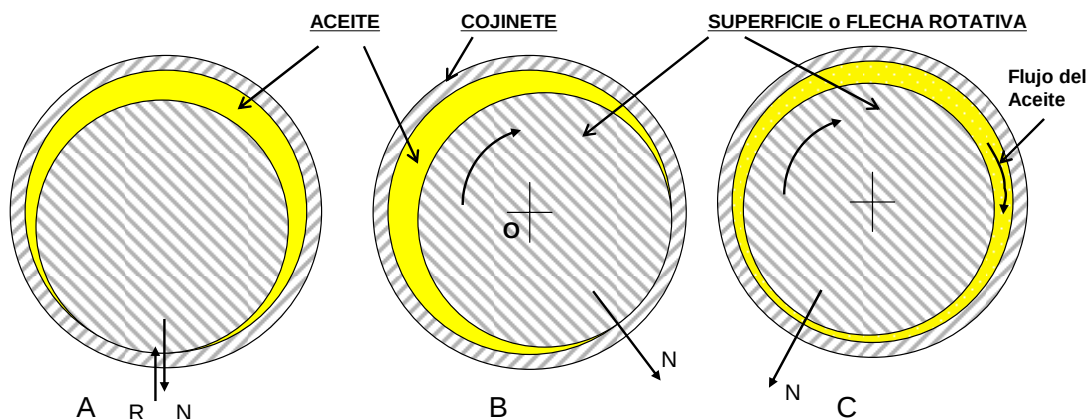


Algunas Consideraciones Técnicas de los Aceites Lubricantes en los Sistemas de Aire Acondicionado y Refrigeración.

El objetivo de este artículo es mostrar algunos aspectos técnicos principales de los aceites lubricantes requeridos para los sistemas de Aire Acondicionado y Refrigeración. La función principal del aceite, es la de lubricar dos superficies que están en movimiento, una con relación a la otra, reduciendo la fricción entre ellas, para evitar su desgaste. Esto se logra interponiendo una película lubricante de aceite entre las superficies en movimiento, evitando el contacto de sólido con sólido, disminuyendo así el coeficiente de fricción entre las dos superficies en rozamiento. Aún cuando las dos superficies en rozamiento parecen a simple vista totalmente lisas y suaves, su examen minucioso al microscopio revela asperezas con picos y valles. Se deberá añadir el suficiente lubricante que forme una capa que pueda cubrir esas asperezas, en tal forma que las dos superficies en movimiento se deslacen flotando en el lubricante.



- A.-** Las dos Superficies metálicas en contacto sin movimiento, la Flecha Rodante en reposo y el Cojinete, la Carga Normal (**N**) de la Flecha Rodante, igual a la Reacción (**R**) del Cojinete
- B.-** Cuando la Flecha con su carga empieza a girar en sentido de las manecillas del reloj, existe un rozamiento metálico, y la flecha tiende a rodar hacia arriba
- C.-** Debido a que el aceite se adhiere a las dos superficies, la rotación arrastra al aceite entre ellas, haciendo que la flecha y el cojinete se separen, la flecha en rotación actúa como bomba de aceite, causando una muy alta presión en el área que soporta la carga, creando una película de aceite ocasionando la completa separación entre la flecha y el cojinete, haciendo que la flecha flote en el aceite. Esta alta presión mueve la flecha hacia la izquierda tomando una posición excéntrica

Fig. 1 Mecanismo de Lubricación de dos Superficies en Rozamiento con su Holgura llena de Aceite



De l Fig. La velocidad del aceite que se adhiere a la flecha en rotación, es igual a la velocidad periférica de esta. Y la velocidad del aceite en la superficie del cojinete es cero. Este gradiente o variación de velocidad es el que nos crea la fuerza de viscosidad, por lo tanto entre mayor sea la velocidad de rotación, mayor es la cantidad de aceite que penetra en la sección convergente, también será mayor el espesor de la película de aceite (esto es debido a la acción de bombeo de la flecha rotatoria)

Una vez que se obtiene una película de lubricación, la fuerza de fricción entre las dos superficies, es la fuerza necesaria para cortar el lubricante, y es independiente de la naturaleza de las dos superficies.

