

# Megatendencias en el uso de refrigerantes para los sistemas de refrigeración y climatización

Diciembre 2020



**AUTOREL**

NOSOTROS LO SOLUCIONAMOS

30° ANIVERSARIO

## Introducción

Las tendencias en toda industria son importantes porque nos dan las pautas de cómo enfocar nuestra estrategia de crecimiento y que la misma esté alineada con los últimos desarrollos tecnológicos producto de la innovación e investigación.

Esta innovación contribuye a que nuestros procesos sean más eficientes, logremos menores costos operativos y se obtengan productos de calidad a precios adecuados que permitan un retorno de la inversión atractivo para los accionistas.

Las tendencias en la cual se enmarcan los desarrollos actuales de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, son, entre otras:

- Cuidado de la salud de las personas
- Desarrollos amigables con el medio ambiente
- Inocuidad hacia los productos de consumo humano
- Mejora en la calidad de productos frescos y congelados

En el artículo anterior - "Impacto de los sistemas HVAC en la propagación del Covid-19 y medidas de control en espacios cerrados" - tratamos en profundidad sobre la primera tendencia y las recomendaciones para adecuar los sistemas existentes a esta nueva realidad.

En esta oportunidad, hablaremos sobre la segunda tendencia, específicamente de cómo está cambiando la industria, a partir de los esfuerzos que se están haciendo por promover el uso de refrigerantes naturales.

## Proyecto Drawdown

El proyecto Drawdown, es una organización sin fines de lucro nacida en el año 2014, que busca ayudar al mundo a reducir el incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, hasta un momento en el futuro cercano en que estos comiencen a disminuir.

Drawdown promueve la utilización de tecnologías existentes en diferentes campos de la actividad humana, para evitar que el calentamiento global traiga consecuencias irreversibles para la vida en la tierra.

Tienen identificadas 76 soluciones que producirían una reducción total de emisiones de 1,580 Giga toneladas (Gt) de CO<sub>2</sub>e en los próximos 30 años, con lo cual estiman que se alcanzaría un pico de aumento de temperatura en la tierra de 1.5oC en el año 2050, para que luego comience a disminuir.

Dentro de las 10 soluciones más importantes que ha identificado esta Organización, mostramos a continuación seis de ellas:

<b>Soluciones Climáticas Drawdown 2020 (reducción esperada de emisiones 2020-2050)</b>	<b>Total (Gt) CO2e</b>
Turbinas eólicas terrestres	147.8
Energía solar fotovoltaica para servicios publicos	119.2
Reducción del desperdicio de alimentos	94.6
Reforestación de bosques tropicales	85.2
Manejo de refrigerantes con alto potencial GWP	57.8
Refrigerantes alternativos	50.6

CO2e “equivalente de dióxido de carbono” compara las emisiones de gases de efecto invernadero, basado en su potencial de calentamiento global (GWP)

Fuente: “The Drawdown review 2020 climate solutions for a new decade”

En muchas partes del mundo se observa una tendencia cada vez más grande en la construcción de parques eólicos y plantas de conversión de energía solar, para atender las necesidades de electricidad de poblaciones. Asimismo, se están haciendo grandes esfuerzos en temas de reforestación de bosques tropicales y el manejo de desperdicios de alimentos. Pero qué es lo se está haciendo respecto del manejo de refrigerantes con alto potencial de calentamiento global (GWP) y respecto al uso de refrigerantes alternativos, es lo que vamos a tratar a continuación.

## Refrigerantes halogenados

Los refrigerantes halogenados, tienen en su composición hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Los clorofluorocarbonos o CFCs fueron utilizados de forma generalizada en la refrigeración comercial e industrial hasta 1987 en que se ratificó el Protocolo de Montreal; estos gases tienen un alto potencial de agotamiento de la capa de ozono (SAO) y gracias a las medidas oportunas que se tomaron, se ha logrado eliminar el 98% de estas sustancias y se ha reducido casi en su totalidad el agujero en la capa de ozono sobre la Antártida, con lo que se ha recuperado la protección natural que tenemos contra los mortíferos rayos ultravioletas de onda corta del sol.

