



With contribution of
the LIFE programme
of the European Union

Introducción

a los Refrigerantes Alternativos

Índice

- 1- Introducción
- 2- R744 (dióxido de carbono, CO₂)
- 3- R717 (amoníaco, NHG₃)
- 4- R32 (HFC)
- 5- R1234ze y otros refrigerantes (HFO)
- 6- R290, R1270 y R600a (HC) PCA = 3
- 7- Seguridad
- 8- Restricciones de uso
- 9- Comportamiento y condiciones de servicio
- 10- Impacto medioambiental
- 11- Disponibilidad
- 12- Problemas de fugas
- 13- Normas y legislación relacionadas
- 14- Preguntas de autoevaluación y próximos pasos

	Tipo	Datos principales	PCA	Temp. Sat.	Aplicaciones típicas
R744	Dióxido de carbono, CO ₂	Altas presiones	1	-78°C	Refrigeración comercial, bombas de calor, compactos
R717	Amoníaco, NHG ₃	Tóxico y poco inflamable	0	-33°C	Industrial
R32	Hidrofluorocarbono, HFC	Poco inflamable	675	-52°C	Aire acondicionado split
R1234ze	HFC insaturado (conocido también como hidrofluoro-olefina)	Poco inflamable	7	-19°C	Enfriadoras, aire acondicionado split, compactos
R1234yf	HFC insaturado (conocido también como hidrofluoro-olefina)	Poco inflamable	4	-29,5°C	Enfriadoras, aire acondicionado, bombas de calor
R600a	Isobutano, C ₄ H ₁₀ , hidrocarburo (HC)	Inflamable	3	-12°C	Doméstico y pequeños equipos comerciales
R290	Propano, C ₃ H ₈ , hidrocarburo (HC)	Inflamable	3	-42°C	Enfriadora, compactos
R1270	Propeno (propileno), C ₃ H ₆ , hidrocarburo (HC)	Inflamable	3	-48°C	Enfriadora, compactos



With contribution of
the LIFE programme
of the European Union

Bienvenido al Programa europeo de aprendizaje mixto de REAL Alternatives 4 Life

Este cuadernillo de estudio es parte de un programa mixto de enseñanza para técnicos que trabajan en el sector de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bomba de calor, diseñado para mejorar sus habilidades y conocimientos sobre seguridad, eficiencia, fiabilidad y el confinamiento de refrigerantes alternativos. El programa está complementado por una combinación de materiales interactivos y en papel: guías de formación, herramientas, evaluaciones para el uso de proveedores de formación y una biblioteca digital que contiene recursos adicionales destacados por los usuarios en www.realalternatives4life.eu/espanol

REAL Alternatives 4 LIFE ha sido elaborado por un consorcio de asociaciones y organismos de formación de toda Europa, cofinanciado por el Programa de Aprendizaje Permanente de la Unión Europea, con el apoyo de agentes del sector. Tanto educadores, como fabricantes y diseñadores de toda Europa han participado en el contenido. Los materiales estarán disponibles en holandés, inglés, alemán, italiano y polaco.

Módulos del programa

- | | |
|----|--|
| 1. | Introducción a los refrigerantes alternativos - seguridad, eficiencia, fiabilidad y buenas prácticas |
| 2. | Gestión del riesgo y la seguridad |
| 3. | Diseño de sistemas con refrigerantes alternativos |
| 4. | Contención y detección de fugas de refrigerantes alternativos |
| 5. | Mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración alternativos |
| 6. | Reconversión de sistemas con refrigerantes de PCA bajo |
| 7. | Lista de control de las obligaciones legales que se deben cumplir al trabajar con refrigerantes alternativos |
| 8. | Impacto económico y medioambiental de las fugas |
| 9. | Inspecciones y consejos para reducir fugas de refrigerante |

Se puede estudiar cada uno de los módulos por separado o hacer el curso completo y la evaluación.

www.realalternatives4life.eu/espanol



Más información disponible en la biblioteca digital de referencia

A lo largo de todo el texto, el usuario encontrará referencias a fuentes con información más detallada. Una vez completado el módulo se puede volver para consultar las referencias que hagan falta o buscar más información en www.realalternatives4life.eu/e-library. Los usuarios también pueden añadir recursos adicionales a la biblioteca como enlaces a páginas web, manuales técnicos o presentaciones, si piensan que pueden resultar útiles para otros usuarios. El módulo 7 proporciona una lista completa de legislación y normas de aplicación a las que se hace referencia en el programa.

Existen opciones de evaluación a demanda para conseguir un Certificado CPD reconocido.

Al final de cada módulo hay una serie de preguntas y ejercicios de autoevaluación para que el usuario pueda valorar su propio aprendizaje. Se podrá realizar una evaluación y obtener un certificado por un proveedor de formación homologado por REAL Alternatives 4 LIFE cuando realice el curso. La lista de proveedores de formación homologados estará disponible en la web.

Regístrate si estás interesado en refrigerantes alternativos

en www.realalternatives4life.eu para recibir novedades, noticias e invitaciones a eventos relacionados con la formación, las competencias y los avances en el sector de la refrigeración.

Este material se puede utilizar y compartir

con fines de formación individual. El cuadernillo de estudio y su contenido están protegidos por derechos de autor a nombre de Institute of Refrigeration y sus socios. El material se puede reproducir en su totalidad o parcialmente con fines formativos previa solicitud por correo electrónico a Real Alternatives Consortium, c/o Institute of Refrigeration, Reino Unido: ior@ior.org.uk. Cualquier consulta sobre el contenido o sobre el programa de formación deberá también dirigirse a ior@ior.org.uk.

Historia del programa y cómo se desarrolló

Este programa de formación ha sido cofinanciado por la Unión Europea. Fue diseñado para abordar lagunas de competencias de los técnicos que trabajan en el campo de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bomba de calor. Ofrece información independiente y actualizada en un formato sencillo. El consorcio del proyecto está formado tanto por instituciones formativas y profesionales como por órganos de representación patronal. Los principales agentes, que van desde empresarios, fabricantes o asociaciones gremiales hasta instituciones profesionales, contribuyeron también con material formativo, asesoraron sobre el contenido y revisaron el programa a medida que se iba desarrollando.

Los socios del consorcio son:

- Asociación Europea de Instaladores de Refrigeración, Aire Acondicionado y Bombas de Calor, AREA
- Asociación Técnica del Frío, Italia
- IKKE training centre Duisburg, Alemania
- Instituto de Refrigeración, Reino Unido
- Instituto Internacional de Refrigeración, Francia
- Colegio Universitario Leuven Limburg, Bélgica
- London South Bank University, Reino Unido
- Programa de reciclaje PROZON, Polonia.

Con el agradecimiento a nuestros representantes:

- C N I, Confederación Nacional de Instaladores
- CHKT, Asociación Checa de Tecnologías de Refrigeración y Aire Acondicionado
- HURKT, Asociación Croata de Refrigeración, Aire Acondicionado y Bombas de Calor, Rumanía
- SOSIAD, Asociación de la Industria y Empresarios de la Refrigeración, Turquía
- RGAR, Asociación General de Refrigeración
- SZ CHKT, Asociación Eslovaca para Tecnologías de Enfriamiento y Aire Acondicionado

Módulo 1

1. Introducción a los Refrigerantes Alternativos

Objetivo del Módulo 1

En este módulo ofreceremos una introducción general a las diferentes alternativas a los refrigerantes de hidrofluorocarbono (HFC) con alto Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) y compararemos sus propiedades, comportamiento, problemas de seguridad, impacto medioambiental y facilidad de uso. Estos refrigerantes se utilizan en sistemas nuevos diseñados *ad hoc* —habitualmente no son apropiados para sustituir a los refrigerantes de sistemas antiguos. Las principales alternativas ofrecen un PCA bajo o cero, pero es importante que no se elija el refrigerante únicamente por tener un PCA bajo; se deben tener en cuenta otras características, por ejemplo:

- Presiones de servicio;
- Comportamiento - capacidad y eficiencia;
- Compatibilidad de materiales, incluido el lubricante para compresores;
- Seguridad - la inflamabilidad y la toxicidad, entre otros factores;
- Deslizamiento de temperatura;
- La facilidad de uso y el grado de competencia de los técnicos instaladores y técnicos de diseño que realizan la instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento.

Esta documentación es un material de referencia útil para cualquier profesional del sector de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bomba de calor (RACHP, por sus siglas en inglés). Se da por hecho que el usuario ya conoce los sistemas RACHP que emplean refrigerantes HFC.

