La transición a refrigerantes alternativos.

La perspectiva del lubricante.

Manuel Muñoz Alonso

Shrieve

Atecyr
Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración
www.atecyr.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
www.fenercom.com

Comunidad de Madrid

Índice

1 El papel del Lubricante: Lubricación, viscosidad, miscibilidad. Interacciones con el refrigerante.

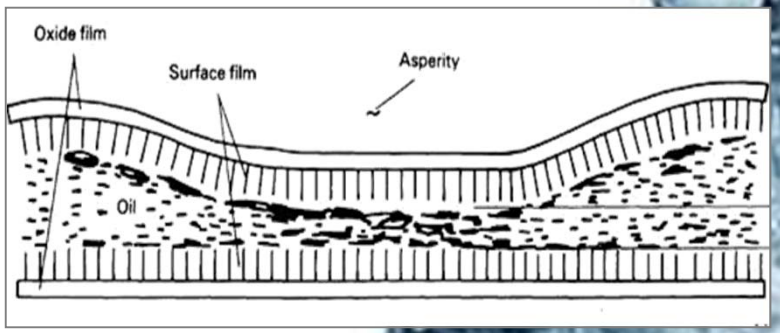
2 Tipos de lubricantes disponibles.

3 Refrigeración doméstica y comercial.

4 Refrigeración comercial e industrial.

5 Conclusiones.

El papel del Lubricante: Lubricación y viscosidad (I).



La viscosidad es la resistencia al flujo de un fluido. A mayor viscosidad, más espesa será la capa que quedará adherida a las paredes por donde fluye. Depende de la temperatura: a mayor temperatura, menor viscosidad. Por eso, para clasificarlos se usa una temperatura de referencia.

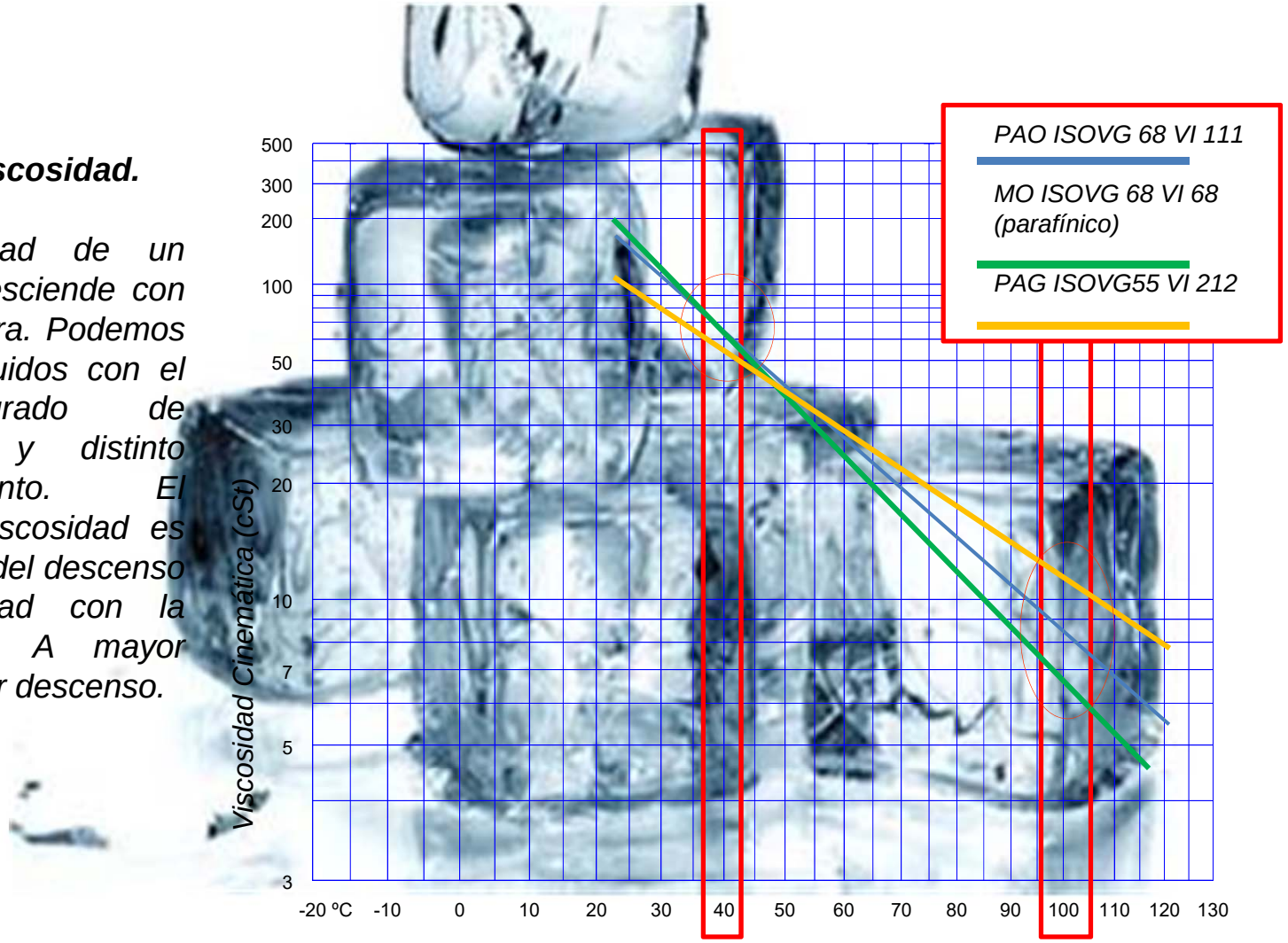
Lubricación: El lubricante forma una película entre las superficies metálicas evitando el rozamiento en las irregularidades microscópicas de la superficie. También proporciona un cierre entre la alta y la baja presión en el compresor.