Como reemplazo de los CFCs, en la década de los 90, se comenzó a usar el refrigerante R-22 tanto en refrigeración como en aire acondicionado; este R-22 es un hidroclorofluorocarbono o HCFC y tiene un SAO de 0.055, es decir afecta a la capa de ozono. Aún es de uso común en muchos países del hemisferio sur, especialmente Sudamérica, pero su disponibilidad es cada vez menor y su costo cada vez mayor, por lo que en poco tiempo se espera que también desaparezca.

Los hidrofluorocarbonos o HFCs fueron el siguiente paso en la búsqueda de productos con excelentes características termodinámicas, estables y a la vez amigables con el medio ambiente. Los HFCs más comunes como el R134A, R404A, R507 y R410, se han venido usando para la refrigeración comercial, industrial y en sistemas de aire acondicionado, pero en el año 2011 se ratificó el Protocolo de Kioto, donde se establecieron medidas para evitar el calentamiento global de la tierra, producido por los gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso y estos HFCs.



En el año 2014 el Parlamento Europeo aprobó la norma UE 517/2014 conocida como la norma F-Gas, que estableció un calendario para la reducción y paulatina prohibición de los HFCs hasta finales del año 2030.

En enero del año 2019 se estableció un nuevo calendario dentro de un documento conocido como la Enmienda de Kigali y que tiene como objetivo reducir más del 80% de la producción y consumo de HFCs en los próximos 30 años.

En resumen, los refrigerantes HFCs a pesar de tener un SAO de cero, es decir, no afectan a la capa de ozono, tienen un potencial de calentamiento global alto, como es el caso del R404A y el R507 con un GWP de 3922 y 3985 respectivamente.

Bajo este panorama, la tendencia en el desarrollo de nuevos sistemas de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes halogenados, se están enfocando en dos aspectos:

- El uso de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (GWP)
- El uso de sistemas con bajo índice de fugas

Los refrigerantes con menores índices GWP disponibles y de mayor uso en este momento son:

Refrigerante halogenado	Tipo de refrigerante	Potencial GWP
R1234yf	HFO	4
R513A	HFO	631
R32	HFC	675
R454B	HFC	467
R452B	HFC	698
R448	HFC	1387
R449A	HFC	1397
R134A	HFC	1430

Fuente: regla de refrigerantes de Danfoss

Dentro de este grupo se puede observar el R1234yf que, siendo un halogenado, es del grupo de las hidrofluoroolefinas (HFO) que tienen un GWP muy bajo, pero cuyas emisiones pueden contener ácidos trifluoro acéticos y esto ocasionar lluvias ácidas. El R513A es también un HFO, pero es una mezcla binaria de R134A (44%) y R1234yf (56%), por lo que es su uso estaría limitado igualmente hasta el año 2050.

Asimismo, junto con el uso de refrigerantes de bajo GWP, se está difundiendo cada vez más el uso de sistemas de bajo índice de fugas, con centrales de frío que usan como refrigerante primario uno de los HFCs mencionados y como refrigerante secundario el agua (R718) o glicol; de esta manera se evita tener que circular refrigerante por una gran red de tuberías con una cantidad importante de puntos de soldadura y solo se bombea agua cuyas posibles fugas son poco probables y en caso de darse, no tienen ningún efecto dañino sobre el medio ambiente.

En consecuencia, los HFCs que se espera poder usar en los próximos 30 años y muy probablemente no más allá, son el R32, R452B y R454B para sistemas de aire acondicionado y el R134A, R448 y R449A para sistemas de refrigeración comercial e industrial y algunas mezclas binarias HFC+HFO, pero siempre como refrigerantes primarios en un circuito cerrado, usando el agua o glicol como refrigerante secundario.

## Refrigerantes naturales

Los refrigerantes naturales ofrecen muchas ventajas respecto de los refrigerantes halogenados:

- Tienen un potencial de agotamiento de la capa de ozono de cero (SAO)
- Tienen un potencial de calentamiento global muy bajo ( $GWP \leq 1.0$ )
- No son sintéticos
- Tienen muy buenas propiedades termodinámicas

Las limitaciones que se han puesto al consumo y la producción de refrigerantes halogenados, está generando una tendencia a pasar de forma directa al uso de

refrigerantes naturales y no optar por soluciones temporales que sería pasar a tecnologías usando HFCs de bajo GWP o combinaciones de HFCs y HFOs.