Limitaciones

Este documento ofrece una introducción al tema. No sustituye la formación práctica o la experiencia.

Fuente de información complementaria y enlaces

Al final del módulo se relacionan una serie de enlaces a información útil proveniente de distintas fuentes que han sido verificadas por profesionales del sector y suponen una orientación técnica en caso de que el usuario quiera saber más sobre estos temas.



VER APÉNDICE DE REFERENCIAS
DE REAL ALTERNATIVES

Uso de normas

A fin de no vulnerar derechos de *copyright*, no se reproducen en este documento normas internacionales, europeas o nacionales. Las normas son una fuente muy valiosa de información, así que se hace referencia a ellas y se recomienda encarecidamente su uso.

Alcance

Se recogen los siguientes refrigerantes:

- R744 (dióxido de carbono, CO₂)
- R717 (amoníaco, NH₃)
- R32 (HFC con PCA bajo en comparación con otros HFC empleados habitualmente)
- R1234ze y R1234yf (hidrofluoruro-olefina de PCA bajo)
- R290 (propano), R1270 (propeno, propileno) y R600a (isobutano).

Historia breve

Para conocer mejor la historia del desarrollo de distintos refrigerantes sintéticos y alternativos, puedes ver el vídeo de Eurammon llamado *Naturally Cool*.

VER VÍDEO DE EURAMMON
NATURALLY COOL

Los refrigerantes R744, R717 y R290 estuvieron entre los primeros que se utilizaron para sistemas de refrigeración mecánica. Su uso disminuyó cuando se desarrollaron los CFC y los HCFC¹, con lo que los refrigerantes R744 y R290 se utilizaban excepcionalmente. El R717 continuó utilizándose en sistemas industriales. Cuando retiraron progresivamente los refrigerantes nocivos para la capa de ozono, se volvieron a utilizar el R290 y otros hidrocarburos. Al mismo tiempo, se introdujeron los refrigerantes HFC y comenzaron a generalizarse, pero su Potencial de Calentamiento Atmosférico unido a las altas tasas de fugas en algunas aplicaciones hizo que parte del sector se decantase por alternativas de PCA bajo. Entre ellas se encuentra el R744, que se ha utilizado en sistemas de pequeña escala desde el año 2000, y los HFC de PCA bajo.

El ciclo cerrado... Impulsando soluciones con refrigerantes naturales y alternativos

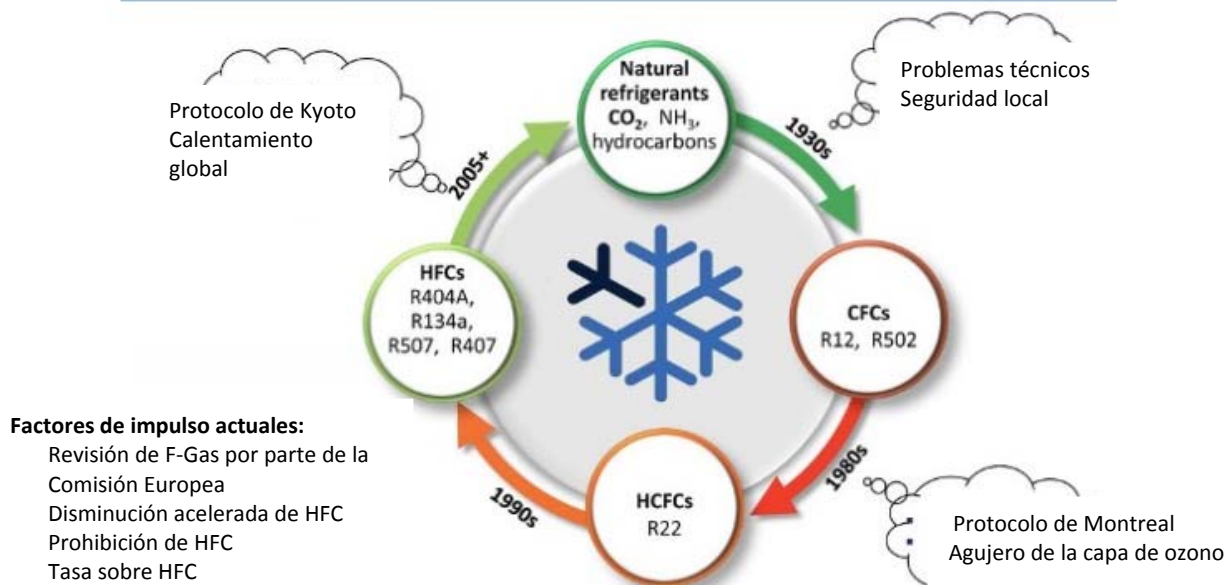


Imagen de www.fridgehub.com

¹ Clorofluorocarburos (CFC) e hidroclorofluorocarburos (HCFC)

Propiedades básicas

Las propiedades básicas de estos refrigerantes se muestran en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1, Propiedades básicas de los refrigerantes alternativos

	Tipo	Datos principales	PCA ²	Temp sat ³	Usos habituales
R744	Dióxido de carbono, CO ₂	Presiones altas	1	-78°C	Refrigeración, bomba de calor y sistemas integrales a pequeña escala
R717	Amoníaco, NH ₃	Tóxico y poco inflamable	0	-33°C	Industrial
R32	Hidrofluorocarburo, HFC	Poco inflamable	675	-52°C	Aire acondicionado por <i>split</i>
R1234ze	HFC insaturado (también conocido como hidrofluoro-olefina, HFO)	Poco inflamable	7	-19°C	Enfriadores, aire acondicionado por <i>split</i> , sistemas integrales
R1234yf	HFC insaturado (también conocido como hidrofluoro-olefina, HFO)	Poco inflamable	4	-29.4°C	Enfriadores, aire acondicionado y bombas de calor
R600a	Isobutano, C ₄ H ₁₀ , hidrocarburo (HC)	Inflamable	3	-12°C	Sistemas comerciales pequeños y domésticos
R290	Propano, C ₃ H ₈ , hidrocarburo (HC)	Inflamable	3	-42°C	Refrigeradores, sistemas integrales
R1270	Propeno (propileno), C ₃ H ₆ , hidrocarburo (HC)	Inflamable	3	-48°C	Refrigeradores, sistemas integrales

Ver nota a pie de página para PCA² y Temp. sat³

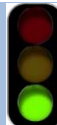
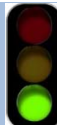
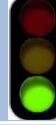
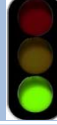
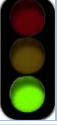
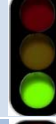
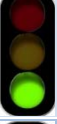
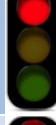
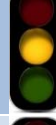
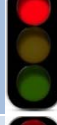
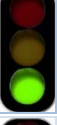
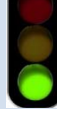
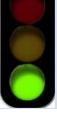
Algunos de estos refrigerantes ya se utilizan de manera generalizada, mientras que otros se están comenzando a probar y a extender. Su uso a menudo se ve limitado por la inflamabilidad y la toxicidad - la tabla siguiente resume los usos para los que son más apropiados.

Los refrigerantes inflamables se agrupan en categorías en función de su baja o alta inflamabilidad, dependiendo de la concentración requerida para que la ignición sea posible, del calor de combustión y de la propagación de la llama. Menor inflamabilidad no significa no inflamable.

² El PCA se basa en el Reglamento F-Gas EU 517:2014

³ Temp sat es la temperatura de saturación a presión atmosférica (1 bar g), excepto en el caso de R744, que es la temperatura superficial del R744 sólido a presión atmosférica.

Tabla 2, uso de los refrigerantes alternativos

Refrigerante	Planta Central	VRV, CRV	Split AC / bombas de calor	Enfriadores	Unidades de condensación remota	Integrales
R744						
R717						
R32						
R1234ze						
R600a						
R290 y R1270						

La tabla indica el tipo de sistema para el que el refrigerante es más apropiado - no muestra dónde se utilizan efectivamente los refrigerantes. El siguiente apartado proporciona más información sobre los usos actuales.



Verde - estos sistemas son apropiados para el tipo de refrigerante indicado, y el tamaño de la carga se encuentra habitualmente dentro de los límites especificados en EN378. Se requieren algunos cambios en el diseño, por ejemplo en los dispositivos eléctricos o en la ventilación.