La Viscosidad se define como la resistencia de un fluido a fluir

La fórmula matemática que nos relaciona la fuerza de Viscosidad con el coeficiente de Viscosidad es:

$$F = \mu A v / l$$

{	F	Fuerza de Viscosidad Dinámica
	μ	Coeficiente Dinámico de Viscosidad
	A	Área de apoyo de las superficies
	V	Velocidad Relativa entre las dos superficies
	l	Separación entre las dos superficies

En esta fórmula es necesario usar un sistema consistente de unidades

Al escoger un lubricante el Coeficiente de Viscosidad es quizás el factor más importante a considerar. El valor de la Viscosidad Dinámica dividido entre la Densidad del lubricante es igual a la Viscosidad Cinemática.

La Viscosidad Cinemática en el sistema internacional de unidades m.k.s. se expresa en m^2 / s , pero dado que es una unidad muy grande, se utiliza el mm^2/s que es igual a **1 cSt** (centiStokes)

La viscosidad Dinámica μ en el sistema c.g.s. se expresa en Poises, sin embargo la unidad común hoy día es Segundos Universal Saybolt, abreviado **SSU** ó **SUS**. que es el tiempo requerido en segundos para que 60 cm^3 de aceite o lubricante fluyan a través del viscosímetro Saybolt universal. El estándar ASTM I) 2161 contiene tablas de conversión de SSU a viscosidad cinemática. .

Una situación importante es que entre las dos superficies friccionantes (la flecha rotatoria y el cojinete, debe existir una alimentación constante de aceite, y para esto la utilización de una bomba o elemento alimentador de aceite con la presión suficiente que asegure el volumen o Gasto de aceite requerido.

Cuando un compresor es nuevo, pueden existir asperezas en las superficies rozantes, que prácticamente tengan una dimensión igual al espesor de la película de lubricación, por lo



tanto se puede esperar ocasionalmente en esos picos o valles, el contacto de metal con metal. Es por eso necesario un periodo de asentamiento de algunas horas al iniciar la operación de un compresor.

Existen varias pruebas desarrolladas en laboratorios para evaluar el lubricante, para determinar el espesor adecuado de la película de lubricación, así mismo para poder determinar su resistencia y la habilidad de soportar y llevar las cargas mecánicas en términos de la lubricidad del lubricante, es necesario considerar, el coeficiente de viscosidad, la velocidad relativa de las dos superficies, la carga mecánica normal, los acabados superficiales o rugosidad de las superficies rozantes, y las características técnicas de los materiales de las superficies rozantes, tales como babbit, hierro de fundición, bronces, polvo de metal cobre etc. sinterizado, materiales porosos impregnados de lubricante, bronce impregnado con teflón (DU Bearing) usado en los bujes de los compresores Copeland). Algunos aspectos de la lubricación en los compresores no se pueden duplicar en el laboratorio. Por ejemplo el retorno de refrigerante líquido al compresor, que causa la dilución del aceite, y también el lavado de los cojinetes, bujes, chumaceras, etc. y así la disminución del espesor de la película de lubricación y causando el rozamiento de metal con metal, ocasionando la falla mecánica.

Los compresores de refrigeración se pueden clasificar, en:

De Desplazamiento Continuo Dinámico, tales como el Tipo Centrífugo en el que las aspas del rotar le transfieren su energía y su cantidad de movimiento al gas refrigerante, transformándose en presión útil. En este tipo de compresor sus partes de compresión no requieren lubricación, sus chumaceras de su flecha, sus sellos, y coples, requieren lubricación. Este tipo de compresor no pasa aceite al sistema

