

## **ANEXO C. Refrigerantes Ecológicos**

**Refrigerantes más utilizados en equipos de aire acondicionado.** Refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Los más utilizados son el R22, R-134A, R407C y el R410A.

**Gases refrigerantes que dañan la capa de ozono.** Los CFCs (Clorofluorocarburos) y los HCFCs (Hidroclorofluorocarburos) son los únicos refrigerantes que dañan la capa de ozono. Los CFCs son los que tienen mayor poder de destrucción de la capa de ozono. Los HCFCs afectan en menor medida que los anteriores a la capa de ozono (R22). Los HFCs (Hidrofluorocarburos) no afectan a la capa de ozono (R410A, R407C, R134A).

**Ley que regula la utilización de los gases refrigerantes.** El reglamento (CE) N° 2037/2000 regula la utilización de los refrigerantes CFCs y HCFCs. El calendario establecido para el fin de su utilización es el siguiente:

1 de enero de 2001: Prohibición de utilizar HCFCs como refrigerantes en la fabricación de cualquier equipo de aire acondicionado y refrigeración producido después del 31 de diciembre de 2000, con excepción de equipos Solo Frío de una capacidad inferior a 100kW y equipos Bomba de Calor.

1 de julio de 2002: Prohibida la utilización de HCFCs, como refrigerantes en la fabricación de cualquier equipo de aire acondicionado solo Frío excepto equipos Bomba de Calor.

1 de enero de 2004: Prohibición de fabricar todo tipo de equipos con HCFCs.

1 de enero de 2010: Prohibido utilizar los HCFCs “nuevos”, tanto para mantenimiento como recarga de equipos de refrigeración y aire acondicionado existentes en aquella fecha.

**Refrigerantes ecológicos.** Desde hace algunos años, se vienen presentando ciertos debates considerables sobre los efectos de la liberación de los refrigerantes en la atmósfera, y su incidencia sobre el cambio de la capa de ozono que protege la tierra de los rayos UV del sol.

Estos debates se centraron sobre los efectos nefastos de los refrigerantes como CFC, que se prohibieron más tarde. Los problemas provocados por CFC están unidos al hecho de que contienen componentes de cloro (Cl), el cual es responsable de la destrucción de la capa de ozono. Se encontró una solución intermedia para sustituir CFC: EL HCFCs, por ejemplo R22. Este refrigerante posee un alto nivel de funcionamiento y es muy eficaz. A pesar de que el refrigerante R22 es menos ofensivo, todavía posee moléculas de cloro. La amenaza para la capa de ozono, aunque es mínima, permanece sujeta a una reglamentación muy estricta con respecto a la conservación del medio ambiente.

En 1987, científicos y representantes gubernamentales se reunieron en Montreal ante la creciente necesidad de preservar la capa de ozono de la tierra. De ello surgió el Protocolo de Montreal, un plan de acción internacionalmente vinculante para eliminar los productos químicos que destruyen el ozono. Los clorofluorcarbonados (CFC), como el R-12, fueron los primeros candidatos, ya que son los que mayores daños causan al medio ambiente.

Atendiendo a las necesidades ambientales posteriormente se han hallado otras soluciones para sustituir los anteriores refrigerantes, son conocidas con el nombre de "refrigerantes verdes" o ecológicos, como el R407C, el R134A y el R410A

**C.1 Refrigerante ecológico R-410A.** También se le denomina comercialmente con el nombre de Puron; es una alternativa ecológica al refrigerante destructor de la capa de ozono más utilizado actualmente en sistemas de confort residencial, el R-22. Hoy, el Puron ofrece alta eficiencia y ahorro de costos a largo plazo a los propietarios de viviendas. Es auténticamente revolucionario en el más amplio sentido de la palabra, y su creación es esencial para el futuro del sector de la calefacción y la refrigeración. El R-410A se está convirtiendo rápidamente en el refrigerante universal de elección para sustituir al R-22 en los split sin conductos.

Es una mezcla azeotrópica de HFC-32 y HFC-125 (50/50), siendo ambos hidrofluorcarbonos que no contienen cloro, por lo que su potencial de destrucción de la capa de ozono es nulo. Además, para ofrecer una alternativa al R-22 más segura en la conservación del medio ambiente, ofrece mayores eficiencias en unidades optimizadas para su uso. El R410A es una mezcla azeotrópica con un deslizamiento de temperatura muy reducido de menos de 0.3°C.; además se comporta en forma similar a un refrigerante de un único componente. De esta forma el servicio y la recarga de las unidades no presenta ningún tipo de problemas. Dado que las presiones de funcionamiento son entre un 50% y un 70% superiores a las del R-22, debe utilizar una nueva generación de compresores (tipo scroll), que actualmente ya están en el mercado.

