

ACEITES PARA REFRIGERACION

Introducción	114	Rigidez Dieléctrica	118
Clasificación General	114	Número de Neutralización	119
Aceites Minerales	114	Carbonización	119
Aceites Sintéticos	114	Peso Específico	120
Propósito del Aceite para Refrigeración	115	Tendencia a la Corrosión	120
Requerimientos del Aceite para Refrigeración	115	Oxidación Acelerada	120
Propiedades de los Aceites Lubricantes	115	Humedad	120
Viscosidad	116	Color	121
Punto de Escurrimiento	117	Punto de Anilina	121
Punto de Floculación	117	Estabilidad Térmica	122
Punto de Inflamación y Punto de Ignición	118	Compatibilidad con otros Materiales	122

Introducción

El compresor en un sistema de refrigeración mecánico, debe ser lubricado para reducir la fricción y evitar el desgaste. El tipo especial de lubricante utilizado en los sistemas de refrigeración, se llama aceite para refrigeración. Este aceite debe cumplir ciertos requerimientos especiales, que le permiten realizar su función lubricante, sin importar los efectos del refrigerante y las amplias variaciones de temperatura y presión.

La comprensión de los aceites para refrigeración y su relación con los refrigerantes, le ayudará a mantener y dar servicio de manera efectiva, a equipos de refrigeración y aire acondicionado.

En este capítulo, se estudiarán las clasificaciones generales de los aceites, incluyendo las principales diferencias entre uno y otro. También se estudiarán las cualidades de los aceites lubricantes, que son importantes para refrigeración.

Los aceites lubricantes de compresores para refrigeración, son productos especializados, y como tales, requieren consideración por separado de otros lubricantes. Antes de hacer esta consideración, hablaremos brevemente de los aceites en general.

Clasificación General

En cuanto a su procedencia, los aceites se clasifican en tres principales grupos: animales, vegetales y minerales.

Los aceites de origen animal y vegetal se conocen también como aceites fijos; esto, porque no pueden ser refinados por destilación, como los aceites minerales, debido a que se descomponen. Son inestables, tienden a formar ácidos y gomas, y además, se congelan fácilmente; por lo tanto, no son adecuados para refrigeración.

Por lo anterior, los aceites lubricantes para refrigeración, se obtienen a partir de los aceites de origen mineral.

Aceites Minerales

Los aceites minerales son derivados del petróleo y se pueden clasificar en tres tipos, de acuerdo al crudo de que se obtienen.

- Con base parafínica.
- Con base nafténica.
- Con base aromática.

La experiencia ha demostrado que los aceites de base nafténica, son los más adecuados para refrigeración, por las siguientes razones.

- a) Fluyen mejor a bajas temperaturas.
- b) Conservan mejor su viscosidad que los aromáticos.
- c) Hay menos depósitos de cera a bajas temperaturas, ya que contienen menos parafina, que los de base parafínica.
- d) Los depósitos de carbón formados por estos aceites son ligeros, y se eliminan fácilmente.
- e) Son más estables térmica y químicamente, que los aromáticos.
- f) Tienen excelente capacidad dieléctrica.

Los aceites parafínicos en la actualidad, no se utilizan en refrigeración. Los aceites nafténicos son sometidos a un proceso de ultra-desparafinado, y en la actualidad, son los más adecuados para refrigeración. Los aromáticos, derivados del dodecil-benceno, tienden a disminuir su uso.

Aceites Sintéticos

Aunque los aceites sintéticos para refrigeración, existen desde hace más de 25 años, en nuestro país han tenido un uso muy limitado. Los aceites sintéticos tienen características muy superiores a los minerales.

A diferencia de los aceites minerales, los cuales son productos destilados directamente del petróleo crudo, los aceites sintéticos se obtienen a partir de reacciones químicas específicas. Por esta razón, su calidad no depende de la calidad de ningún petróleo crudo, y su composición es consistente todo el tiempo, ya que los componentes son siempre iguales.

De lo anterior, se desprende que los aceites sintéticos, son lubricantes que se podría decir que están "hechos a la medida", ya que estos materiales pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de una aplicación particular. En el caso de los aceites sintéticos para refrigeración, estos materiales se fabrican enfatizando las propiedades de miscibilidad con los refrigerantes, resistencia a bajas y

a altas temperaturas, excelente poder lubricante, 100% libres de cera.