Ámbar - estos sistemas se pueden utilizar con el tipo de refrigerante indicado y de hecho se usan, pero hay restricciones debidas a la carga máxima o al límite práctico que se especifica en EN378 (v. nota 2). Se requieren algunos cambios de diseño en los dispositivos eléctricos o en la ventilación. En algunos casos, la capacidad volumétrica del refrigerante hace que no sea idóneo para un uso concreto.



Rojo - estos sistemas no deben usarse con el tipo de refrigerante indicado, habitualmente porque el tamaño de la carga supera el máximo especificado en EN378-1.

Notas:

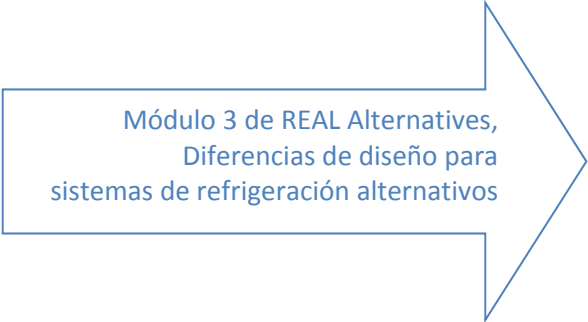
(1) VRV (Volumen de Refrigerante Variable) y CRV (Caudal de Refrigerante Variable)

(2) El límite práctico de refrigerante es la concentración utilizada para un cálculo simplificado para determinar la cantidad máxima aceptable de refrigerante en un espacio ocupado. Se basa en la toxicidad o inflamabilidad. Para más información ver EN378 Parte 1 – Tabla E-1

Idoneidad de los refrigerantes alternativos para reconversión de sistemas

La mayoría de los refrigerantes habitualmente no son apropiados para la reconversión de sistemas diseñados para refrigerantes HFC o HCFC convencionales (no inflamables). Sin embargo, algunos refrigerantes HFO se pueden utilizar para la reconversión de sistemas - ver Módulo 6 para más detalles.

A continuación se ofrece una breve introducción de cada tipo de refrigerante. Para más información, consulta el módulo *Diferencias de diseño para sistemas de refrigeración alternativos*.



Módulo 3 de REAL Alternatives,
Diferencias de diseño para
sistemas de refrigeración alternativos

2. R744 (dióxido de carbono, CO₂) PCA = 1

El refrigerante R744 presenta altas presiones de servicio, una temperatura crítica baja (31°C) y un punto triple alto. Su capacidad volumétrica de refrigeración es entre 5 y 8 veces mayor que la de los HFC. Se reducen así el desplazamiento del compresor y el tamaño de la tubería necesarios. Sus propiedades afectan sobre cómo esté diseñado el sistema o sobre cómo funcione, particularmente con temperaturas ambiente altas. Cuenta con una temperatura de descarga elevada, por lo que necesita compresión de dos etapas en sistemas de baja temperatura. El documento que se destaca a la derecha contiene información detallada sobre cómo estas propiedades afectan al uso del R744.



Molécula de CO₂

Manuales de uso Danfoss
*Food retail CO₂ refrigeration systems y
CO₂ for industrial refrigeration*

El refrigerante R744 se utiliza en los siguientes tipos de sistemas:

- Líquido secundario en bombeo - el R744 es el líquido secundario refrigerado por un sistema principal. El refrigerante R744 es un líquido secundario volátil que, junto con su alta capacidad y densidad, reduce la potencia de bombeo necesaria en comparación con otros líquidos secundarios como el glicol.
- Cascada - en los casos en que el calor expulsado por el R744 que se condensa es absorbido por el refrigerante que se evapora en la etapa de alta presión aparte. En estos sistemas, el R744 funciona por debajo del punto crítico y la presión del lado alto se encuentra generalmente por debajo de 40 bar g. La etapa de alta presión puede ser el R744 (ver abajo) o puede funcionar con HFC, HC, HFO o R717.

Manual de uso Danfoss
Cascade HC/HFC - CO₂ System

- Sistemas transcríticos - en que el calor del R744 se desprende al aire ambiente y a temperaturas ambiente por encima de 21°C el R744 estará por encima del punto crítico (31°C) - es decir, será transcrítico. El R744 no se condensa - se mantiene en estado supercrítico hasta que la presión se reduce por debajo de la presión crítica (72,8 bar g). En estado transcrítico, la etapa de alta presión es habitualmente 90 bar g.

Manual Danfoss sobre CO₂. Artículo de Danfoss
Transcritical refrigeration systems with CO₂

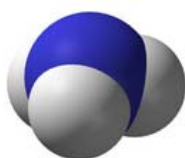
El R744 se viene utilizando en miles de sistemas minoristas e industriales en Europa. Se utiliza también en bombas de calor y en sistemas integrales.

Manual Shecco Europa
2014

El uso del R744 ha exigido que los diseñadores y técnicos adquieran competencias adicionales y mayor disponibilidad de piezas.

3. R717 (Amoniac, NH_3) - PCA = 0

El R717 presenta una temperatura de saturación alta a presión atmosférica, es altamente tóxico, tiene menor inflamabilidad y un olor fuerte. El olor se percibe a concentraciones de tan solo 3 mg/m^3 , por tanto es evidente a niveles muy inferiores a aquellos a los que es tóxico (el ATEL / ODL⁴ es 350 mg/m^3). Es el único refrigerante de uso generalizado que es más ligero que el aire, lo que supone que cualquier fuga de refrigerante se dispersa rápidamente.



Molécula de NH_3

Código de seguridad del Amoniac
Instituto de Refrigeración

Una temperatura de saturación relativamente alta supone que muchos usos a baja temperatura (por ejemplo, en cámaras frigoríficas y túneles de congelación rápida) funcionen a presiones subatmosféricas un tanto bajas.

El refrigerante R717 también funciona con temperaturas de descarga muy elevadas. Por tanto, se puede utilizar un sistema de compresión simple normalmente con una temperatura de evaporación superior a -10°C . Por debajo de esta temperatura, se requiere un sistema de compresión de doble etapa con enfriamiento entre etapas.

Por su alta toxicidad, el uso del R717 se ve limitado a sistemas de muy baja carga o a sistemas industriales (es decir, sistemas en lugares que no sean accesibles al público general). Por norma general, hablamos de almacenes frigoríficos para distribución y plantas transformadoras de alimentos, que habitualmente utilizan sistemas secundarios en los que el R717 es el refrigerante principal.

Se muestran a continuación algunos sistemas que utilizan amoniac:



El amoniac corroe el cobre, por lo que se utilizan tuberías de acero y compresores abiertos. No se mezcla con los aceites minerales convencionales, por lo que se hace necesaria además una rectificación del aceite en los sistemas de refrigeración. El uso de tuberías de acero y de compresores abiertos y la rectificación del aceite afectan al gasto de capital de una instalación de amoniac.

Video de REAL Alternatives Ejemplo del diseño de un sistema de amoniac en la biblioteca digital

⁴ ATEL / ODL es Límite de Exposición de Toxicidad Aguda / Límite de Carencia de Oxígeno, el que sea menor. Se recoge en EN378-1:2016

4.R32 (HFC) PCA 675

El R32 es un HFC poco inflamable. Su comportamiento y sus presiones de servicio son muy parecidos a los del **R410A**, y se está empezando a utilizar en aplicaciones similares - bombas de calor, sistemas de aire acondicionado por *split* y enfriadores. Para más información sobre la idoneidad de uso de este refrigerante, siempre se debe contactar con el proveedor del equipo.



Molécula de R32

Su menor inflamabilidad limita el tamaño de la carga refrigerante, pero no en la misma medida que los hidrocarburos más inflamables. Los aparatos eléctricos del sistema serán «sin chispas» en caso de que una fuga pueda resultar en una concentración inflamable en el entorno del aparato eléctrico.

Las presiones de servicio son más altas que las de la mayoría de los HFC, pero similares a las del R410A. En general, la presión máxima de zona de alta es 35 bar g.

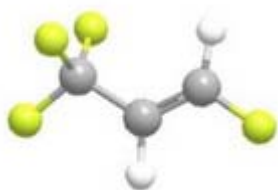


Producción de unidades de aire acondicionado de R32

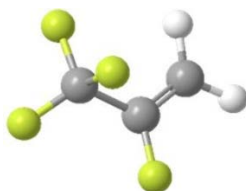
5. R1234ze (PCA = 7) y otros refrigerantes HFO

Los principales refrigerantes HFO (hidrofluoro olefina) son R1234ze y R1234yf. Ambos son sustancias puras de la misma familia, que consisten en hidrógeno, flúor y carbono insaturado. Estos tienen menor inflamabilidad y muy bajo PCA

Un HFO - hidrofluoruro-olefina es un halocarbono que contiene hidrógeno, flúor y carbono insaturado.