## Refrigerantes naturales inorgánicos

### *Agua (R718)*

El agua, como ya se ha indicado, se usa como un refrigerante secundario en sistemas centralizados, donde el refrigerante primario puede ser un refrigerante natural o un refrigerante halogenado. Estos sistemas centralizados están alineados con el uso cada vez mayor de sistemas de refrigeración con bajo índice de fugas, donde el refrigerante primario trabaja en un circuito cerrado dentro de un rack y a través de intercambiadores de calor enfrían el agua o glicol, el mismo que es bombeado a los diferentes servicios o cámaras frigoríficas.

El agua mezclada en una proporción conocida de propilenglicol, reduce su punto de congelación y facilita este bombeo, sin embargo, de forma general, mientras más alta sea la temperatura de evaporación del refrigerante primario y menor sea la diferencia entre la temperatura del glicol y la temperatura del ambiente a refrigerar, se obtendrá una mayor eficiencia del sistema.

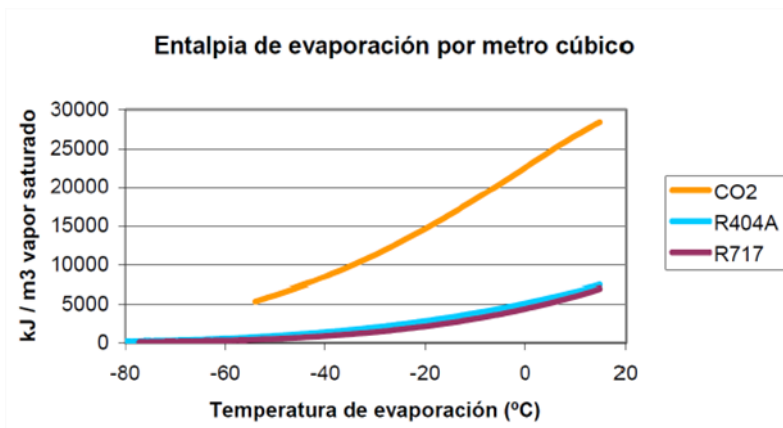
En sistemas centralizados para aplicaciones de media temperatura, cuando se utilizan refrigerantes naturales, la tendencia es a trabajar con amoníaco (R717) o con propano (R290). ***Dióxido de carbono (R744)***

La temperatura crítica de una sustancia, es la temperatura más alta a la que puede existir en forma líquida. La mayor parte de refrigerantes de uso comercial e industrial, tienen temperaturas críticas altas y esto permite que puedan ser condensados en intercambiadores de calor por aire o por agua.

El CO<sub>2</sub> tiene una temperatura crítica muy baja (31°C) y cuando se utiliza en aplicaciones de media temperatura, la condensación por el sistema convencional no es posible. Esta aplicación, donde el CO<sub>2</sub> trabaja por encima de su temperatura crítica se denomina un *sistema Transcrítico* y la tecnología desarrollada para poderlo condensar bajo estas condiciones, utiliza sistemas como el gas cooler y el eyector.

A diferencia de los sistemas transcríticos, los ciclos subcríticos son aquellos donde el refrigerante es condensable, es decir, la presión de descarga del compresor es inferior a la presión crítica. El uso del CO<sub>2</sub> en la refrigeración comercial e industrial, tiene aplicaciones en sistemas de baja temperatura como subcrítico y también en aplicaciones de media temperatura como transcrítico.

Para aplicaciones de congelados, usar CO<sub>2</sub> en expansión directa (subcrítico) es muy eficiente debido a que es un refrigerante muy denso y tiene una entalpía de evaporación por metro cúbico mucho más alta que el amoníaco o un HFC como el R404A.



Fuente: Uso del CO2 como refrigerante en centrales frigoríficas - PECOMARK

En estos sistemas de baja temperatura, la eficiencia del CO2 es entre 15% y 20% mayor que el amoníaco, por lo que, en aplicaciones de plantas de productos congelados, la tendencia mundial es al uso del CO2.

Sin embargo, en aplicaciones de media temperatura Transcríticos, el CO2 en expansión directa no es tan eficiente, como usar el R717 (Amoníaco) o R290 (Propano) enfriando glicol y bombeándolo.