Existen varios tipos de aceites sintéticos, pero los que mejor resultado dan en refrigeración son los de polialquilenglicol (PAG) y los de poliol éster (POE).

En la actualidad, con la desaparición de algunos refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC's), y la aparición de sus sustitutos, es necesario el uso de aceites sintéticos, ya que algunos de estos nuevos refrigerantes como el R-134a, no son miscibles con los aceites minerales nafténicos ni aromáticos. El R-134a inclusive, ha mostrado poca solubilidad con los aceites sintéticos de alquilbenceno; en cambio, ha mostrado buena solubilidad con los lubricantes de éster, de los cuales hay varios tipos.

Por otra parte, los lubricantes sintéticos de PAG, no son compatibles con los clorofluorocarbonos (CFC's), como el R-12. Específicamente, el cloro contenido en estos refrigerantes, puede reaccionar con el aceite sintético y causarle una degradación.

Propósito del Aceite para Refrigeración

El aceite para refrigeración es necesario para una operación adecuada del compresor, en un sistema de refrigeración mecánica. Además de lubricar las partes móviles del compresor, el aceite realiza las siguientes funciones: a) remueve el calor de los cojinetes y lo transfiere al exterior, b) ayuda a formar un sello más positivo, cuando están cerradas las válvulas de succión y descarga, y c) amortigua el ruido generado por las partes móviles dentro del compresor. En los compresores abiertos, el aceite también evita que el sello de la flecha se seque y se deteriore. En compresores rotativos y de tornillo, el aceite forma un sello entre el rotor y las paredes internas de la cámara de compresión, para retener el vapor de refrigerante mientras está siendo comprimido.

El aceite para refrigeración es un mal necesario, se necesita para la operación adecuada del compresor, pero inevitablemente, se va con el refrigerante y puede causar varios problemas en el sistema, como se describe en el capítulo 4. Debido a que se mezcla y viaja con el refrigerante, el aceite debe cumplir con algunos requerimientos especiales para realizar sus funciones en el compresor, sin crear problemas que no puedan resolverse en otras partes del sistema. Para un mantenimiento efectivo, se requiere una total comprensión de dichos requerimientos especiales.

Requerimientos del Aceite para Refrigeración

El conocimiento de las características de los aceites para refrigeración, incumbe principalmente a los fabricantes de equipo. Sin embargo, es importante para los técnicos y mecánicos en refrigeración, comprender los principios básicos de selección de aceites, para que puedan resolver los problemas que pudieran resultar, por no usar los aceites adecuados en las instalaciones de refrigeración.

Un buen aceite para refrigeración debe reunir las cualidades que a continuación se enlistan.

1. Mantener su viscosidad a altas temperaturas.
2. Mantener buena fluidez a bajas temperaturas.
3. Ser miscible con los refrigerantes a las temperaturas de trabajo.
4. Tener buena (alta) capacidad dieléctrica.
5. No tener materia en suspensión.
6. No debe contener ácidos corrosivos o compuestos de azufre.
7. No formar depósitos de cera (flóculos) a las bajas temperaturas del sistema.
8. No dejar depósitos de carbón al entrar en contacto con superficies calientes dentro del sistema.
9. No contener humedad.
10. No formar espuma.
11. Ser química y térmicamente estable en presencia de refrigerantes, metales, aislamientos, empaques, oxígeno, humedad y otros contaminantes.

Tal aceite para refrigeración sería perfecto para todos los sistemas, pero no existe. Por lo tanto, se seleccionará el aceite que más se acerque a estas propiedades y que cubra las necesidades específicas del sistema.

Propiedades de los Aceites Lubricantes

La lubricación es la separación de partes en movimiento por una película de aceite, mientras más cercanas están estas partes unas de otras, más importante se vuelve la lubricación.

El aceite circula a través del sistema con el refrigerante. Los aceites para refrigeración deben tener ciertas propiedades, porque se mezclan con los refrigerantes. El aceite entra en contacto directo con los devanados calientes del motor, en unidades herméticas y semiherméticas; por lo que debe ser capaz de soportar temperaturas extremas, y no ser dañino al refrigerante y al equipo. Además, debe mantener viscosidad suficiente, para permitir una lubricación adecuada. Asimismo, el aceite se enfría a la más baja temperatura del sistema, y debe permanecer fluido en todas las partes.