Molécula de R1234ze



Molécula R1234yf

Instituto de Seguridad en Refrigeración. Código para refrigerantes inflamables

Informe 19 sobre refrigerantes de Bitzer

Su menor inflamabilidad limita el tamaño de la carga refrigerante, pero no en la misma medida que los hidrocarburos con mayor inflamabilidad. Los aparatos eléctricos del sistema serán «sin chispas» en caso de que una fuga pueda resultar en una concentración inflamable en el entorno del aparato eléctrico.

La temperatura de saturación del R1234ze a presión atmosférica es alta si se compara con otros refrigerantes, por lo que funcionará en vacío en la zona de baja presión del sistema en aplicaciones a baja temperatura. Así, es idóneo para usos con temperaturas medias y altas, como en enfriadores de agua. Su capacidad de refrigeración también es baja en comparación con otros HFC, lo que supone que se necesiten distintos compresores con un desplazamiento mayor en relación con el motor.

El R1234ze está disponible y se usa en enfriadores y sistemas integrales.

El R1234yf tiene un uso generalizado en el aire acondicionado de automóviles. Ahora ha comenzado a usarse en aplicaciones comerciales de refrigeración. Es similar a 1234ze ya que funcionará con vacío en el lado de baja presión del sistema para aplicaciones a baja temperatura, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones de temperatura media y alta, como las enfriadoras de agua. Sin embargo, tiene una capacidad muy similar a R134a lo que significa que se pueden usar los mismos compresores

Varias mezclas que usan HFO están en uso comercial. Tienen PCA más bajos que los HFC puros como R404A y R134a, pero algunos son inflamables. Ver el Módulo 5 para más información.



Folleto de Honeywell: Solstice - a full range of refrigerant solutions

Web de Climalife para Chemours Información de refrigerante

Ejemplos de equipos que utilizan R1234ze

6. R290, R1270 y R600a (HC) PCA = 3

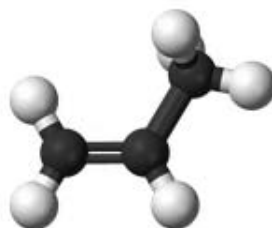
Tanto el R290 (propano), como el R1270 (propeno, propileno) y el R600a (isobutano) son todos hidrocarburos. Son altamente inflamables, por lo que el tamaño de la carga refrigerante se ve limitada en varios usos. Esto confina el uso de los HC a sistemas integrales, enfriadores y a algunos sistemas de aire acondicionado por *split*, principalmente.

Los aparatos eléctricos del sistema serán «sin chispas» en caso de que una fuga pueda resultar en una concentración inflamable en el entorno del aparato eléctrico.

Código de seguridad del
Institute of Refrigeration
sobre Refrigerantes inflamables



Molécula de propano



Molécula de propeno



Molécula de isobutano

El R290 y el R1270 presentan un comportamiento y unas presiones de servicio parecidas a las del R404A y tienen un uso comercial a temperaturas altas, medias y bajas. El R600a presenta una temperatura de saturación mucho mayor que la de otros refrigerantes y funciona en vacío en la zona de baja presión la mayoría de las veces. Se limita al uso doméstico y a sistemas comerciales de refrigeración muy pequeños con fugas mínimas, de tal forma que la penetración de aire y humedad por fugas es poco frecuente.

También existen mezclas de HC, como Care 30 (propano e isobutano) y Care 50 (propano y etano). Además, son muy inflamables y su deslizamiento de temperatura es significativo.



Ejemplos de equipos diseñados para contener hidrocarburos

7. Seguridad

Nota para los editores: la siguiente inserción es una copia de la nueva guía de seguridad 1.2

Todos los refrigerantes alternativos cubiertos en esta guía tienen riesgos adicionales en comparación con los refrigerantes HFC tradicionales. Éstas incluyen:

- Inflamabilidad
- Toxicidad
- Altas presiones

La tabla a continuación resume los riesgos de los refrigerantes alternativos. El semáforo indica la gravedad del peligro en comparación con R404A.

Tabla 3: Peligros de los refrigerantes alternativos en comparación con R404A

Refrig.	Inhalación	Inflamabilidad	Presión	Otros
R744	Baja toxicidad	No inflamable	Mucho más alta	Alto aumento de presión del líquido atrapado y alto riesgo de atrapar líquido frío Posibilidad de formar R744 sólido
R717	Altamente tóxico	Baja inflamabilidad	Más baja	
R32	Asfixiante	Baja inflamabilidad	Más alta	Productos de descomposición altamente tóxicos
R1234ze	Asfixiante	Baja inflamabilidad	Más baja	Productos de descomposición altamente tóxicos
R600a	Asfixiante	Alta inflamabilidad	Mucho más baja	
R290	Asfixiante	Alta inflamabilidad	Similar	
R1270	Asfixiante	Alta inflamabilidad	Similar	

Verde – similar al R404A o no tan severo;

Naranja– ligeramente más severo que el R404A;

Rojo– significativamente más severo que el R404A.

Para todos los refrigerantes– se reduce el riesgo minimizando el potencial de fugas.

2 Clasificación de Seguridad

Las clasificaciones de seguridad que figuran abajo están definidas en la ISO817:2014 ⁵ y se emplean también en la EN378-1:2016 ⁶

La clasificación comprende dos partes: A o B seguido de 1, 2L, 2 ó 3.

- A o B representa el grado de toxicidad .

⁵ Refrigerantes ISO817:2014, definiciones y clasificación de seguridad

⁶ EN378-1:2016, Sistemas de refrigeración y bombas de calor– Exigencias de seguridad y medioambientales, Parte 1 – requerimientos básicos, definiciones, clasificación y criterios de selección.

- o A es menor toxicidad (la mayor parte de los refrigerantes son clase A);
- o B es mayor toxicidad (el R717 es clase B)
- 1, 2L, 2 ó 3 representa el grado de inflamabilidad
 - o 1 no inflamable
 - o 2L, ligeramente inflamable (o menor inflamabilidad)
 - o 2, inflamable
 - o 3, altamente inflamable

La tabla abajo recoge la clasificación de seguridad de los refrigerantes alternativos más comunes.

Tabla 4, Información de seguridad

Refrigerante	Clasificación de seguridad ^a	LFL, kg/m ³ ^b	Auto ignición temp, °C	PL, kg/m ³ ^c	ATEL / ODL ^d
CO ₂ R744	A1	Not applicable	Not applicable	0.1	0.072
NH ₃ R717	B2L	0.116	630	0.00035	0.00022
HFC R32	A2L	0.307	648	0.061	0.30
HFO R1234ze	A2L	0.303	368	0.061	0.28
HFO R1234yf	A2L	0.289	405	0.058	0.47
HC R600a	A3	0.043	460	0.011	0.059
HC R290	A3	0.038	470	0.008	0.09
HC R1270	A3	0.047	455	0.008	0.0017

- a) La clasificación de seguridad se detalla en EN378-1.
- b) LFL (kg / m³) es el límite inferior de inflamabilidad que se enumera en EN378-1.
- c) PL es el límite práctico que se enumera en EN378-1. Para los refrigerantes A1 es la concentración más alta en un espacio ocupado que no dará como resultado efectos de escape. Para los refrigerantes inflamables es aproximadamente 20% LFL.
- d) ATEL / ODL es el límite de exposición a toxicidad aguda / límite de privación de oxígeno que figura en EN378-1. Este es el nivel por encima del cual hay un efecto adverso que resulta de exposiciones únicas o múltiples en un corto espacio de tiempo (por lo general, menos de 24 horas).

8. Restricciones de uso

EN378⁷ proporciona restricciones de tamaño de carga para equipos RACHP:

- La Tabla C.1 es para refrigerantes que tienen toxicidad como el peligro dominante, por ejemplo R717 y R744;
- La Tabla C.2 es para refrigerantes que tienen inflamabilidad como el peligro dominante, por ejemplo HC y refrigerantes A2L.

El tamaño máximo de carga depende de:

- Ubicación del equipo, por ejemplo si algunos o todos los equipos están en el espacio ocupado;
- Categoría de acceso del área que se está enfriando, por ejemplo acceso sin restricciones por el público o acceso autorizado solamente;
- Tipo de sistema: para refrigeración / calefacción de confort u otras aplicaciones.