Grado ISO viscosidad	Viscosidad media a 40 °C cSt, mm²/s	Límite de viscosidad a 40 °C mm²/s	
		min.	máx.
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 22	**22**	**19,80**	**24,20**
ISO VG 32	**32**	**28,80**	**35,20**
ISO VG 46	46	41,40	50,60
ISO VG 68	**68**	**61,20**	**74,80**
ISO VG 100	**100**	**90**	**110**
ISO VG 170	170	153	187
ISO VG 220	220	198	242

El papel del Lubricante: Lubricación y viscosidad (II).

Índice de Viscosidad.

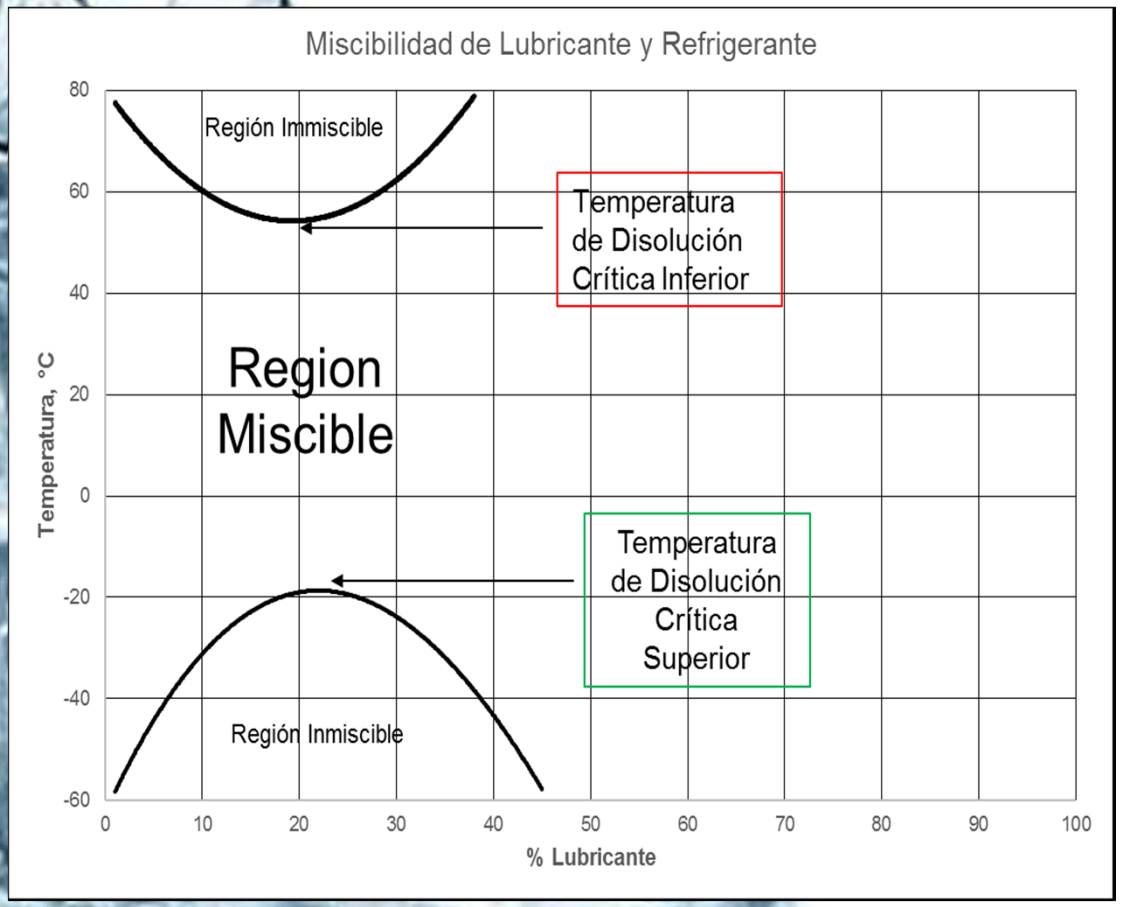
La viscosidad de un lubricante desciende con la temperatura. Podemos tener dos fluidos con el mismo grado de viscosidad, y distinto comportamiento. El índice de viscosidad es una medida del descenso de viscosidad con la temperatura. A mayor índice, menor descenso.



El papel del Lubricante: Miscibilidad (I).