La fluidez de la mezcla aceite - refrigerante, es determinada por el refrigerante utilizado, las temperaturas, las propiedades del aceite y su miscibilidad con el refrigerante.

Todos los compresores requieren lubricación. Los fabricantes de compresores, generalmente recomiendan el tipo de lubricante y la viscosidad que debe usarse, para asegurar una operación adecuada y la durabilidad del equipo. Esta recomendación se basa en varios criterios, tales como la lubricidad, compatibilidad con los materiales de construcción, estabilidad térmica y miscibilidad con el refrigerante. Para asegurar una operación eficiente, es importante seguir las recomendaciones del fabricante.

Al respecto, muchos técnicos dicen: "Todos los aceites lubrican, así que, ¿cuál es la diferencia entre uno y otro?"

Hay una gran diferencia. Como se mencionó anteriormente, los aceites para refrigeración son fluidos sumamente especializados, para cumplir con un trabajo adecuado en la lubricación de los compresores para refrigeración. Estos aceites, por lo tanto, tienen características muy especiales llamadas propiedades, las cuales se describen por número para dar un valor exacto.

A continuación, se examinarán cada una de esas propiedades y se verá: a) que es, b) ¿por qué es importante? y c) cuales son sus valores. El orden no necesariamente significa su importancia.

Viscosidad

Es la resistencia a fluir que tienen los líquidos. La viscosidad nos indica qué tanto puede fluir un aceite a una temperatura dada. Los aceites se vuelven menos viscosos al aumentar la temperatura, y más viscosos a bajas temperaturas. Esto es muy importante, ya que en el evaporador, se tienen las temperaturas más bajas del sistema; y si un aceite es demasiado viscoso, se espesará y no fluirá a través del evaporador, acumulándose dentro de éste y disminuyendo la transferencia de calor.

El propósito del aceite, como ya se mencionó, es lubricar las partes móviles del compresor. Si el aceite es demasiado ligero (baja viscosidad), no permanecerá entre las superficies de estas partes, sino que se saldrá, dejándolas sin película protectora. Si el aceite es demasiado viscoso, causará una excesiva resistencia, pérdida de fuerza y puede no ser capaz de fluir entre las partes móviles.

La viscosidad de los aceites para refrigeración, también se ve afectada por su miscibilidad con los refrigerantes (ver capítulo 4). Esta miscibilidad del aceite con los refrigerantes, varía desde no ser miscibles, como con el amoníaco, hasta ser completamente miscibles, como en el caso del R-12.

Hay varias maneras y unidades para expresar la viscosidad de los fluidos, según el método que se utilice para determinarla:

- Viscosidad absoluta _____ Poises.
- Viscosidad cinemática _____ centiStokes (cSt).
- Viscosidad Saybolt _____ Segundos Saybolt Universales (SUS).

En la actualidad, la Organización Internacional de Estandarización ISO (International Standardization Organization), ha determinado que la viscosidad de los

ACTUAL		OBSOLETA
VISCOSIDAD ISO EN cSt		VISCOSIDAD EN SUS A 40°C
40°C	100°C	
32	5.6	150
46	7.5	200
68	9.4	300
100	11.3	500

Tabla 10.1 - Relación de las viscosidades entre centiStokes y SUS.



Figura 10.2 - Aparato utilizado para determinar la viscosidad cinemática.

aceites industriales, se exprese en centiStokes a una temperatura de 40°C. Sin embargo, algunos fabricantes de aceites aún utilizan las unidades en SUS. En la tabla 10.1 se muestra una comparación de los valores de las viscosidades en centiStokes y en SUS.

La importancia de la viscosidad, está en seleccionar un aceite que proporcione lubricación adecuada, bajo las diferentes condiciones de trabajo, considerando inclusive, el efecto de dilución del refrigerante. Los fabricantes de aceite, pueden satisfacer diferentes viscosidades para cumplir con cualquier especificación. Cuando se tenga duda de cuál viscosidad usar, se deben consultar las recomendaciones del fabricante del equipo. Si no se dispone de ellas, se puede utilizar la tabla 10.3 como una