En EN378 se recogen las restricciones de tamaño y las cargas máximas para los equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor (RACHP)

Hay tres tipos de categorías como muestra la tabla a continuación:

Tabla 5, clasificación de ocupación

Clase	Lugar donde ...	Ejemplos
A	Puede que duerman personas; El número de personas presentes no se controla; Cualquier persona tiene acceso sin conocer las precauciones de seguridad personal	Hospitales y residencias Centros penitenciarios Teatros, salas de conferencias Supermercados, restaurantes, hoteles Terminales de transporte Pistas de patinaje
B	Solamente puede reunirse un número limitado de personas, algunas de ellas necesariamente conoce las precauciones generales de seguridad. Puede ser una sala o parte de un edificio.	Laboratorios Lugares para fabricación general Edificios de oficinas
C	No abiertos al público general, solamente pueden entrar personas autorizadas Las personas autorizadas conocen las precauciones generales de seguridad.	Almacenes frigoríficos y mataderos Refinerías Zonas no abiertas al público en supermercados Fábricas (p.e. sustancias químicas, alimentos)

Hay cuatro clasificaciones de ubicación de equipos:

Clase I: todos los equipos mecánicos se encuentran dentro del espacio ocupado;

Clase II: los compresores se encuentran en una sala de máquinas o al aire libre;

Clase III: todos los equipos de refrigeración están en una sala de máquinas o al aire libre;

Clase IV: todos los equipos de refrigeración están en un recinto ventilado.

A continuación se dan algunos ejemplos comunes de restricciones de tamaño de carga, pero debe consultar la norma EN 378 para obtener información completa.

⁷ EN378-1:2016 Anexo C

Ejemplo 1 - cámara frigorífica utilizando R290 a nivel del suelo con una unidad de condensación remota situada fuera

El refrigerante tiene la clasificación de seguridad A3, por lo que se aplica la tabla C.2 en EN 378-1: 2016.

La categoría de acceso es "B" para este ejemplo.

La aplicación es "otras aplicaciones".

El sistema está sobre la superficie.

La clasificación de ubicación del equipo es "II" porque la unidad de condensación se encuentra afuera.

El cuadro C.2 especifica la carga máxima de la siguiente manera:

$20\% \times \text{LFL} \times \text{volumen de habitación y no más de 2.5 kg.}$

Tamaño de la habitación fría de 3,5 m por 3 m por 2,4 m de altura;

Volumen de la habitación fría = $3.5 \times 3 \times 2.4 = 25.2 \text{ m}^3$;

R290 LFL = 0.038 kg / m^3 ;

Carga máxima = $0.2 \times \text{LFL} \times \text{volumen}$

= $0.2 \times 0.038 \times 25.2 = 0.192 \text{ kg.}$

Esto está por debajo de 2.5 kg.



Ejemplo 2 - Climatización/calefacción de confort

Aire acondicionado split R32 con una unidad interior montada en el techo

El refrigerante es clasificación de seguridad A2L, por lo que se aplica la tabla C.2 en EN 378-1: 2016.

La categoría de acceso es “a” para este ejemplo.

La aplicación es la refrigeración / calefacción de confort.

La clasificación de ubicación del equipo es “II” porque la unidad de condensación se encuentra afuera.

El cuadro C.2 especifica la carga máxima de la siguiente manera:

Ecuación C2 y no más de $m^2 \times 1.5 \text{ kg}$

La ecuación C2 es:

$$M = 2.5 \times \text{LFL}^{1.25} \times h \times \sqrt{A}$$

20% x LFL x volumen de habitación y no más de 2.5 kg.

M = carga máxima, kg

LFL = límite inferior de inflamabilidad, kg / m³

h = altura de la unidad, m

(0.6 para el piso montado, 1.0 para la ventana, 1.8 para la pared, 2.2 para el techo)

A = área del piso, m²

$$m^2 = 26 \times \text{LFL}$$

$$\text{LFL}_{\text{R32}} = 0.307 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 9 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} = 49.5 \text{ m}^2$$

$$M = 2.5 \times 0.307^{1.25} \times 2.2 \times \sqrt{49.5}$$

$$M = 8.84 \text{ kg.}$$

$$\text{Esto está por debajo de } m^2 \times 1.5 = 26 \times 0.307 \times 1.5 = 12 \text{ kg.}$$

Nota: EN 378 permite mayores tamaños de carga si se toman disposiciones de seguridad alternativas, que incluyen detección / alarma de refrigerante, válvulas de cierre y ventilación.

Ejemplo 3: R744 Sistema centralizado, grupo compactos de refrigeración y cámaras frigoríficas

El refrigerante es la clasificación de seguridad A1, por lo que se aplica la tabla C.1 en EN 378-1: 2016.

La categoría de acceso es "a" y "b" para este ejemplo (el piso de la tienda es "a", las salas frías a las que solo accede el personal de la tienda son "b") ..

La clasificación de ubicación del equipo es "II" porque el paquete está ubicado afuera.

Para el taller (categoría de acceso "a"), el cuadro C.1 especifica la carga máxima de la siguiente manera:

Límite de toxicidad x volumen de la habitación

La superficie de la tienda mide 25 m por 50 m por 5 m de alto

ATEL para R744 es 0.072 kg / m³

$$M = 0.072 \times 25 \times 50 \times 5 = 450 \text{ kg}$$

Para las cámaras frías (que son de acceso categoría "B") no hay restricción de carga. Sin embargo, la EN 378-3: 2016 sección 9.1 especifica que si la concentración puede exceder el límite práctico, se deben usar detectores de refrigerante que activen una alarma. Para R744, el detector debería emitir una alarma al 50% de ATEL / ODL, por lo que a 0.5×0.072 para R744 (0.036 kg / m³). Nota: el límite práctico para R744 es 0.1 kg / m³, por lo que es probable que se exceda en pequeñas cámaras frías en caso de una fuga.

Además, la tabla C.1 se refiere a EN 378-3: 2016 4.2 para la planta ubicada en el exterior y especifica que el refrigerante no debe poder fluir hacia los edificios en caso de una fuga.

También puede haber requisitos para la detección de gases.

Ejemplo 4: enfriadora R717 ubicada afuera

El refrigerante es la clasificación de seguridad B2L, por lo que se aplica la tabla C.1.

Para un enfriador externo, la ubicación del equipo es “III”. No hay restricciones de carga para ninguna categoría de acceso.

Además, la tabla C.1 se refiere a EN 378-3: 2016 4.2 para la planta ubicada en el exterior y especifica que el refrigerante no debe poder fluir hacia los edificios en caso de una fuga. . También puede haber requisitos para la detección de gas y las fuentes de ignición.

Ejemplo 5: cálculo del volumen mínimo de la habitación para un mostrador de delicatessen con una carga de 350 g R1270

El refrigerante tiene la clasificación de seguridad A3, por lo que se aplica la tabla C.2 en EN 378-1: 2016.

La categoría de acceso es “A” para este ejemplo.

La aplicación es otras aplicaciones.

La clasificación de ubicación del equipo es “I” para un gabinete integral.

El cuadro C.2 especifica la carga máxima de la siguiente manera:

$$20\% \times \text{LFL} \times \text{volumen de habitación y no más de 1,5 kg}$$

Por lo tanto, el volumen mínimo de la sala = carga / $0.2 \times \text{LFL}$ = $0.35 / 0.2 \times 0.046$ = 38 m³.

9. Comportamiento y condiciones de servicio

La tabla siguiente recoge el comportamiento de los refrigerantes alternativos. El R404A se incluye a efectos comparativos. Esta información deriva del programa CoolPack salvo que se especifique lo contrario.

Programa CoolPack

Las siguientes figuras muestran una comparativa del comportamiento basada en un ciclo teórico. Las comparaciones reales dependen de la tecnología del compresor, el uso, el ambiente y el tipo de sistema. Los datos/software del fabricante proporcionarán una comparación más precisa para un uso concreto.

Software de selección de Bitzer
Informe 19 sobre refrigerantes de Bitzer,
páginas 38 y 39

Esto es especialmente cierto para el R744, donde el COP previsible, por ejemplo, sería mayor que el indicado a continuación para el tipo de sistema y las condiciones de servicio en que se utiliza el R744 habitualmente.