De Desplazamiento Positivo Dinámico tales como el Reciprocante, el Rotativo, el Scroll, etc. en estos la presión se eleva y el volumen del gas dentro de un pequeño espacio se reduce. Como irremediablemente este tipo de compresor pasa un poco de aceite al sistema de refrigeración el que es arrastrado por el refrigerante hacia el condensador y al evaporador. En el evaporador debe haber suficiente fluidez y miscibilidad a bajas temperaturas, por lo que es necesario considerar estas características para asegurar su retorno al compresor y una buena conducción térmica. (La fluidez es lo opuesto a viscosidad)

En los sistemas de refrigeración los lubricantes además de lubricar, tienen otras funciones importantes, entre estas están: La del aceite de sellar el gas entre la succión y la descarga. Actuar como enfriador de las chumaceras, bujes etc., para transferir ese calor generado al cárter del compresor y así al exterior. El aceite también sirve como atenuador del ruido que se genera por las partes mecánicas en movimiento. Por lo general entre mayor sea la viscosidad, mayor es el sellado y la reducción del ruido, pero una menor viscosidad nos ayuda a un mejor enfriamiento del compresor.

Bajo el entendimiento que cuando se construye originalmente un sistema cerrado de refrigeración, su lubricante debe de considerarse ser para toda la vida del compresor, por

Para más información visite: **www.EmersonClimate.com/espanol**



lo que se requiere que tenga estabilidad ante la presencia de refrigerantes, de los metales, del aislamiento de los motores eléctricos, e inclusive de algunos contaminantes. El lubricante ideal no existe, sus características y especificaciones son un balance de requerimientos. NOTA: Dado que con cierta frecuencia en nuevas instalaciones de sistemas de refrigeración se dejan impurezas, humedad, fundentes, suciedad, etc., y además los compresores se operan fuera de sus especificaciones de su fabricante, el aceite se deteriora con cambios físicos y químicos, por lo que será necesario cambiar el aceite tantas veces este esté alterado de sus características y especificaciones originales. Para ayudar a solucionar este problema y preservar el aceite, se deberá usar los filtros secadores de succión y de la línea de líquido.

Adicional a la Viscosidad que ya ha sido mencionada, el aceite debe de tener características adicionales, entre otras su contenido de humedad que se puede determinar mediante la medición de su resistencia dieléctrica (25000.0 Volts mínimo), a un menor valor de resistencia dieléctrica, mayor contenido de humedad. Otro valor es la Temperatura de Floculación (Floc Temp.). Este valor se determina mezclando un 10 % de refrigerante con 90 % de aceite en un tubo de ensayo de vidrio sellado. Se baja su temperatura hasta que aparezcan grumos o ceras y estas se precipiten. El valor de temperatura mayor es la temperatura de Floculación. Este valor es importante ya que si su valor es alto, a bajas temperaturas de evaporación estos grumos o ceras pueden depositarse en el evaporador restándole eficiencia, y la posible retención del aceite, evitando que retorne al compresor, o bloqueo de la válvula de expansión, o taparse los tubos capilares. Puesto que un lubricante se entiende tendrá que fluir a bajas temperaturas de evaporación, y puesto que la viscosidad del aceite cambia con la temperatura, los aceites a bajas temperatura su viscosidad aumenta y no fluyen, llegando prácticamente a solidificarse. Se define entonces el Punto de Fluidez la temperatura en que el aceite empieza a fluir a muy baja temperatura (según el método de prueba ASTM D-97) ,