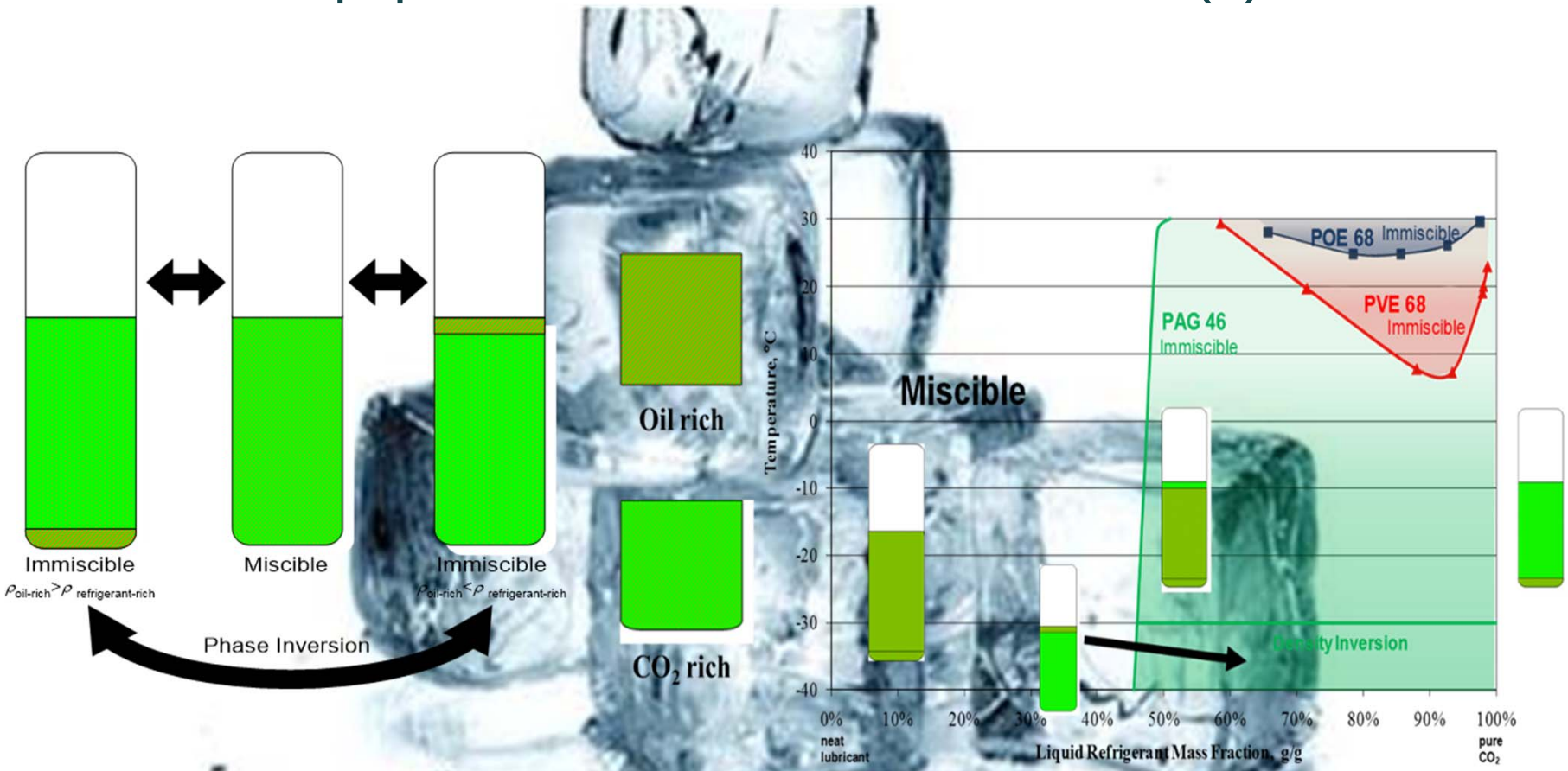
Miscibilidad.

- *En gran parte de los circuitos frigoríficos, el lubricante expulsado mecánicamente por la descarga del compresor debe volver por la aspiración del mismo disuelto en el refrigerante.*
- *Además, debe ser miscible en donde hay refrigerante líquido, como el evaporador y condensador, o de otro modo se quedaría en los intercambiadores tapizando el interior de las tuberías.*
- *Hay otros equipos (amoníaco) donde el lubricante es inmiscible y se separa por decantación o coalescencia.*



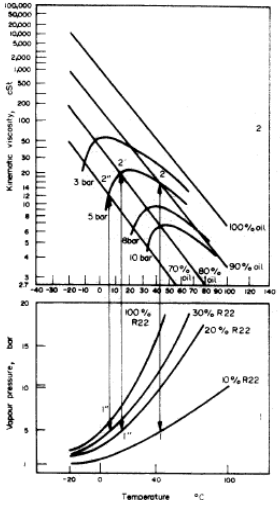
Ésta es una gráfica típica. Podemos tener un domo o los dos. O estar unidos por el vértice.

El papel del Lubricante: Miscibilidad (II).