Programa Copeland Select 7.15

Tabla 6, comparación del comportamiento

Refrigerante	Temperatura de saturación a 0 bar g, °C	Desplazamiento requerido m³/h	COP	Temperatura de descarga, °C	Ratio de compresión ^a
R404A	-46	14,84	2,94	57	3,82
R744	-78	3,88	1,75 ^c	114	3,42
R717	-33	14,3	3,27	152	4,82
R32 ^b	-52	9,65	3,17	99,5	3,77
R1234ze ^b	-19	35,14	3,28	52	4,54
R600a	-12	47,13	3,26	51	4,40
R290	-42	17,35	3,18	59	3,61
R1270	-48	14,3	3,17	67	3,53

- a) El ratio de compresión es igual a la presión de descarga dividida por la presión de aspiración (ambos en bar abs);
- b) Datos de Refprop⁸;
- c) Todos coeficientes de operatividad (COP) presentados en esta tabla son el COP teórico del ciclo de refrigeración. El R744 opera por encima del punto crítico en el ciclo de referencia. En la práctica, el COP será mayor que el que se muestra en la sencilla comparación anterior.

La comparación anterior se ha estimado en base a las siguientes condiciones:

Capacidad de refrigeración, 10kW

Temperatura de evaporación, -10°C

Temperatura de condensación, 35°C (el R744 es transcrito y presenta una temperatura de salida del refrigerador de gas de 35°C)

Recalentamiento útil, 5K

Subenfriamiento, 2K

Las pérdidas de presión son iguales a 0,5K

Eficiencia isentrópica, 0,7.

⁸ La base de datos Refprop (Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database) se encuentra disponible en www.nist.gov

Los siguientes gráficos muestran el desplazamiento necesario para una capacidad refrigerante concreta y el COP comparado con el R404A en las condiciones de servicio especificadas anteriormente.

Figura 3, desplazamiento comparado con el R404A

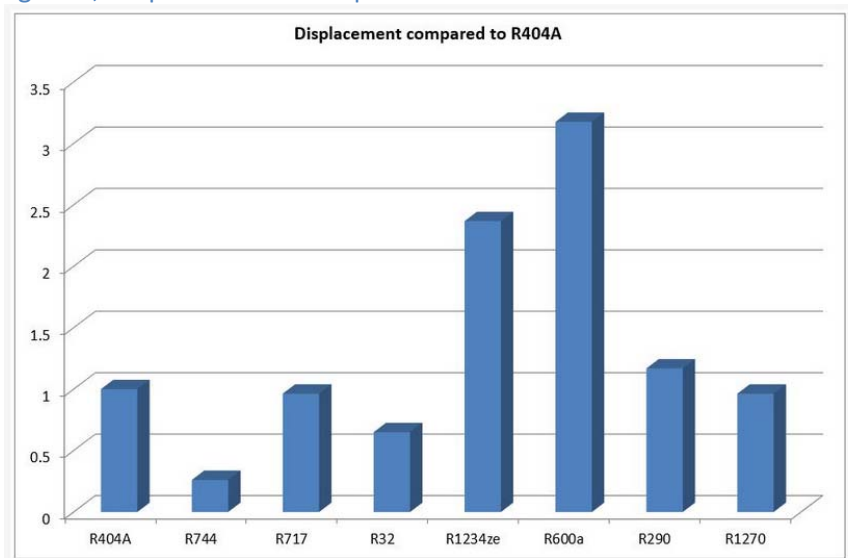
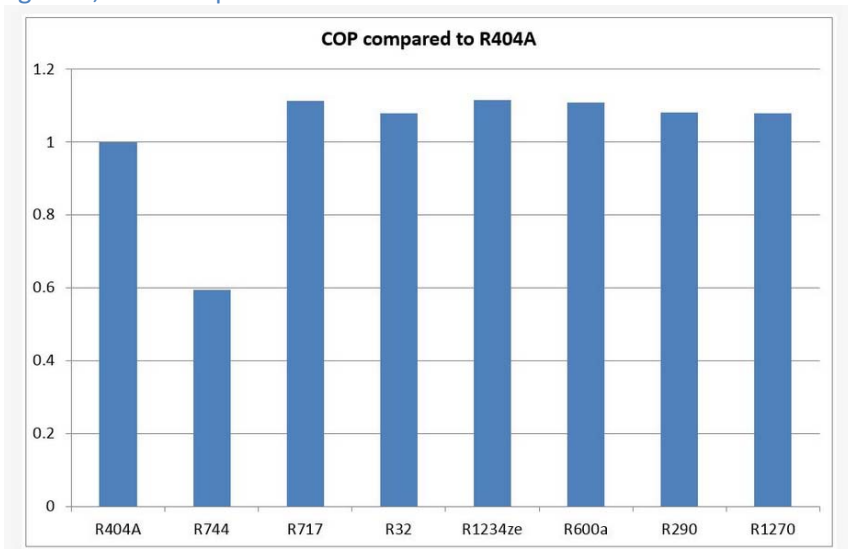


Figura 4, COP comparado con el R404A



Cabe señalar que el COP del R744 es bajo porque es una comparación basada en un ciclo teórico en las condiciones en que operarían la mayoría de los sistemas de refrigeración (incluida la temperatura de condensación de 35°C). Sin embargo, el R744 se encuentra por encima de la temperatura crítica en esta comparación y, en realidad, la presión de descarga estaría controlada a una presión diferente para conseguir un COP mejor.

Relación de Eficiencia Energética

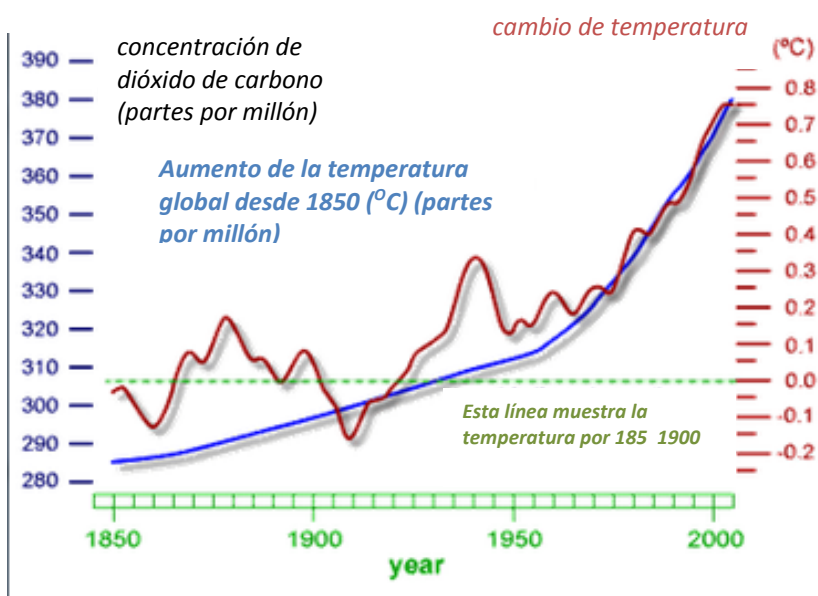
La relación EER o Eficiencia Energética también se puede usar para comparar las eficiencias en aplicaciones de aire acondicionado y bomba de calor. Esta es la relación de la capacidad de enfriamiento de un acondicionador de aire en kW o BTU por hora, en comparación con la entrada eléctrica total en kW o vatios según un criterio de prueba determinado. Esto normalmente se basa en la norma europea EN 14511-2: 2011 "Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y la refrigeración de locales. Parte 2: Condiciones de ensayo."

10. Impacto medioambiental

Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA)

Los datos de la tabla 1 presentan el Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) directo de los refrigerantes alternativos. A la hora de seleccionar un refrigerante para un uso concreto, no se puede considerar este factor exclusivamente. La repercusión del PCA de un refrigerante es muy baja si no hay fugas de refrigerante durante el funcionamiento normal del sistema y éste se pone en marcha sin pérdidas de refrigerante. No obstante, la revisión del reglamento F-Gas exigirá el uso de refrigerantes de PCA bajo.

