



With contribution of
the LIFE programme
of the European Union

Reconversión de sistemas

con refrigerantes alternativos de PCA bajo

Índice

- 1- Eliminación gradual de gases fluorados
- 2- Conversión
- 3- Refrigerantes disponibles



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 Real Alternatives Europe:

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 alternativos 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 6

Reconversión de sistemas con refrigerantes alternativos de PCA bajo

Este módulo se centra en la reconversión de sistemas con refrigerantes alternativos. Este documento ofrece una introducción al tema. No sustituye la formación práctica o la experiencia. 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 aprender más sobre estos temas.

Las siguientes páginas se centran en las opciones disponibles para sustituir el R404A o el R507 y otros refrigerantes de PCA alto por alternativas de PCA bajo en sistemas ya existentes. Se hace hincapié en los HFO emergentes, pero en contenido es genérico para incorporar las propiedades de las nuevas sustancias según vayan surgiendo.

La reconversión de sistemas existentes a l amoniaco, hidrocarburo o dióxido de carbono no se recomienda generalmente por razones de seguridad y de incompatibilidad de las piezas, los lubricantes y las tuberías.

Tampoco se incluye en este módulo la reconversión con un refrigerante de PCA alto tradicional, ya que no es una solución a largo plazo y se desaconseja.

1. Eliminación gradual de gases fluorados

El Reglamento de 2015 sobre gases fluorados ¹introduce un sistema de cuotas que restringirá la oferta de refrigerantes de PCA alto a partir de 2017. Estos refrigerantes aún se utilizan de forma generalizada en muchos sistemas RAC. La siguiente tabla muestra la eliminación progresiva de la oferta de HFC en Europa.

Año	% eliminación	PCA medio
2015	100	2300
2016-17	93	2139
2018-20	63	1449
2021-23	45	1035
2024-26	31	713
2027-30	24	552
2030	21	483

Ver Módulo 7 de REAL Alternatives: Legislación y normas

El porcentaje de eliminación se basa en CO2 equivalente. Por ejemplo, si en 2018 los proveedores continúan vendiendo el mismo peso de refrigerante que en 2015, el CG medio se tendrá que reducir en 1.449. Alternativamente, se podría vender un mayor peso de HFC si su PCA es menor y viceversa.

La repercusión probable del sistema de cuotas es que los refrigerantes de PCA alto no estarán prácticamente disponibles para 2018. Esto se refiere a los siguientes refrigerantes: R404A, R507, R422D, la serie R407 y R410A.

Estos refrigerantes (a excepción del R422D) aún se utilizan en sistemas nuevos, así que será complicado realizar el mantenimiento de éstos antes de que lleguen al final previsto de su vida útil.

Perfil de eliminación gradual: primer gran recorte en 2018

Figura 1: Pasos de eliminación gradual de HFC en la Unión



Gluckman Consulting 2015

¹ Reglamento EU 517/2014, ver módulo 6 para más información

Recuperación de HFC

Se exige por ley que los refrigerantes de HFC que se desechen al final de la vida útil pasen por un proceso de recuperación. La recuperación del refrigerante debe ser realizada por un técnico certificado. Las máquinas de recuperación deberían poder retirar más del 95% del refrigerante del sistema.

Los gases fluorados recuperados se pueden:

- Enviar para que se destruyan mediante incineración a una instalación de residuos autorizada;
- Enviar a una planta especialista que pueda reprocesar el refrigerante viejo y convertirlo en un gas con propiedades idénticas a las de un gas virgen para generar un refrigerante recuperado.
- Someter a un proceso de limpieza básico para generar un refrigerante reciclado apto para ser reutilizado.

Los refrigerantes HFC enviados para recuperación pueden tener algo de valor residual. No obstante, si están muy contaminados no se pueden recuperar y se deben destruir. Algunos centros de recuperación no pueden separar el refrigerante mezclado, por lo que en este caso es importante que no se mezclen diferentes refrigerantes en una bombona de recuperación.

2. Conversión

La mayoría de los refrigerantes alternativos incluidos en la información de REAL Alternatives no son aptos para la reconversión de equipos ya existentes por su inflamabilidad, su toxicidad y las altas presiones de servicio. Los proveedores de refrigerante están desarrollando una amplia gama de refrigerantes basados en HFO (R1234ze y R1234yf) que son aptos para la conversión de sistemas existentes.

La gama de mezclas de HFO es cada vez mayor a medida que más y más proveedores desarrollan nuevas mezclas. Cada mezcla se desarrolla para usos concretos y para sustituir a los refrigerantes que actualmente se utilizan. Por ejemplo, ya hay refrigerantes disponibles para sustituir:

- Al R134a en usos a temperatura media;
- Al R404A en usos fijos a media y baja temperatura;
- Al R404A en usos de transporte a temperatura media;
- Al R404A en usos a temperatura baja;
- Al R404A en usos de aire acondicionado y bomba de calor.