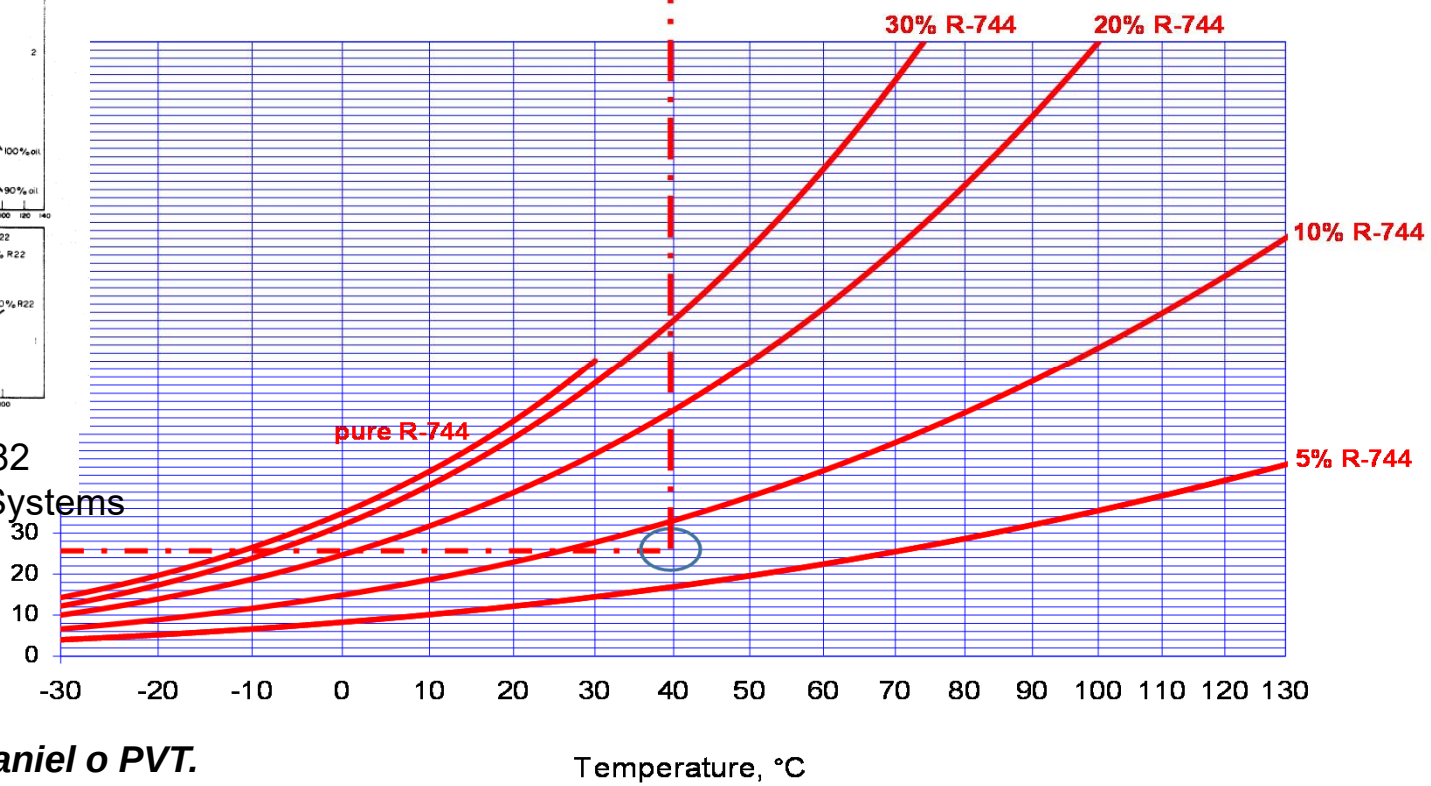


Comportamiento del CO_2 con distintos lubricantes. A -30 ºC se invierten las densidades y el CO_2 flota sobre el lubricante PAG ISO 46.

El papel del Lubricante: Interacciones lubricante-refrigerante (I).