Ref	R744	R717	R32	R1234yf	R1234ze	HCs	R404A	R410A
PCA	0	1	675	4	7	3	3922	2088



El efecto invernadero se desequilibra por exceso de dióxido de carbono producido por el hombre
 Imagen cortesía del Departamento de Ecología del Estado de Washington

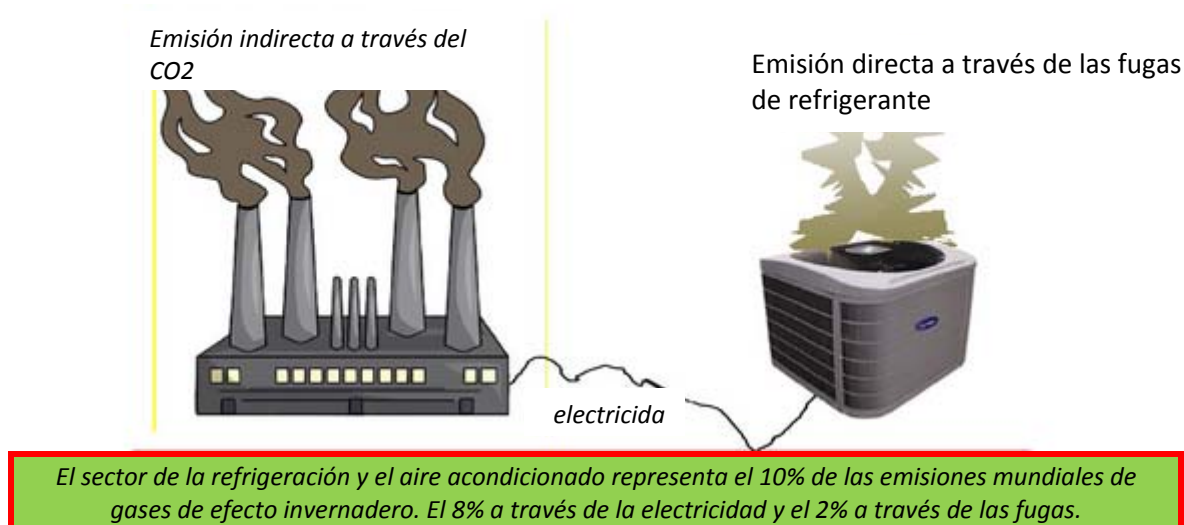
Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Global

El impacto total de un sistema y del refrigerante sobre el cambio climático se calcula utilizando el TEWI —Total Equivalent Warming Impact⁹. Es un método de evaluación del impacto sobre el cambio climático durante la vida útil de un sistema combinando:

la aportación directa de las emisiones de refrigerante a la atmósfera

+

la aportación indirecta del CO₂ resultante de la energía necesaria para operar el sistema



Es un método muy útil para comparar distintas opciones de sistemas y refrigerantes en la fase de diseño o en procesos de reconversión, por ejemplo a partir del R22.

Hay muchas formas de minimizar el TEWI, entre otras:

- Minimizar las fugas de refrigerante (lo que reduce tanto el impacto directo como el indirecto, porque los sistemas con fugas consumen más energía);
- Usar refrigerantes de PCA bajo;
- Minimizar la carga de refrigeración;
- Maximizar la eficiencia energética mediante una instalación y un diseño apropiados;
- Realizar un mantenimiento apropiado del sistema;
- Minimizar la pérdida de refrigerante en la puesta en marcha del sistema;
- Recuperar y reciclar el refrigerante usado (en caso de que el aislante usado sea agente expensor con PCA).

El TEWI se calcula de la siguiente manera:

TEWI = impacto de pérdidas por fuga + impacto de pérdidas de recuperación + impacto del consumo de energía

Impacto de las pérdidas por fuga = PCA x L x n

Impacto de las pérdidas de recuperación = PCA x m x (1-αrecuperación)

Impacto del consumo de energía = n x E_{anual} x β

⁹ EN378 parte 1, Anexo B

Donde:

L = fugas en kg/año

n = tiempo de operación del sistema en años

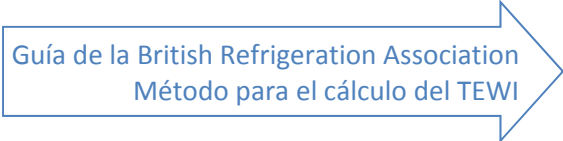
m = carga de refrigerante en kg

α recuperación = recuperación / factor de reciclaje, entre 0 y 1

E_{anual} = consumo de energía en kWh al año

β = emisión de CO₂ en kg / kWh, nota: esto varía bastante dependiendo del país.

Muchos de los factores empleados en este cálculo varían bastante y dependen del sistema concreto. El usuario puede decidir qué factores utilizar a partir de su experiencia (por ejemplo, en fugas), utilizar factores conocidos (por ejemplo, β) o utilizar factores recomendados en el sector, por ejemplo, los disponibles en el Reino Unido publicados por la Asociación de Refrigeración Británica.



Guía de la British Refrigeration Association
Método para el cálculo del TEWI

Para comparar de manera más precisa las distintas opciones de sistemas, es útil emplear un TEWI concreto:

$TEWI / (E_{\text{refrigeración útil}} + E_{\text{calefacción}} + E_{\text{recuperación del calor}})$

<http://sdfab.se/downloads/program/TEWI/>

Donde:

$E_{\text{refrigeración útil}}$ es la capacidad útil de refrigeración (sistemas de enfriamiento) en kWh/año

$E_{\text{calefacción}}$ es la capacidad útil de calentamiento (bombas de calor) en kWh/año

$E_{\text{recuperación del calor}}$ es la recuperación de calor útil en kWh/año.

11. Disponibilidad de refrigerantes, piezas, información y cualificación de ingenieros y técnicos

La siguiente tabla indica la disponibilidad de aspectos importantes relacionados con los sistemas alternativos de refrigeración. Este sencillo sistema con los colores del semáforo proporciona una referencia rápida sobre la disponibilidad y, por tanto, sobre la facilidad actual de implementación. Verde - disponible; naranja- parcialmente disponible; Rojo - no disponible actualmente.

Tabla 7, disponibilidad de refrigerantes alternativos y elementos asociados (estimación febrero 2017)

	Refrigerante	Conocimiento	Competencias / Formación	Piezas	Herramientas y equipos
R744	Refrigerante grado CO ₂ disponible en una variedad de tamaños de cilindro	Amplia variedad de opciones de diseño del sistema que suponen un reto para los ingenieros de diseño	Los riesgos y la variedad de tipos de sistemas suponen un reto para los técnicos. Formación disponible	Disponibles para sistemas grandes, menos para sistemas pequeños	Disponibles
R717	Refrigerante grado NH ₃ ampliamente disponible en una variedad de tamaños de cilindro	Ampliamente conocido en el sector industrial	Ampliamente conocido en el sector industrial. Formación disponible	Ampliamente disponibles en el sector industrial	Ampliamente disponibles
R32	Disponible	Los fabricantes de equipos de R32 lo conocen bien	Muy poca experiencia y dudas sobre fuentes de ignición. La formación sobre HC es aplicable y está disponible	Incorporados en sistemas de A/C desde de 2015	Ampliamente disponibles (la mayoría de las herramientas/equipos para HC son adecuados)
R1234ze	Disponible solo en cantidades limitadas, caro	Muy poco conocimiento	Experiencia muy limitada, pero se puede aplicar la experiencia en HC. La formación sobre HC es aplicable y está disponible.	Los compresores no están disponibles fácilmente.	Ampliamente disponibles (la mayoría de las herramientas/equipos para HC son adecuados)
R1234yf	Disponible comercialmente , caro	Muy poco conocimiento	Experiencia muy limitada, pero se puede aplicar la experiencia en HC. La formación sobre HC es aplicable y está disponible.	Los compresores no están disponibles.	Ampliamente disponibles (la mayoría de las herramientas/equipos para HC son adecuados)

R600a	Los refrigerantes grado HC están disponibles en una variedad de tamaños de cilindro	Ampliamente usado y conocido en el sector doméstico	Amplia experiencia en el sector doméstico. Formación disponible	Muy extendido, las piezas están disponibles fácilmente	Ampliamente disponibles, aunque el equipo de recuperación, que solamente está disponible de un proveedor
R290 R1270		Información disponible fácilmente sobre la aplicación de HC en sistemas comerciales	Amplia experiencia en el sector doméstico. Formación disponible	Muy extendido en sistemas integrales y enfriadores, las piezas están disponibles fácilmente	

12. Problemas de fugas

Este apartado recoge los problemas asociados con las fugas de refrigerantes alternativos — se proporciona información más detallada en el Módulo 4: *Contención y detección de fugas de refrigerantes alternativos*.

REAL Alternatives
Módulo 4

Independientemente del refrigerante que se use, se debe minimizar la posibilidad de fugas. Los refrigerantes de PCA bajo habitualmente conllevan riesgos asociados a las altas presiones, la inflamabilidad o toxicidad, por tanto, las fugas suponen un problema de seguridad. Además, todo sistema que tenga fugas consume más electricidad y, por tanto, tiene un mayor impacto indirecto sobre el cambio climático.