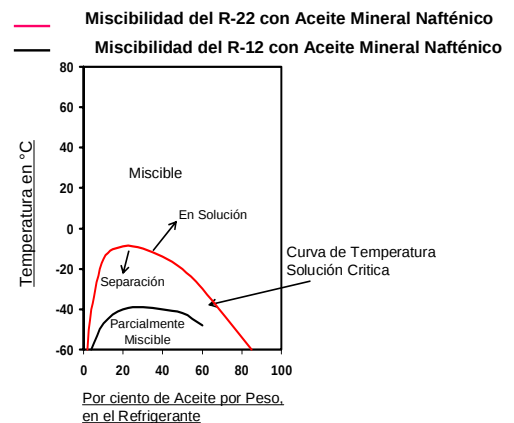
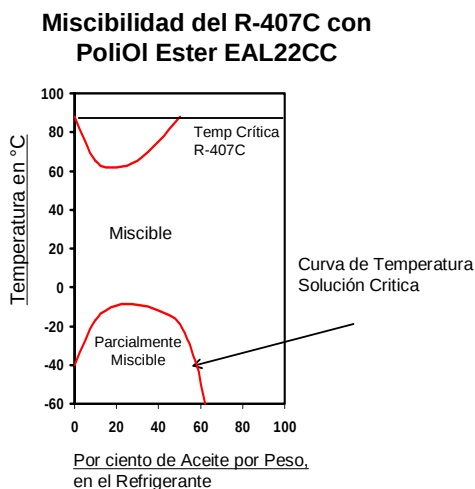
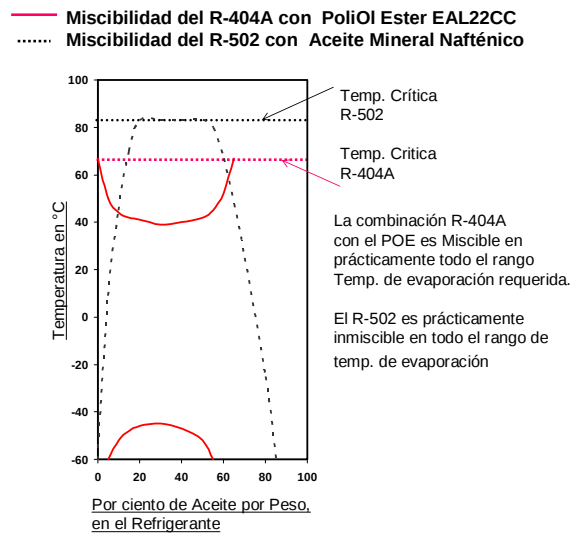
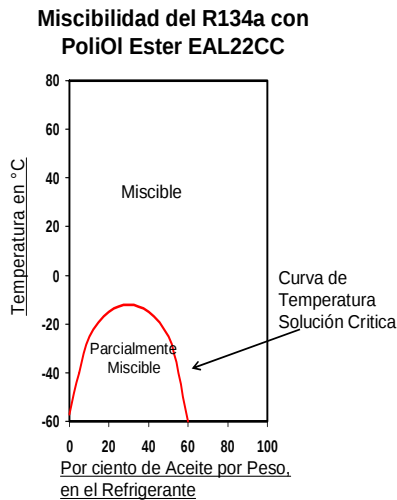
Índice de Viscosidad La viscosidad de un aceite lubricante disminuye al aumentar su temperatura, y aumenta al disminuir su temperatura, la relación de la variación de viscosidad con la temperatura nos proporciona el Índice de Viscosidad (procedimiento de acuerdo a ASTM D 2270). Un lubricante con alto índice de viscosidad, muestra un menor cambio en viscosidad dentro de un rango de temperatura dado, y viceversa.

Solubilidad y Miscibilidad. El término solubilidad describe que bajo condiciones determinadas, la cantidad específica de una sustancia se disuelve en otra cantidad específica de otra sustancia. Por ejemplo cantidad "X" de sal o cloruro de sodio es soluble en cantidad "Y" de agua a cierta temperatura. Dos términos se usan para describir la solubilidad: **miscible e inmiscible**. Los líquidos que se pueden mezclar para formar una solución son **miscibles**. Los que no forman soluciones o que son insolubles entre si, son **inmiscibles**. Con frecuencia estos términos se valoran en forma relativa diciendo, es muy miscible, moderadamente miscible, ó inmiscibles. La realidad que la miscibilidad de dos sustancias depende de su presión, su temperatura, y proporción (volúmenes) de las dos sustancias.

Refrigerantes-Aceites **completamente miscibles**, cuando son completamente solubles en cualquier proporción a cualquier temperatura encontrada dentro de un sistema de refrigeración ó aire acondicionado. Arriba de la curva de temperatura crítica de la solución. el R-12 y el aceite mineral son completamente Miscible en todo el rango de temperaturas y proporciones. Fig. 2,3,4,5.