Las mezclas válidas como sustitución del R404A probablemente también puedan sustituir a los refrigerantes de la serie R407.

La EN 378² facilita una guía sobre el cambio de tipo de refrigerante. La información más abajo se basa en esta guía.

A la hora de elegir un refrigerante de sustitución, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Inflamabilidad** —algunas de las mezclas de HFO son poco inflamables (clasificación de seguridad A2L) y puede que no sean aptas para la mayoría de los usos actuales - para más información sobre las clasificaciones de seguridad, consultar el Módulo 1 - *Introducción a los refrigerantes alternativos*; y Módulo 2 – Seguridad y Gestión del riesgo
- **Rendimiento** —si el sistema actual es muy grande, puede ser aceptable realizar una pequeña reducción en la capacidad de enfriamiento. Nunca se debe aceptar una reducción de la eficiencia energética.
- **Presión** —si las presiones de servicio y en parada son mayores que las del nuevo refrigerante, la PS (presión máxima admisible) del sistema se verá afectada. Si las hay, habrá que sustituir las válvulas de seguridad y cambiar el punto establecido para el presostato. Sobre todo, se tendrá que volver a evaluar el sistema conforme a la Directiva de Equipos a Presión, puesto que el cambio de refrigerante supone un cambio sustancial en el sistema. Es posible que, aunque el nuevo refrigerante tenga presiones operativas más altas, los valores de PS existentes puedan conservarse. El margen entre las presiones máximas de operación / parada y PS determinará si el PS realmente necesita aumentar para el sistema modificado.
- **Temperatura de descarga** —para muchas mezclas, la temperatura de descarga será mayor que la del refrigerante actual, lo que puede causar problemas, especialmente con sistemas de baja temperatura.

Ver REAL Alternatives:
Módulo 1 Introducción y
módulo 2 Seguridad de REAL

² EN 378-4:2016, artículo 5.4.

- **Deslizamiento de temperatura** —muchas de las mezclas tienen un deslizamiento de temperatura alto, por lo que las válvulas de expansión se deben revisar y reajustar. Es posible que un refrigerante de alto deslizamiento no sea adecuado para algunos sistemas, por ejemplo aquellos con un evaporador inundado.
- **Aceite** —habitualmente hay que comprobar que el aceite utilizado en el sistema es compatible con el refrigerante de sustitución.
- **Compatibilidad de piezas** —se debe consultar al fabricante del equipo original antes de emprender un proceso de reconversión para asegurarse de que las piezas tales como el compresor, el condensador, el intercambiador de calor, etc. son compatibles, y así no invalidar la garantía y asegurarse de que se tienen en cuenta los cambios en el rendimiento y en la capacidad de enfriamiento originales.
- **Capacidad de descarga de PRV:** la capacidad de descarga requerida de las válvulas de alivio de presión puede ser mayor con un refrigerante alternativo.
- **Clasificaciones de corriente:** la clasificación de corriente requerida de motores y conmutadores puede ser mayor que para el sistema actual.

Hay software disponible para simular las repercusiones de los cambios que podría tener la sustitución del refrigerante y es una ayuda útil a la hora de tomar una decisión.

En la biblioteca digital de REAL Alternatives se ofrece un vídeo de un ejemplo de cómo una herramienta de software de este tipo muestra una comparación al sustituir el R404A de un sistema por una mezcla de HFO.

*Vídeo demostración
de CoolTool en la
biblioteca digital*

Procedimiento de sustitución

El siguiente procedimiento genérico de sustitución puede adaptarse a sistemas específicos.

1. Registre las temperaturas de funcionamiento, las presiones y el consumo de corriente del sistema con el refrigerante actual;
2. Corrija cualquier problema que pueda identificar;
3. Haga una prueba de fugas del sistema y repare cualquier fuga encontrada;
4. Recupere el refrigerante y asegúrese de que se envíe para su recuperación o eliminación. No suelte el refrigerante;
5. Cambie los componentes según sea necesario, especialmente los parches que pueden tener fugas después de la conversión;
6. Realice una prueba de estanqueidad usando nitrógeno;
7. Evacúe el sistema;
8. Cargue con el nuevo refrigerante (el peso de la carga puede diferir debido a la diferencia de densidad);

9. Ajuste la configuración de los dispositivos de control y protección si es necesario;
10. Modificar las etiquetas y la documentación;
11. Verifique y registre las temperaturas de funcionamiento, las presiones y el consumo de corriente del sistema con el refrigerante actual.