Es la combinación de sus características técnicas lo que le hace un sustituto ideal del R-22. Sus propiedades termodinámicas ofrecen unas eficiencias de energía superiores (experiencias en laboratorio han mostrado que el R-410A puede alcanzar incrementos del coeficiente de eficiencia energética de hasta 7% por encima del R-22 en equipos de aire acondicionado) y, debido a que transfiere óptimamente el calor mejor que el R-22, reduce los costos energéticos. Finalmente, permite diseños más compactos de unidades. Está perfectamente disponible y cumple las necesidades de confort y eficiencia que se demandan. El R410A puede ofrecer una importante ventaja en el desarrollo de unidades eficientes, rentables y compactas que cumplen además con las regulaciones actuales y futuras sobre eficiencia medioambiental.

El R410A no es miscible con aceites minerales; los aceites que se deben utilizar con este gas refrigerante son los poliolésteres (POE). Tiene muy baja toxicidad, incluso después de repetidas exposiciones. Los envases que contengan R410A deben almacenarse en áreas frías y ventiladas lejos de fuentes de calor.

**Características del R410A, con respecto al R22:**

Mayor presión.

Mayor densidad de vapor.

Mayor capacidad para mismo desplazamiento de compresor.

Transferencia de calor y Delta P superiores.

Eficiencia isoentrópica del compresor mejorada.

Mezcla con comportamiento de fluido puro.

**Tabla C.1 Características Físicas**

Propiedades Físicas		R - 410 A
Mezcla Binaria		R32 / R125
Composición	(%)	50/50
Peso molecular	(Kg/Kmol)	72.6
Temperatura de ebullición	(°C)	52.7
Deslizamiento temperatura	(°C)	0.5
Temperatura Crítica	(°C)	72.5
Presión Crítica	(bar)	49.5
Densidad del líquido (a 25°C)	(Kg/L)	1.07
Densidad del líquido (a -25°C)	(Kg/L)	1.27
Densidad del Vapor	( Kg/m <sup>3</sup> )	4.2
Presión del vapor (25°C)	(bar)	16.5
Presión del vapor (-25°C)	(bar)	3.34
Calor de Vaporización	(KJ/Kg)	257
Capacidad Calor del líquido (25°C)	(KJ/Kg K)	1.71
Capacidad Calor del Vapor (25°C)	(KJ/Kg K)	1.28
Conductibilidad Térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0.091
Conductibilidad térmica del vapor (25°C)	(W/mK)	0.013
Solubilidad con el agua (25°C)	ppm	2500
Límite de Inflamabilidad	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	ppm	1000

**C.2 Refrigerante ecológico R -407C.** El refrigerante R407C llamado gas ecológico obtiene el mismo rendimiento y un comportamiento muy parecido al R22. El R407C es un compuesto formado por la mezcla de tres gases R32, R125 y R134A en proporciones determinadas y con volatilidades diferentes, por tanto, un escape en zona bifásica podría variar estas proporciones ya que todos los

gases no escaparían en la misma proporción. Químicamente es estable, tiene unas buenas propiedades termodinámicas, un bajo impacto ambiental y baja toxicidad.

A pesar de que uno de sus componentes, el R32 es inflamable, la composición global de la mezcla ha sido formulada para que el producto no sea inflamable en situaciones en que se puede producir fraccionamientos de la mezcla. Tiene un deslizamiento de temperatura (Glide) de 7.4°C.

Puede ser un sustituto definitivo del R22, principalmente en el sector del aire acondicionado (temperaturas de evaporación superiores a -10°C). Como el R407C es una mezcla no azeotrópica, para obtener su máximo rendimiento y evitar fraccionamientos del mismo, debe de cargarse siempre el producto por fase líquida. Debido a que no es miscible con aceites minerales, debe utilizarse con aceites poliolésteres (POE).

La toxicidad del R407C es muy pequeña, incluso después de estar sujeto a exposición. Los envases que contengan R407C deben almacenarse en lugares frescos y ventilados, a demás de estar alejados de focos de calor.

**Características del R407C, con respecto al R22:**

Presión igual.

Igual densidad de vapor.

Igual capacidad para mismo desplazamiento de compresor.

Igual transferencia de calor.

Igual eficiencia isoentrópica del compresor.

Comportamiento zeotropico (fluido no puro, mezcla).

**Tabla C.2 Características Físicas**

Propiedades Físicas		R - 407 C
Mezcla Binaria		R32 / R125/ R134A
Composición	(%)	23 / 25 / 52
Peso molecular	(Kg/Kmol)	86.2
Temperatura de ebullición	(°C)	-44.2 (burbuja)
Temperatura de ebullición	(°C)	-36.8 (rocío)
Temperatura Crítica	(°C)	87
Presión Crítica	(bar)	54.5
Densidad Crítica	(Kg/L)	0.487
Densidad del líquido (a 25°C)	(Kg/L)	1.15
Densidad del líquido (a -25°C)	(Kg/L)	1.34
Densidad del Vapor	( Kg/m <sup>3</sup> )	4.6
Presión del vapor (25°C)	(bar)	11.9
Presión del vapor (-25°C)	(bar)	2.31
Calor de Vaporización	(KJ/Kg)	253
Conductibilidad Térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0.086
Conductibilidad térmica del vapor (25°C)	(W/mK)	0.0131
Solubilidad con el agua (25°C)	ppm	950
Límite de Inflamabilidad	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	ppm	1000