Refrigerantes - Aceites **parcialmente miscibles** cuando son mutuamente solubles en un grado limitado Debajo de la curva crítica de temperatura de la solución Ver fig. 2

Refrigerantes – Aceites **completamente inmiscibles** las componentes que no se pueden juntar El agua con el aceite son inmiscibles en todas proporciones, El Amoniaco y lubricantes.



NOTA: USAR SIEMPRE LA COMBINACION REFRIGERANTE- ACEITE ESPECIFICADO POR EL FABRICANTE DEL COMPRESORES

Para más información visite: www.EmersonClimate.com/espanol



En este artículo no se tratará las fórmulas químicas de los aceites lubricantes ni de su composición, sin embargo desde un punto de vista general se pueden clasificar principalmente como sigue:

1.- Aceites lubricantes del **tipo mineral**

2.- Aceites **Sintéticos**.

1 Existen numerosos compuestos de los **aceites** del **tipo Mineral**, los cuales pueden ser agrupados como sigue: los **Parafínicos**, y los **Nafténicos** (CicloParafínicos), Los Parafínicos consisten en cadena rectas de hidrocarburos saturados como el Pentano N, el Isopentano etc. Los Nafténicos son estructuras en anillos también saturados. Ambos pueden ser combinados y formar otras estructuras, como ejemplo el ciclo pentano

Los Aromáticos hidrocarburos no saturados, de dos o más anillos con dobles ligaduras alternas como el Benceno. **Los No Hidrocarburos** que contienen otros átomos, como azufre, oxígeno etc.

La clasificación común de los aceites como Parafínicos y Nafténicos se refiere a la cantidad moléculas del tipo parafínico o nafténico en el aceite refinado. Los Crudos Parafínicos contienen una mayor proporción de cera parafínica, de este modo tienen un mayor índice de viscosidad y punto de fluidez que los crudos Nafténicos

2.- **Aceites Sintéticos**: La miscibilidad limitada de los aceites Minerales con los refrigerantes Hidro Cloro Fluoro Carbono **HCFC** (R-22, R-401A, R-401B R-402A R-402B, R-409A, R-408A etc.)... Y la total inmiscibilidad de los aceites Minerales con los nuevos refrigerantes libres de cloro Hidro Fluoro Carbono **HFC** (R-134a, R-407A, R-407B, R-507, R404A, R-407C, R-410A, R410B, etc.). Ha conducido al desarrollo de lubricantes el tipo Sintético Hoy día existen los Alkilbenceno adecuados para los HCFC, y los PoliOl Esters para los HFC:

La utilización de los aceites puede resumirse:

REFRIGERANTES:

Para los HCFC (R-22, R-401A, R-401B R-402A R-402B, R-409A, R-408A etc.)

- 1.-) (AB) Alkilbenceno
- 2.-) (AB) Alkilbenceno (50+%) + (MO) Aceite Mineral
- 3.-) (POE) PoliOlester (50+%) + (MO) Aceite Mineral
- 4.-) (POE) PoliOlester

Para los HFC (R-134a, R-407A, R-407B, R-507, R404A, R-407C, R-410A, R410B, etc.)

- 1.-) Solo POE PoliOlester

ACEITES: (Aprobados por Copeland Corporation)

AB = Alkilbenceno:

Zerol 200 TD, Soltex AB200A, Suniso AKB200A; Reniso SP46

POE= PoliOl ester:

Copeland Ultra 22 CC, Copeland Ultra 32 CC, Mobil EAL^{MR} Artic 22 CC, Uniqema Emkarate RL32CF y el RL32-3MAF