Hasta hace 2 años, a nivel mundial existían 2,000 instalaciones frigoríficas usando CO2, mientras que al día de hoy sobrepasan las 35,000 instalaciones, distribuidas de la siguiente manera:



Como se puede observar, mientras que en el sector retail es casi de uso común, el crecimiento esperado en aplicaciones industriales es muy grande.

### **Amoníaco (R717)**

El amoníaco como refrigerante natural, tiene un potencial de calentamiento atmosférico de cero y además no afecta a la capa de ozono, por lo que es un refrigerante muy amigable con el medio ambiente.

El uso del R717 como refrigerante se viene utilizando desde mediados del siglo XIX, su aplicación es muy amplia ya que puede trabajar para aplicaciones de ultra baja temperatura como -70°C hasta climatización de ambientes con

temperaturas de evaporación de + 5°C. Sus presiones de trabajo son bastante moderadas, entre 2.5 bar y 11.5 bar dependiendo de la aplicación. Es un refrigerante económico y muy seguro.



La desventaja que tiene, es que las instalaciones con este tipo de refrigerante, ha requerido siempre grandes salas de máquinas (ver imagen de página anterior) instalaciones complejas, un costo de mantenimiento elevado y una carga de refrigerante de varias toneladas de amoníaco en las plantas más grandes.

La nueva tendencia en el uso del amoníaco para la refrigeración comercial e industrial, son las centrales de baja carga:

**Amoníaco de baja carga**

**Sistemas indirectos de amoníaco**  
Reducción de carga específica a 70 gr/kW  
Extensión a medias potencias > 100kW  
Condensación directa por aire

A photograph of a compact industrial refrigeration unit. The unit is a rectangular metal cabinet with a white frame and blue panels. It features three large blue condenser coils on top and a complex network of pipes and components visible through the front panel. The unit is mounted on a black base with casters.

Estas centrales son muy compactas, usan el amoníaco como refrigerante primario y un propilenglicol como refrigerante secundario, incorporan en un mismo rack los compresores, intercambiadores de calor, condensador enfriado por aire, el sistema de bombeo y todas las tuberías, válvulas y controles.

Son varias las ventajas de esta nueva tecnología:

- Cumple con todas las regulaciones relacionadas a las normas para el uso de refrigerantes.

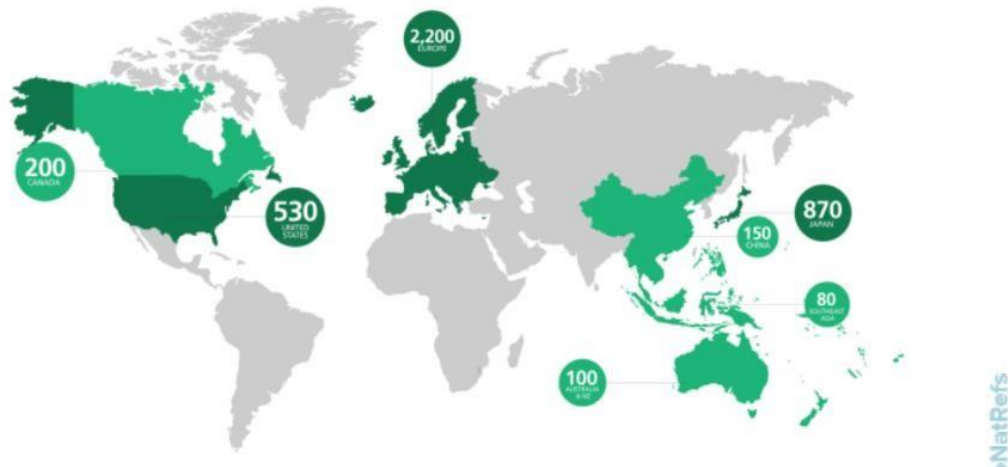


- Debido a que es un sistema compacto y la cantidad de refrigerante es muy poca (hasta 70 gr x KW frigorífico) es un sistema muy seguro.
- Tiene una muy alta eficiencia energética.
- Ocupa muy poco espacio y puede ser ubicada al aire libre y no dentro de una sala de máquinas.
- Los costos de mantenimiento son muy bajos.