CONDICION DEL SERVICIO	REFRIG.	VISCOSIDAD	
		cSt	SUS
Temp. del Compresor:			
Normal	Todos	32	150
Alta	Halogenados	68	300
	Amoniaco	68	300
Temp. del Evaporador:			
Hasta -18°C (0°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	68	300
De -18°C a -40°C (0°F a -40°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	32	150
Abajo de -40°C (-40°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	32	150
Aire Acondicionado Automotriz:			
	Halogenados	100	500
Compresores Rotativos:			
	Todos	100	500
Compresores Centrifugos:			

Tabla 10.3 - Viscosidades de aceites recomendadas para diferentes condiciones y refrigerantes.

guía para seleccionar la viscosidad adecuada. Esta tabla sirve para la mayoría de las aplicaciones. Los aceites deben seleccionarse de acuerdo a la temperatura del compresor, la temperatura del evaporador y el tipo de refrigerante utilizado.

Punto de Esgurrimiento

Es la temperatura más baja a la cual fluirá un aceite. Por definición, el punto de esgurrimiento es 3°C mayor que la temperatura a la cual el aceite cesará totalmente de fluir; es decir, el punto de esgurrimiento es 3°C, arriba de la temperatura de congelación del aceite.

El punto de esgurrimiento en los aceites para refrigeración, explícitamente, dependen del contenido de cera y de la viscosidad. En el caso de aceites de la misma viscosidad, este valor va en relación del contenido de cera.

Con todos los refrigerantes, algo de aceite se pasa al evaporador. Por poco que sea, este aceite debe retornar al compresor, pero para que esto suceda, debe ser capaz de circular por todo el sistema.

El punto de esgurrimiento de un aceite es muy importante, cuando se usa con refrigerantes que no son miscibles o que son parcialmente miscibles; tal es el caso, cuando se usa R-22 o amoníaco, en sistemas con evaporador tipo inundado. Si el punto de esgurrimiento del aceite empleado es alto, se formará una capa viscosa de aceite sobre la superficie del evaporador. Esto trae como consecuencia, una seria pérdida de eficiencia, y en algunos casos, problemas de falta de lubricación, porque el aceite no retorna adecuadamente al compresor.

Para determinar los puntos de esgurrimiento y de congelación, se utiliza el aparato que se muestra en la figura 10.4. Consiste en un tubo de vidrio de fondo plano, donde se coloca la muestra de aceite, se tapa y se pone un termómetro. Se sumerge el tubo en un baño frío, y cada que su temperatura disminuye 5°F (3°C), se verifica su fluidez. El punto de esgurrimiento es 3°C arriba de la temperatura a la cual el aceite ya no fluye.

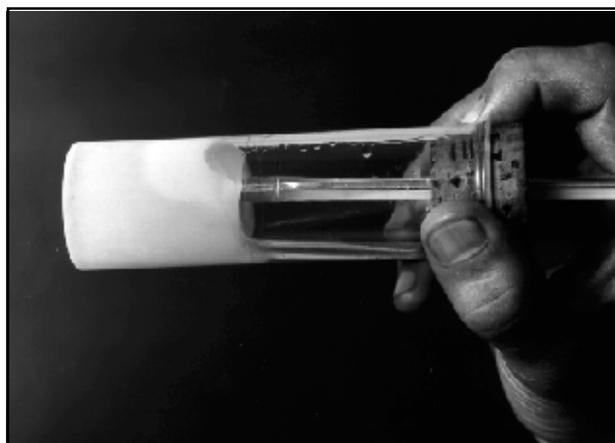


Figura 10.4 - Aparato utilizado para determinar el punto de esgurrimiento.

Los valores recomendados de punto de esgurrimiento de aceites para refrigeración son:

32 cSt (150 SUS)		68 cSt (300 SUS)	
Minerales	Sintéticos	Minerales	Sintéticos
menos de -35°C	menos de -55°C	menos de -30°C	menos de -35°C

Punto de Floculación

Es la temperatura a la cual un aceite empieza a flocular (formar depósitos de cera). Un buen aceite para refrigeración, no debe flocular al ser expuesto a las más bajas temperaturas, que normalmente se encuentran en los sistemas de refrigeración.

Todos los aceites para refrigeración contienen algo de cera parafínica, algunos más que otros. La solubilidad de esta cera disminuye con la temperatura. Cuando a una mezcla de aceite y refrigerante se le disminuye su temperatura, la solubilidad de la cera en el aceite disminuye, hasta que a cierta temperatura, el aceite no puede mantener disuelta toda la cera, y parte de la misma se separa y se precipita.

