/±0,6/±2,0	A3/A3	0,006 3	0,006 3	0,032	1,98	48,3	-41,9/-20,4	0	5	ND
442A	R-32/125/134a/152a/227ea (31,0/31,0/30,0/3,0/5,0)	±1,0/±1,0/±1,0/±0,5/±1,0	A1/A1	0,33	0,33	NF	3,35	81,8	-46,5/-52,7	0	1 890	ND

- a. El PAO, PCG, la densidad de vapor, el “punto de burbuja” y el “punto de rocío” se proporcionan solamente con propósitos informativos. La “temperatura del punto de burbuja” se define como la temperatura de saturación líquida de un refrigerante a la presión especificada, la temperatura a la cual un refrigerante líquido empieza a ebullición. El punto de burbuja de una mezcla zeotrópica de refrigerantes a presión constante es más bajo que el punto de rocío. La “temperatura del punto de rocío” se define como la temperatura de saturación de vapor de un refrigerante a la presión especificada, la temperatura a la cual ebulle la última gota de refrigerante líquido. El punto de rocío de una mezcla zeotrópica de refrigerantes a presión constante es mayor que el punto de burbuja.
- b. La suma de las tolerancias de composición para R-152a y R-142b debe estar entre 0 y -2 %.
- c. Los componentes de la mezcla generalmente se listan en orden ascendente respecto al punto normal de ebullición.
- d. El Límite práctico, se calcula a partir de los valores para los componentes individuales según se enumeran en la [Tabla 17](#)
- e. El Potencial de Agotamiento de Ozono se calcula a partir de los valores para los componentes individuales según se enumeran en la [Tabla 17](#)
- f. El Potencial de Calentamiento Global se calcula a partir de los valores para los componentes individuales según se enumeran en la [Tabla 17](#)
- g. Límite de Exposición de Toxicidad Aguda o Límite de Privación de Oxígeno, cualquiera sea el menor.
- h. Límite Inferior de Inflamabilidad.
- i. Periodo de integración 100 años.

Tabla 19 Designación de refrigerantes mezclas azeotrópicas

Número del Refrigerante	Composición azeotrópica ^c % de masa	Tolerancias de Composición	Grupo de Seguridad	Límite Práctico	ATEL/ODL ^e	Inflamabilidad LFL ^f	Densidad de vapor 25 °C, 101,3 kPa ^a	Masa molecular relativa ^a	Punto normal de ebullición ^a	PAO a g	PCG a d h	Temperatura de Autoignición
		%		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³		°C			°C
500	R-12/152a (73,8/26,2)	+1,0 -0,0/+0,0 -1,0	A1/A1	0,4	0,12	NF	4,06	99,3	-33	0,74	8 080	ND
501	R-22/12 (75,0/25,0) ^b		A1/A1	0,38	0,21	NF	3,81	93,1	-41	0,29	4 080	ND
502	R-22/115 (48,8/51,2)		A1/A1	0,45	0,33	NF	4,56	111,6	-45	0,33	4 660	ND
503	R-23/13 (40,1/59,9)		A1/A1	0,35	ND	NF	3,58	87,5	-88	0,6	14 600	ND
504	R-32/115 (48,2/51,8)		A1/A1	0,45	0,45	NF	3,24	79,2	-57	0,31	4 140	ND
507A	R-125/143a (50/50)	+1,5 -0,5/+0,5 -1,5	A1/A1	0,53	0,53	NF	4,04	98,9	-46	0	3 990	ND
508A	R-23/116 (39/61)	±2,0/±2,0	A1/A1	0,23	0,23	NF	4,09	100,1	-86	0	13 200	ND
508B	R-23/116 (46/54)	±2,0/±2,0	A1/A1	0,25	0,2	NF	3,90	95,4	-88	0	13 400	ND
509A	R-22/218 (44/56)	±2,0/±2,0	A1/A1	0,56	0,38	NF	5,07	124,0	-47	0,024	5 740	ND
510A	R-E170/600a (88,0/12,0)	±0,5/±0,5	A3/A3	0,011	0,087	0,056	1,93	47,2	-25	0	3	ND
511A	R-290/E170 (95,0/5,0)	±1,0/±1,0	A3/A3	0,008	0,092	0,038	1,81	44,2	-42	0	3	ND
512A	R-134a/152a (5,0/95,0)	±1,0/±1,0	A2/A2	0,025	0,14	0,124	2,75	67,2	-24	0	189	ND

- a. El PAO y el PCG, la densidad de vapor, la masa molecular y el punto normal de ebullición se proporcionan con fines informativos únicamente.
- b. La composición exacta de este azeótropo se desconoce y se requieren estudios experimentales adicionales.
- c. Los componentes de la mezcla generalmente se listan en orden ascendente respecto al punto normal de ebullición.
- d. El Potencial de Calentamiento Global se calcula a partir de los valores para los componentes individuales según se enumeran en la [Tabla 17](#)
- e. Límite de Exposición de Toxicidad Aguda o Límite de Privación de Oxígeno, cualquiera sea el menor.
- f. Límite Inferior de Inflamabilidad.
- g. El Potencial de Agotamiento del Ozono se calcula a partir de los valores para los componentes individuales según se enumeran en la [Tabla 17](#)
- h. Periodo de integración 100 años.

CAPÍTULO 24

BIBLIOGRAFÍA

- AIRAH (2018). Flammable Refrigerants Safety Guide . descargado en julio del 2019, en la dirección <https://www.airah.org.au>
- Daikin corporation. Service manual for products using R-32
- IEC 60335-2-40, Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps, air-conditioners and dehumidifiers
- IEC 60335-2-89, Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-89: Particular requirements for commercial refrigerating appliances and ice-makers with an incorporated or remote refrigerant unit or motor-compressor
- ISO 5149-1:2014, Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Parts 1: Definitions, classification and selection criteria
- ISO 817:2014, Refrigerants – Designation and safety classification
- MACS, Mobile Air conditioning society (2018). Manual de entrenamiento para la certificación EPA 609. Descargado en julio del 2019, en la dirección <https://www.macsw.org>
- Norma Chilena – NCh3301:2017, Sistemas de refrigeración y climatización que utilizan refrigerantes inflamables – Buenas prácticas para la instalación y mantención
- Norma Chilena – NCh3241:2017, Sistemas de refrigeración y climatización – Buenas prácticas para el diseño, armado, instalación y mantención. Instituto Nacional de Normalización (INN).
- UN Environment (2016). Good Servicing practices for flammable refrigerant: A quick guide. Descargado en julio 2020, en la dirección: http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7899-e-Good_Servicing_Practices_for_Flammable_Refrigerants.pdf



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Multilateral Fund
for the Implementation of the Montreal Protocol