Daniel, 1982
Heat Recovery Systems

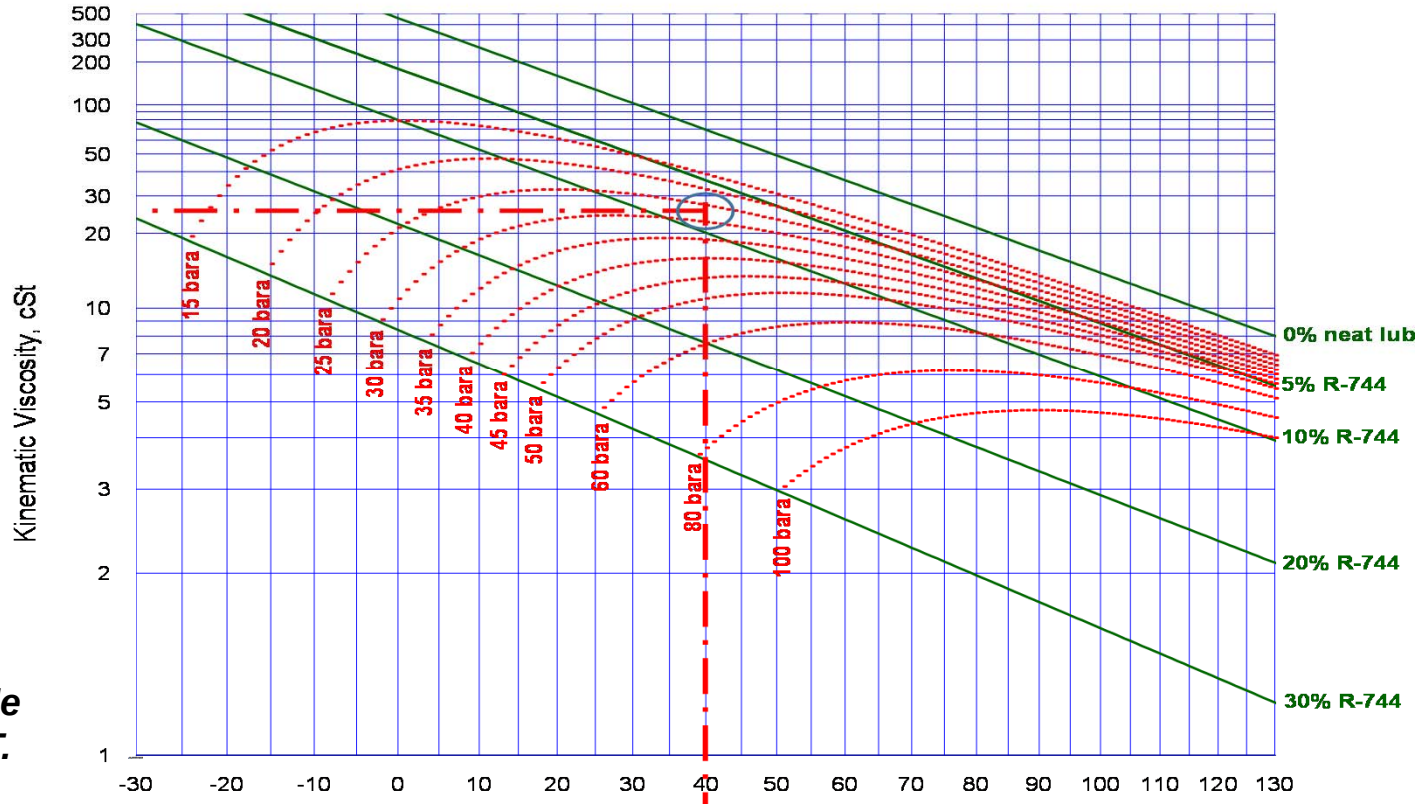


Diagramas de Daniel o PVT.

Consideraremos como ejemplo un lubricante PAG con R-744. Esta gráfica es la presión de vapor de la pareja lubricante – refrigerante. Investigaremos 40 ºC y 26.5 Bar a.

El papel del Lubricante: Interacciones lubricante-refrigerante (II).

PAG ISO VG 68 /R-744



Diagramas de Daniel o PVT.

Con el porcentaje de gas en el lubricante de la gráfica anterior, seleccionamos la curva de presión correspondiente. A 40 ºC y 26.5 Bar a tenemos una viscosidad real de 25 cSt.

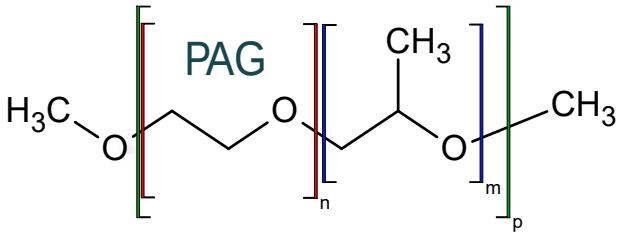
Tipos de lubricantes disponibles (I).

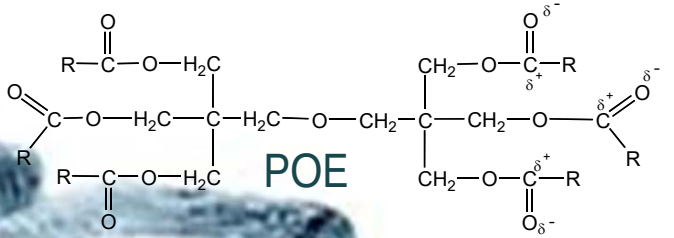
- **Minerales**. Destilados petrolíferos adecuados, tratados para evitar problemas en las instalaciones. Según su riqueza en componentes nafténicos o parafínicos (hidrocarburos saturados lineales), se denominan de esta manera. Los más usados en refrigeración son nafténicos (hidrocarburos cíclicos saturados).

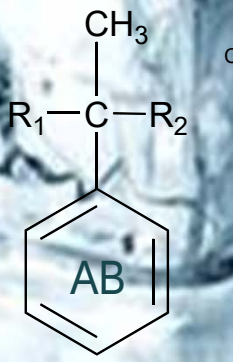
- **Sintéticos**. De éstos hay varios tipos.