La cera libre que se forma al enfriarse un aceite para refrigeración, se depositará en las partes más frías del sistema, tales como el evaporador y el dispositivo de control. En el evaporador causará algo de pérdida de transferencia de calor, pero en la válvula de termo expansión o el tubo capilar, puede causar restricciones o hasta una obstrucción completa.

Los aceites para refrigeración que no sufren separación de cera, cuando se mezclan con refrigerante a bajas temperaturas, se les denomina "libres de cera".

La tendencia de la cera a separarse de un aceite, puede determinarse en el laboratorio por medio de la prueba del punto de floculación, para la cual se utiliza el aparato que aparece en la figura 10.5.

Una mezcla de 10% de aceite y 90% de R-12 (% en volumen) es enfriada en un recipiente transparente, sumergiendo éste en un baño frío. Al bajar la temperatura, la mezcla se enturbia, y si continúa el enfriamiento, se formarán pequeños grumos de cera flotando en la mezcla. La temperatura a la cual comienzan a observarse a simple vista estos pequeños grumos, se toma como el punto de floculación. Esta prueba hace posible predecir, cuales aceites son más propensos a causar más problemas de cera. Debe seleccionarse un aceite con un bajo punto de floculación, para no tener problemas de cera en el sistema y al mismo tiempo, reducir las dificultades de esgurrimiento; puesto que un bajo punto de esgurrimiento, acompaña a un bajo punto de floculación.

Los aceites para refrigeración deben tener puntos de floculación bajos. Los valores recomendados son:

-51°C o menor para aceites utilizados con HCFC y HFC. Para aceites utilizados con amoníaco, no se exige esta prueba.



Figura 10.5 - Procedimiento para determinar el punto de floculación.

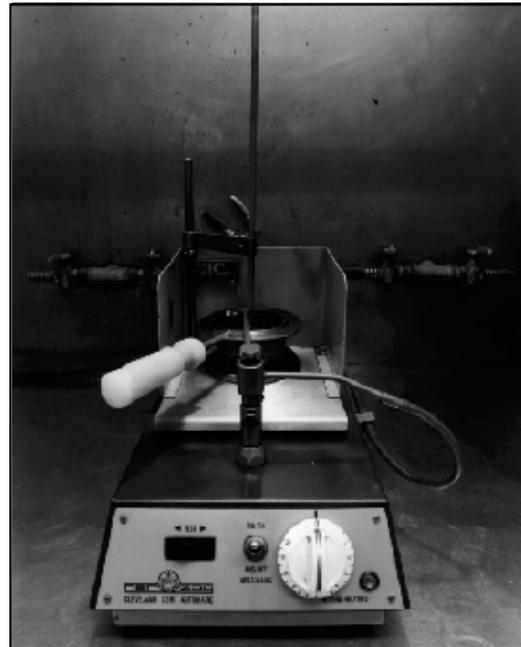


Figura 10.6 - Aparato utilizado para determinar los puntos de inflamación y de ignición en los aceites.

Punto de Inflamación y Punto de Ignición

Estos valores son de poco significado en sistemas de refrigeración, excepto con refrigerantes como amoníaco, bióxido de azufre y cloruro de metilo.

Si un aceite tiene puntos de inflamación y de ignición altos, es la mejor indicación de que no contiene volátiles. Es posible mezclar una pequeña cantidad de aceite de gran viscosidad, con una cantidad mayor de aceite de baja viscosidad, y obtener una viscosidad aceptable. Cuando realmente el aceite de baja viscosidad es inferior, se incendiará bajo uso normal a bajas temperaturas. Así, un aceite con valor alto de estas características, es un medio de evitar mezclas de inferior calidad. Afortunadamente, esto puede descubrirse fácilmente, mediante la prueba de los puntos de inflamación e ignición.

El **punto de inflamación** de un aceite es la temperatura más baja, a la cual el vapor de aceite existente sobre la superficie se inflama al ser expuesto a una flama, pero se apaga inmediatamente. Esta temperatura no es lo suficientemente alta para mantener al aceite ardiendo.

El **punto de ignición** es la temperatura a la cual un aceite arde y continúa quemándose, cuando menos durante 5 segundos, al ser expuesto a una flama.