La posibilidad de fuga es una combinación de factores como la presión de servicio, el tamaño de la molécula y el tamaño o el tipo de sistema. Todo ello se resume en la siguiente tabla, junto con los riesgos asociados a las fugas y la facilidad de detección de éstas.

Tabla 8, posibilidad de fuga, peligros y facilidad de detección

Refrigerante	Posibilidad de fuga	Riesgos	Facilidad de detección
R744	Alta • presiones de servicio altas • utilizado en sistemas grandes con numerosas juntas • purgado mientras está en funcionamiento	Presiones altas en funcionamiento y en parada	Buena - existen equipos de detección en el mercado
R717	Media • presiones de servicio medias o bajas • habitualmente usado en sistemas de tipo enfriador, con pocas juntas • compresores abiertos con juntas de eje	Toxicidad y menor inflamabilidad	Buena – tiene un olor acre y existen equipos de detección
R32	Media • presiones de servicio medias o bajas • usado en sistemas de A/C, pero habitualmente con juntas soldadas	Menor inflamabilidad	Los equipos de detección son cada vez de más fácil acceso
R1234ze R1234yf	Media • presiones de servicio medias o bajas • usado en sistemas de tipo enfriador con pocas juntas	Menor inflamabilidad	Los equipos de detección son cada vez de más fácil acceso
R600a R290 R1270	Baja • presiones de servicio medias o bajas • usado en sistemas con cargas bajas conforme a los requisitos para refrigerantes A3	Mayor inflamabilidad	Existen equipos de detección en el mercado

13. Resumen de normas y legislación relacionadas

La siguiente tabla muestra las normas y legislación de mayor utilidad relacionadas con el uso de refrigerantes alternativos. Hay más información disponible en la biblioteca digital y en el cuadernillo Apéndice de Recursos Adicionales. Las normas más relevantes y la legislación se explican más en detalle en el Módulo 6: Lista de Obligaciones legales.

Tabla 9, normas y reglamentos

Documento	Título	Orientación (importante para los refrigerantes inflamables)
ISO 817:2014	Refrigerantes — Designación y Clasificación de seguridad	Un sistema inequívoco para numerar refrigerantes. Recoge clasificaciones de seguridad (A1, A2, A3)
EN 378-1:2016	Sistemas de refrigeración y bombas de calor — Requisitos de seguridad y medioambientales, Requisitos Básicos, definiciones, clasificación y criterios de selección	Límite práctico Cargas máximas Prueba de simulación de fugas para refrigerantes inflamables
EN 378-2:2016	Sistemas de refrigeración y bombas de calor — Requisitos de seguridad y medioambientales, Diseño, fabricación, ensayos, marcado y documentación	Protección de altas presiones Ventilación de espacios Prueba de simulación de fugas para refrigerantes inflamables.
EN 378-3:2016	Sistemas de refrigeración y bombas de calor — Requisitos de seguridad y medioambientales, instalación in situ y protección de las personas	Salas de máquinas Detectores de refrigerante
EN 378-4:2016	Sistemas de refrigeración y bombas de calor — Requisitos de seguridad y medioambientales, operación, mantenimiento, reparación y recuperación	Reparación de sistemas de refrigerantes inflamables Competencias del personal que trabaja con refrigerantes inflamables
EN 60079-0:2012 +A1:2013	Atmósferas explosivas — Equipo — Requisitos generales	Categorización de gases inflamables Clasificación de equipos Zonas
EN 60079-10-1:2015	Atmósferas explosivas — Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas	Zonas y clasificación de equipos Pruebas de simulación de fugas Requisitos de flujo de aire
EN 60079-14:2014	Atmósferas explosivas — Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas	Ubicación de fuentes de ignición Cableado
EN 60079-15:2010	Atmósferas explosivas — Protección del equipo por tipo de protección «n»	Equipos eléctricos y carcasas para uso en zonas potencialmente inflamables Etiquetado de equipos eléctricos

EN 60335-2-24:2010	Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2.24: Requisitos particulares para aparatos de refrigeración, aparatos fabricantes de helados y fabricantes de hielo.	Sistemas con carga inflamable inferior a 150 g
EN 60335-2-40:2012	Aparatos electrodomésticos y análogos. — Requisitos particulares para bombas de calor eléctricas, acondicionadores de aire y deshumidificadores.	Diseño, uso y puesta en marcha de sistemas de A/C que usen refrigerantes inflamables.
EN 60335-2-89:2010	Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2-89: Requisitos particulares para aparatos de refrigeración para uso comercial con una unidad de condensación de fluido refrigerante o un compresor incorporado o a distancia.	Sistemas con carga refrigerante inflamable inferior a 150g, pruebas de simulación de fugas para clasificación por área.
ADR	Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de cargas peligrosas por carretera	Transporte de gases inflamables en sistemas o equipos por carretera
RID	Reglamento internacional sobre el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril	Transporte de gases inflamables en sistemas o equipos por ferrocarril
ATEX	Directiva Europea sobre requisitos mínimos para mejorar la seguridad y protección de la salud de trabajadores potencialmente en riesgo de atmósferas explosivas	Se aplican a puestos de trabajo donde se emplean refrigerantes inflamables

Autoevaluación Módulo 1

Responde a las siguientes preguntas de ejemplo para comprobar qué has aprendido:

Pregunta 1

Qué es un HFO:

- I. hidrógeno + flúor + aceite
- i. hidrógeno + flúor + **carbono Hidrocarburo** carbon Hydro carbon
- II. un refrigerante que agota la capa de ozono

Pregunta 2

¿Cuál es la carga máxima de R290 que se puede utilizar en la zona de venta de un supermercado (categoría de ocupación A)?

- I. no se puede utilizar en este uso
- II. 150 g
- III. 1,5 kg
- IV. no hay restricción

Pregunta 3

¿Qué refrigerante alternativo tiene el mayor potencial de calentamiento global?:

- I. R717
- II. R32
- III. R744
- IV. R1270

Pregunta 4

Según la norma EN378, ¿cuál es la carga máxima de refrigerante en un sistema de expansión directa que utilice R290 que refrigere una cámara frigorífica (tamaño 5x4m altura 2,5 m) y que tenga el compresor, el condensador y el recipiente fuera de la cámara?

- I. 1,5 kg
- II. 0,38 kg
- III. 2,6
- IV. 0,15 kg

(las soluciones se muestran al final de la página siguiente)

¿Qué viene ahora?

La información recogida en este módulo es una introducción a los refrigerantes alternativos más comunes. Hay mucha más información en los documentos destacados en los enlaces. Animamos al usuario a visitar la biblioteca digital de referencia en www.realalternatives4life.eu/e-library para explorar información adicional que le pueda ser de utilidad.

Para conseguir un Certificado de REAL Alternatives 4 LIFE, el usuario debe someterse a una evaluación al final de todo el curso bajo supervisión de un centro de formación reconocido por REAL Alternatives 4 LIFE. Para más información sobre evaluaciones: <http://www.realalternatives4life.eu/>

Ahora puede continuar con su plan de estudio personal con uno de los siguientes módulos del programa REAL Alternatives 4 LIFE:

1. Introducción a los refrigerantes alternativos - seguridad, eficiencia, fiabilidad y buenas prácticas
2. Seguridad y gestión de riesgos
3. Diseño de sistemas con refrigerantes alternativos
4. Contención y detección de fugas de refrigerantes alternativos
5. Mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración alternativos
6. Reconversión de sistemas con refrigerantes de PCA bajo
7. Lista de control de las obligaciones legales que se deben cumplir al trabajar con refrigerantes alternativos
8. Impacto económico y medioambiental de las fugas
9. Inspecciones y consejos para reducir fugas de refrigerante

Condiciones de uso

Los materiales de aprendizaje online de REAL Alternatives 4 Life se proporcionan gratuitamente a los alumnos para fines formativos y no se pueden vender, imprimir, copiar o reproducir sin consentimiento escrito previo. Todos los materiales son propiedad del Institute of Refrigeration (Reino Unido) y sus socios. Los materiales han sido desarrollados por expertos y están sujetos a rigurosas revisiones y pruebas realizadas por expertos del sector. No obstante, el Institute of Refrigeration y sus socios no se hacen responsables de los errores u omisiones que pudiera contener. (C) IOR 2015 revisado 2018

Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación [comunicación] refleja únicamente las opiniones del autor, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí contenida.