También puede ser necesario cambiar el lubricante del compresor, aunque la mayoría de los refrigerantes alternativos utilizarán el mismo lubricante que el HFC que está reemplazando.

3. Refrigerantes disponibles

Los fabricantes y proveedores de refrigerante están desarrollando una serie de mezclas basadas en HFO y la lista de refrigerantes disponibles crece rápidamente. Para más información sobre las últimas mezclas disponibles y sus características, es recomendable ponerse en contacto con los proveedores. En la página de Recursos Adicionales se muestran enlaces a los principales proveedores.

Visitar el Módulo 1 - Introducción a los refrigerantes alternativos para más información sobre las propiedades de los refrigerantes HFO.

Ver REAL Alternatives:
Módulo 1 Introducción y
módulo 2 Seguridad de REAL

Refrigerantes mezcla HFO / HFC con calificación ASHRAE para sustitución

Refrigerante	Composición	PCA	Sustituye a	Inflamabilidad
R450A	R1234ze/R134a	605	R134a HM	A1
R456A	R32/R1234ze/R134a	687	R134a	A1
R513A	R1234yf/R134a	631	R134a HM	A1
R513B	R1234yf/R134a	596	R134a	A1
R448A	R32/R125/R1234yf/R134a/R1234ze	1386	R404A ML	A1
R449A	R32/R125/R1234yf/R134a	1397	R404A ML	A1
R449B	R32/R125/R1234yf/R134a	1412	R404A	A1
R452A	R32/R125/R1234yf	2141	R404A ML, transporte	A1
R452C	R32/R125/R1234yf	2220	R404A	A1
R460A	R32/R125/R1234ze/R134a	2103	R404A	A1
R460B	R32/R125/R1234ze/R134a	1352	R404A	A1
R444A	R32/R152a/R1234ze	92	R134a	A2L
R445A	R32/R152a/R1234ze	90	R134a M	A2L
R454C	R32/R1234yf	148	R404A	A2L
R455A	R744/R32/R1234yf	145	R404A R407 series	A2L
R457A	R32/R1234yf/R152a	139	R404A	A2L
R459B	R32/R1234yf/R1234ze	144	R404A	A2L
R407A	R32/R125/R134a	2107	R404A	A1
R407F	R32/R125/R134a	1825	R404A	A1
R407H	R32/R125/R134a	1378	R404A	A1

No hay alternativa no inflamable para el R410 (El R32 no se debe utilizar para sustitución en sistemas de R410-A)

No hay evaluación asociada a este módulo.

Este módulo está diseñado únicamente como lista de información esencial.

4. ¿Qué viene ahora?

La información recogida en este manual es una introducción al tema de reconversión de sistemas existentes.. 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 Alternatives4 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/cpd>

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

- 1- Introducción a los refrigerantes alternativos - seguridad, eficiencia, fiabilidad y buenas prácticas
- 2- Seguridad y Gestión del riesgo
- 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

5. Recursos adicionales

La información contenida en este módulo cubre los aspectos básicos de la sustitución de gas en los sistemas existentes. No está diseñado para reemplazar la formación práctica y la experiencia basada en el trabajo. Si quieres encontrar más información sobre algunos de los temas cubiertos, puedes explorar algunos de los recursos recomendados a continuación. Éstos provienen a menudo de los fabricantes o las asociaciones de especialistas. Todo el material ha sido revisado por nuestro panel para asegurar que proporciona un asesoramiento e información de buena calidad técnica, que es más detallado de lo que podemos ofrecer en nuestro programa de e-learning. La inclusión de estos enlaces no implica el respaldo de los productos y no hay relación comercial con cualquiera de las empresas mencionadas.

Proveedores de alternativas de HFO de bajo PCA adecuados para la sustitución:

- Honeywell – Solstice guide: <http://www.honeywell-refrigerants.com/europe/product/solstice-1234ze/>
- Mexichem Fluor via Harp International Refrigerants: <http://www.harpintl.com/refrigerants.php>
- Opteon Refrigerants: www.chemours.com
- Dupont – Opteon Refrigerants: http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_GB/
- Bitzer Refrigerant Report 19: https://www.bitzer.de/shared_media/documentation/a-501-19.pdf
- [Emerson listing of all refrigerants and lubricants approved for its Copeland compressors](https://opi.emersonclimate.com/CPID/GRAPHICS/Types/AEB/93-11.pdf)
<https://opi.emersonclimate.com/CPID/GRAPHICS/Types/AEB/93-11.pdf>
- Cool Tool Software for evaluating of refrigerant options (free sample version available) : http://www.cooltool-software.com/index_english.htm

Hay disponibles otros Recursos adicionales para el alumno en la biblioteca de REAL Alternatives en www.realalternatives4life.eu/e-library

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.