Estos puntos se determinan utilizando el aparato que se muestra en la figura 10.6. En la taza se coloca la muestra de aceite y se calienta, mientras una pequeña flama de gas se hace pasar periódicamente sobre la superficie del aceite. Dentro del aceite hay un termómetro. La temperatura a la cual se inflama el vapor, pero se extingue inmediatamente, es el punto de inflamación. El aparato continúa calentando al aceite hasta que éste comienza a

arder en forma continua. La temperatura a la que esto ocurre, es el punto de ignición.

Las temperaturas que se tienen en un sistema normal de refrigeración, nunca alcanzan el punto de inflamación. Las pruebas se efectúan para descubrir mezclas de inferior calidad.

	Punto de Inflamación	Punto de Ignición
Viscosidad 32 (150 SSU)	arriba de 163°C	arriba de 182°C
Viscosidad 68 (300 SSU)	arriba de 171°C	arriba de 193°C

Rigidez Dieléctrica

Es la medida de la resistencia de un aceite al paso de la corriente eléctrica. Se expresa en kilovoltios (kV = miles de voltios) de electricidad requeridos para saltar una distancia de una décima (1/10) de pulgada de ancho, entre dos polos sumergidos en el aceite. En la figura 10.7, se muestra el aparato utilizado para efectuar esta prueba. En la celda se coloca el aceite y en los polos se aplica voltaje, el cual se va incrementando gradualmente, hasta que se llega a un voltaje que vence la resistencia dieléctrica del aceite, y salta una chispa de un polo a otro. El aceite debe estar a una temperatura de 25°C.

Un buen aceite para refrigeración debe tener una rigidez dieléctrica de 25 kV, o mayor, para todas las viscosidades. Este valor es importante, ya que es una medida de impurezas en el aceite tales como humedad, metales disueltos o suciedad. Si el aceite está libre de materias extrañas, tendrá un valor de rigidez dieléctrica alto. Si el



Figura 10.7 - Aparato utilizado para medir la rigidez dieléctrica de un aceite.

aceite contiene impurezas, su resistencia al paso de la corriente eléctrica será baja.

La presencia de materias extrañas en un sistema de refrigeración es, de por sí, razón suficiente para considerar esta prueba importante. Además, con el creciente uso de compresores herméticos y semiherméticos, es una absoluta necesidad que un aceite para refrigeración tenga un valor alto de rigidez dieléctrica, puesto que, un aceite con baja resistencia eléctrica, sería un factor que contribuiría a ocasionar cortos circuitos en los devanados.

Número de Neutralización

Es una medida del ácido mineral contenido en un aceite. Casi todos los aceites lubricantes contienen materiales de composición química incierta y diversa, los cuales reaccionan con sustancias alcalinas. A estas sustancias se les denomina como "ácidos orgánicos", que normalmente son inofensivos, y no deberán confundirse con los "ácidos minerales", los cuales sí son muy dañinos y corrosivos. La presencia de ácidos minerales en los aceites lubricantes, se debe a una mala refinación.

Estos ácidos son perjudiciales para la estabilidad del aceite. Su presencia en los sistemas de refrigeración es nociva, ya que corroen las partes interiores, y pueden provocar una rápida descomposición del aceite.

Si en un aceite para refrigeración hay ácidos presentes, ya sean orgánicos o minerales, estos se detectan con la prueba de número de neutralización. Un número de neutralización baja, significa que el aceite ha sido refinado adecuadamente, y que el contenido de ácidos minerales es muy bajo. De aquí que un número de neutralización bajo, significa que el aceite es altamente estable, y por lo tanto, es una propiedad deseable en un aceite para refrigeración.

El valor de número de neutralización recomendado para los aceites de refrigeración nuevos, debe ser menor de 0.05 miligramos de hidróxido de potasio por gramo de aceite (mg KOH/gr), para todas las viscosidades.