Para más información visite: ***www.EmersonClimate.com/espanol***



SOLUCION; ACEITE – REFRIGERANTE

Si nosotros tuviésemos un sistema de refrigeración para congelación de baja temperatura de evaporación, con refrigerante R-404A, o R-134a, ya sea con un compresor Scroll ó un Hermético. Si inicialmente cargamos el compresor con aceite mineral o alquilbenceno, y lo mantenemos operando un periodo de tiempo, notaremos que el aceite no retorna al compresor, y eventualmente este se quedará sin aceite. Ahora bien, si en lugar del aceite mineral o el alquilbenceno se usa aceite Poliolester entonces el aceite si fluirá de retorno al compresor. La diferencia es que el Aceite Mineral y el Alquilbenceno son completamente inmiscibles con el R-404A, o R-134a. En cambio el Poliolester si es miscible con los refrigerantes R-404A, y R-134a, y es arrastrado en solución con el refrigerante, y retornando al compresor.

Debido a la solubilidad de los refrigerantes con los aceites (en mayor o menor grado). El refrigerante algunos refrigerantes como R-22 y el R-502 muestran una limitada o baja solubilidad con algunos aceites en bajas temperaturas de evaporación, en las que se presenta una separación del aceite y el refrigerante, por otro lado muestran una alta solubilidad en altas temperaturas de evaporación.

Si solamente se consideran tal como son las propiedades de un aceite lubricante, se tendría un error, ya que el lubricante – refrigerante dentro del sistema en la realidad se comporta muy diferente.

Por ejemplo en el cárter de un compresor, el refrigerante y el aceite se consideran que están en equilibrio. Si suponemos un aceite nafténico de 32 cSt (150 SSU a 37,7°C (100 °F), cuando el compresor está parado a 25 °C, el mismo aceite tendrá una viscosidad de 67 cSt (300 SSU). Durante operación es usual que la temperatura se eleve a 55 °C, y ahora la viscosidad del lubricante puro será de 17.0 cSt (85 SSU). Si el sistema está operando con refrigerante R-22 y la presión en el cárter es 95.0 psig, se tendrá una mezcla Aceite - Refrigerante que nos conduzca a una viscosidad aproximada de 16.0 cSt (80 SSU) en vez de 67.0 cSt (300 SSU), y decrecerá a 9.7 cSt (58 SSU) cuando el compresor opere a 55 °C. Con este ejemplo se observa la variación en viscosidad del aceite en el compresor el cual opera con viscosidad muy diferente a la que se piensa.

Considerando que miscibilidad es un fenómeno de equilibrio entre dos líquidos, lo que sucede en el cárter del compresor cuando se encuentra parado y la temperatura ambiente es un poco baja, existe la situación de que se forme la separación del refrigerante y el aceite o se formen dos fases. La capa líquida de refrigerante rica en aceite más densa en el fondo del cárter, donde se encuentra la succión de la bomba de aceite. Este refrigerante rico en aceite con baja viscosidad es la que lubrica al compresor durante su arranque

En el evaporador que es el lugar mas frío del sistema, es el lugar donde también ocurre la inmiscibilidad o separación de fases (ver las curvas de la Fig. 2). Si la temperatura es menor que la correspondiente a la solución crítica, la separación de la mezcla ocurrirá en algún lugar del evaporador. El refrigerante que entra al evaporador esta en estado líquido con una pequeña fracción de lubricante. En tanto el refrigerante se vaporiza, la



concentración del aceite lubricante se eleva en líquido remanente, aumentando la presión de evaporación del refrigerante, hasta que la separación de las fases ocurra. El lubricante entonces queda atrapado, causando un evaporador tapado con aceite, además reduciéndose la transferencia de calor debido al aislamiento térmico de la capa de aceite dentro de los tubos. Con el refrigerante R-404A, su curva de solución crítica está a una temperatura baja, y por lo tanto este fenómeno de separación prácticamente no ocurre. En cambio con R-22 la separación del refrigerante y el aceite en el carter del compresor puede ocurrir debajo de -10°C , (dependiendo la concentración de la solución). En un ambiente de menos de -10°C un compresor parado por un tiempo, Es seguro que exista R-22 líquido en el fondo del cárter.

#

Ing. Javier Ortega C
8 de Octubre de 2005