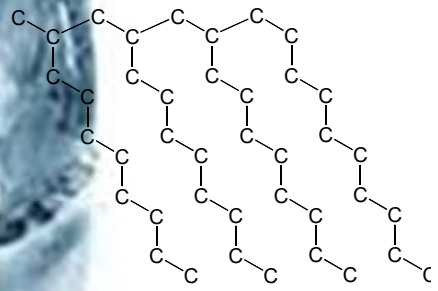
  - Hidrocarburos.
    - Poli-Alfa-Olefinas (PAO). Es un hidrocarburo sintético ampliamente extendido, formando hidrocarburos lineales.
    - Alquilbencénicos (AB). Otro hidrocarburo sintético, formado por alquilación de un núcleo bencénico. Presenta propiedades combinadas que lo han hecho muy popular en amoníaco y refrigerantes HCFC.

  - De síntesis:
    - Poli-Ol-Éster (POE). Formados por reacción entre polialcoholes y ácidos orgánicos, formando ésteres.
    - Poli-Alquil-Glicoles (PAG). Formados por polimerización de óxido de etileno, propileno, o ambos, permitiendo construir un lubricante "a medida".
    - Poli-Vinil-Éteres (PVE). Parecido al anterior, con distinta posición del oxígeno en el polímero.

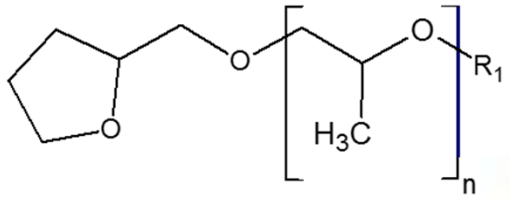




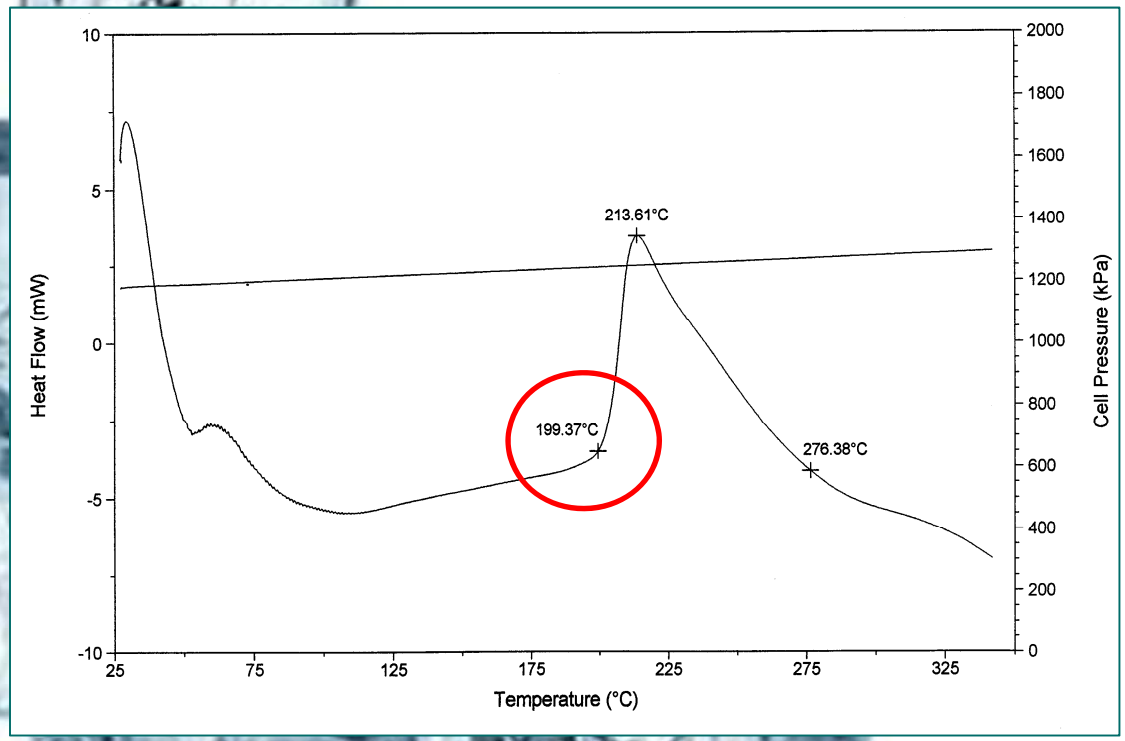


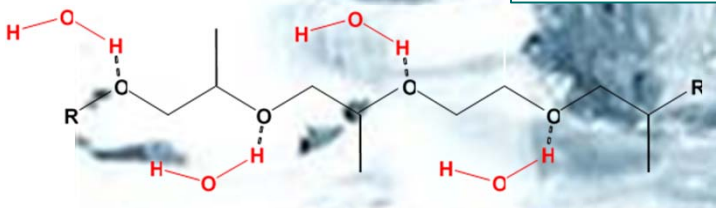


Refrigeración Industrial: Dióxido de Carbono, CO_2 (R-744)(I)



PAG (Poli-Alquil-Glicol) ISO VG46 de doble terminación asimétrico, a base de óxido de propileno - dentro de los paréntesis "n"-. Se ha demostrado que es la mejor opción para los equipos de R-744. En esta gráfica, resultado de una Calorimetría Diferencial de Alta presión, a 1100 kPa con CO_2, de 0 a 350 ºC. El punto de ruptura es 199 ºC.