La primera instalación de amoníaco de baja carga recién estuvo disponible en el año 2008 en Japón; hasta el año pasado, ya existían más de 4,000 aplicaciones en todo el mundo, especialmente en EE.UU., Europa y Japón que son los que están liderando este cambio.



### Instalaciones de baja carga de amoníaco > 4,000 in 2019



Fuente: ATMOSphere Ibérica

## Refrigerantes naturales orgánicos

### Propano (R290)

Tanto el propano como el isobutano (R600A) forman parte la familia de la nueva generación de refrigerantes naturales orgánicos, que como todos los refrigerantes naturales, su efecto sobre el medio ambiente es nulo (GWP=0 y SAO=0).

Las limitaciones en el desarrollo de tecnologías que usen un hidrocarburo como el R290, para aplicaciones de refrigeración o climatización, ha sido que tiene la clasificación de seguridad A3 como gas altamente inflamable. Hasta Julio del año pasado, el límite de carga de R290 para equipos de conservación comerciales era de 150 gr por equipo, pero a partir de este año se ha elevado a 500 gr por equipo. El reglamento de seguridad de instalaciones frigoríficas (RSIF) vigente, especifica lo siguiente

Refrigerante Clase / Ref.	Sistema	Límite de carga	Observaciones
Propano R290 (A3)	equipos compactos	500gr por circuito ~5kW	n/a RSIF
	en equipos partidos (grupo remoto)	1.5 kg por circuito ~5kW	Inst. NIVEL 2
	equipos industriales	10 kg por circuito ~50kW	Inst. NIVEL 2
	enfriadoras frío comercial (local de acceso público)	5 kg por circuito ~50kW	Inst. NIVEL 2
	Enfriadoras frío industrial (acceso restringido)	Sin límite	Inst. NIVEL 2
	enfriadoras de climatización	70kg total instalación	~ Inst. NIVEL 1.

Fuente: ATMOsphere Ibérica

Bajo esta nueva regulación, se espera que el desarrollo de tecnologías que usen los hidrocarburos se enfoque en las siguientes áreas:

## Desarrollos tecnológicos

### Hidrocarburos

**R290**  
Armarios y expositores  
Equipos compactos  
Plantas enfriadoras

**R1150-R600a**  
Auocascada muy baja temperatura  
Armarios medicinales -80°C

Fuente: ATMOsphere Ibérica

Algunos datos importantes a tomar en cuenta en lo que se viene haciendo en este sentido a nivel mundial son:

- En el sector retail, hay más de 2,500 instalaciones a nivel mundial con R290 en toda la tienda, utilizando equipos compactos individuales con condensación por agua (wáter-loop)
- En el sector comercial hay más de 3.2 millones de muebles frigoríficos que usan como refrigerante un hidrocarburo.
- En China se están adecuando fábricas de equipos unitarios de aire acondicionado para el uso del R290 con una capacidad de producción estimada para el año 2020 de 4.5 millones de unidades.
- El uso de hidrocarburos en equipos de climatización grandes (Chillers, Roof Top) es una clara tendencia para los años venideros.

## Conclusión

El planeta tierra es nuestro hogar y es responsabilidad de todos cuidarlo para las generaciones futuras. En este sentido el cambio climático es una amenaza latente para la vida y a través de la toma de decisiones sobre la base de información científica, podemos contribuir desde cada uno de nuestros sectores a que el calentamiento global se detenga en los próximos 30 años y comience a disminuir hasta el año 2100.

Una parte importante de la solución es el desarrollo de fuentes de energía alternativas como la eólica y la solar, así como la reducción del desperdicio de alimentos y la reforestación de los bosques tropicales, pero igualmente importante es la migración hacia el uso de refrigerantes naturales y de soluciones que promuevan el uso de productos de bajo o nulo efecto sobre el calentamiento global y el daño a la capa de ozono.

Autorel es una empresa de ingeniería con más de 30 años de experiencia solucionando los problemas de climatización de ambientes y conservación de alimentos de las empresas más importantes de Perú en el sector alimentos, agroindustrial, farmacéutico, retail y manufactura en general con sistemas HVAC+R.

Para conocer cómo lo podemos ayudar escribanos a [servicioalcliente@autorel.com.pe](mailto:servicioalcliente@autorel.com.pe)



**AUTOREL**

NOSOTROS LO SOLUCIONAMOS

30° ANIVERSARIO