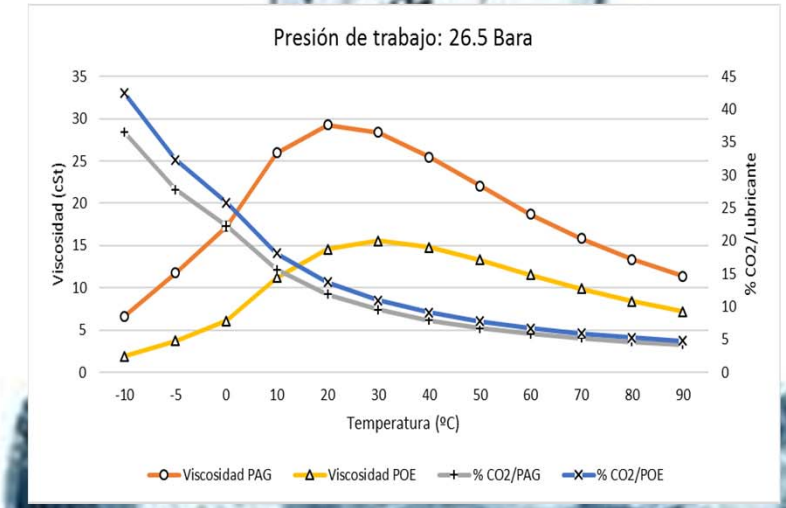


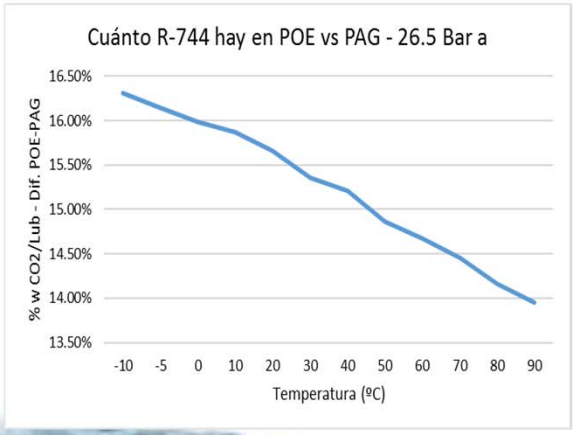


Agua adherida por enlace de hidrógeno. No rompe el aceite ni hay reacción química adversa. Se extrae con el aceite.

Refrigeración Industrial: Dióxido de Carbono, CO_2 (R-744)(I)

El CO2 se disuelve mucho más en los lubricantes que otros refrigerantes, afectando a la viscosidad de trabajo. Por otro lado, la desorción súbita puede acarrear tal espumación que haga cavitar la bomba de engrase, llegar aceite a la cámara de compresión, o las dos cosas. Ello ha llevado a usar POE de mayor viscosidad nominal, o bien PAG.





	Condición 1		Condición 2	
	0º C y 25 Bar		15 ºC y 35 Bar	
Lubricante	Dil. %	Visc. cSt	Dil. %	Visc. cSt
ISO 46 PAG	21	15	22	9
ISO 68 POE	27	4.5	28	3.2
ISO 85 POE	25	8	24	5

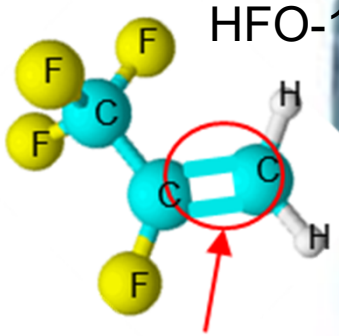
Refrigeración Industrial: Hidro-Fluoro-Olefinas (HFO) (I)

Para sustituir a los HFC en servicio actualmente se han buscado formulaciones de varios componentes (HFO, HFC, y HC) que emulen las propiedades de los refrigerantes a sustituir.

En los HFO, Hidro-Fluoro-Olefinas, la presencia de un doble enlace carbono-carbono, o enlace insaturado, hace que estas moléculas sean más inestables químicamente. Esta característica, que reduce su duración en la atmósfera si son liberados, forzará a ser más cuidadosos con las operaciones en planta. Hemos de evitar la entrada de aire y humedad, que pueden dar lugar a reacciones indeseables en el circuito frigorífico.

Los dos más importantes:

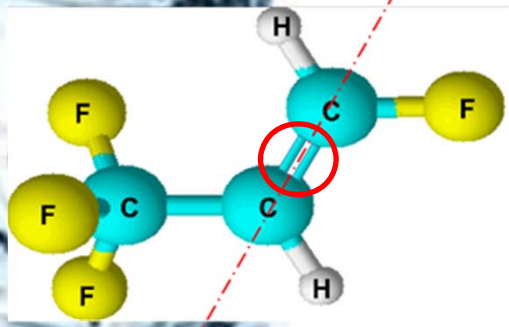
HFO-1234yf



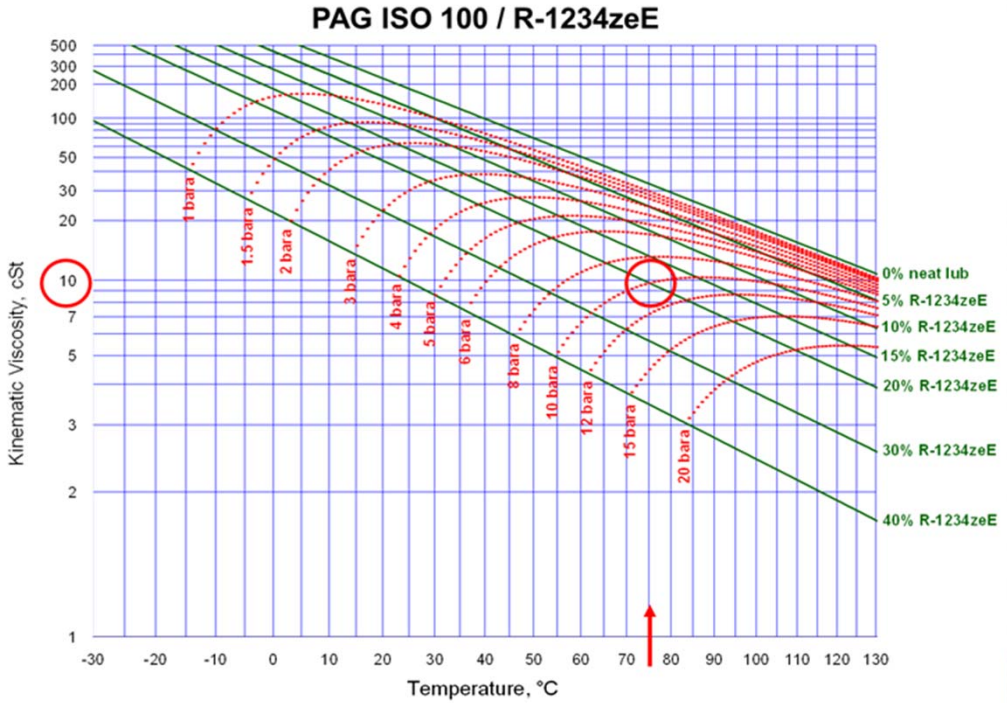
Enlace insaturado. Inestable.

El doble enlace C=C no gira. La posición de los sustituyentes en los carbonos respecto al doble enlace es fija. La letra "E" al final de la designación ASHRAE ("Trans" delante del nombre químico), significan que los sustituyentes están en lados opuestos.

HFO-1234ze(E).



Refrigeración Industrial: Hidro-Fluoro-Olefinas (HFO) (II)



Lubricante	Observaciones
MO	Completamente inmiscible.
AB	Inmiscible.
POE	Similares propiedades en la interacción como con refrigerantes HFC. **El paquete de aditivos debe estar formulado específicamente para HFO.**
PAG	Perfectamente compatible. **El paquete de aditivos debe estar formulado para su empleo con HFO**.

Diagrama PVT para PAG ISO 100 y R-1234zeE. Se indican condiciones típicas de descarga en un chiller de media temperatura (10 Bar a y 75 ºC)

Conclusiones.

- **Las propiedades de un lubricante varían según el refrigerante del que se trate y las condiciones de trabajo**. Por tanto, para tomar decisiones lo mejor fundamentadas posibles es necesario disponer de la información adecuada (diagramas PVT) y saber interpretarlo.

- La elección del lubricante adecuado para una instalación concreta no depende sólo del refrigerante, con el que debe ser compatible químicamente sin dar lugar a reacciones indeseables. Deben considerarse también las condiciones de trabajo y el tipo de compresor elegido, que condicionará también el diseño de tuberías y servicios en la instalación.

- Aunque el fabricante del compresor suele dar sus recomendaciones, también suelen tener varias opciones para cada refrigerante. **El diseñador u operador de la planta debe conocer los pros y contras de cada elección, y cómo se evalúan**.

- Todos los refrigerantes que han aparecido en el mercado tras programar la eliminación de los HFC **disuelven y se disuelven mucho más en el lubricante que sus antecesores**. Hay que tenerlo en cuenta a la hora de calcular u operar las plantas frigoríficas con CO_2 o refrigerantes con HFO en la composición.

- Con la aparición de los **HFO, las buenas prácticas de refrigeración no son sólo recomendables, sino determinantes de la durabilidad de la instalación**. Todos los lubricantes sintéticos para los HFO y CO_2 son higroscópicos, y algunos se hidrolizarán con la humedad absorbida generando acidez. A su vez, si no se observan prácticas estrictas durante la instalación y operación de la planta, estos ácidos generados reducirán la vida útil del lubricante, necesitando intervenir con mayor frecuencia de la deseable (y mayores costes de operación).

Este trabajo pretende ser un punto de partida con unas recomendaciones para la refrigeración que está llegando, donde no sólo podamos mantener las prestaciones acostumbradas, sino mejorarlas con una tecnología de lubricantes adecuada

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Manuel Muñoz Alonso
Ingeniero Senior de Aplicaciones
Shrieve Products International Ltd.
Tf.: +34 646 982 938
mmunoz@shrieve.com
www.shrieve.com

Shrieve

Atecyr
Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración
www.atecyr.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
www.fenercom.com

Comunidad de Madrid