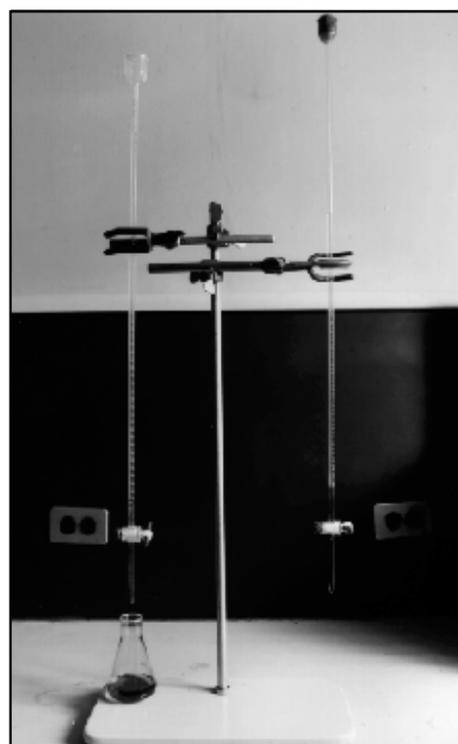


Figura 10.8 - Procedimiento para determinar el contenido de ácido en el aceite.

Carbonización

Todos los aceites para refrigeración pueden ser descompuestos por el calor. Cuando esto sucede, queda un residuo de carbón. Esta propiedad se determina con un aparato llamado "aparato de carbón Conradson".

La muestra de aceite se calienta a una temperatura tan alta, que se descompone, y los vapores arden hasta que sólo quedan residuos de carbón en el recipiente. La relación del peso del residuo de carbón, con el peso de la muestra original de aceite, multiplicado por 100, es el valor de carbón Conradson expresado en porcentaje.

Aparentemente, este valor sólo servirá para identificar el tipo de crudo del cual se obtuvo el aceite; ya que los aceites de base parafínica forman residuos de carbón duro y pegajoso. Los aceites de base nafténica formarán un carbón ligero y esponjoso, que no es tan perjudicial como el otro, pero no deja de ser un contaminante, por lo que ninguno de los dos tipos de residuos de carbón es deseable.

Está comprobado que hay una relación definida entre el residuo de carbón, y la tendencia del aceite a reaccionar con el refrigerante, formando lodos y cobrizado.

Un buen aceite para refrigeración, no deberá carbonizarse al entrar en contacto con superficies calientes en el sistema, durante su funcionamiento normal. Un buen aceite para refrigeración, deberá tener un valor bajo de carbón Conradson. El valor recomendado para todas las viscosidades es de 0.03% o menor.

Peso Específico

El peso específico, principalmente sirve para fines de obtener el peso de un litro de aceite, sin necesidad de pesarlo. También puede ser una indicación del tipo de crudo del cual fue refinado. El peso específico se determina con un hidrómetro, el cual se introduce en el aceite que previamente se tiene en una probeta grande. En la escala del hidrómetro, se lee directamente el valor del peso específico a la temperatura de la muestra. El valor real se obtiene de tablas, convirtiéndolo a la temperatura de 15°C. Los aceites que han sido derivados de diferentes tipos de crudos, poseen diferentes pesos específicos, pero esto no necesariamente tiene relación con la calidad del aceite.

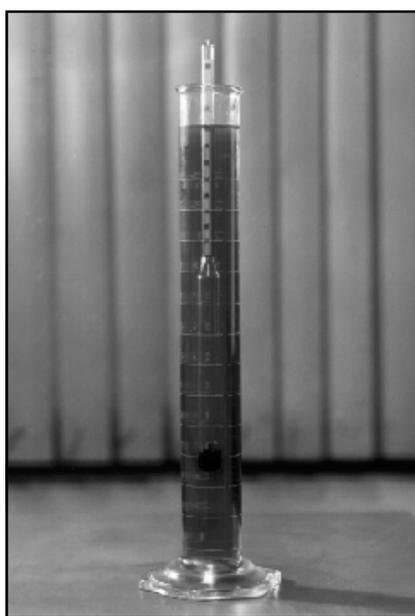


Figura 10.9 - Determinación del peso específico.

Tendencia a la Corrosión

La tendencia a la corrosión de un aceite para refrigeración, es una medida sobre la presencia de los indeseables compuestos de azufre, los cuales causan corrosión a las superficies metálicas internas.

Este valor se determina mediante la prueba de corrosión de la lámina de cobre.

Una tira de cobre pulida, de aproximadamente 1.5 x 8 cms., es sumergida en la muestra de aceite contenido en un tubo de vidrio, tal como se muestra en la figura 10.10. Este tubo se tapa y se mete a un líquido caliente o a un horno, durante tres horas a 100°C. Se saca la tira de cobre, se enjuaga con solvente, y se examina para ver si sufrió decoloración, si se manchó o esta picada, o si muestra cualquier otra evidencia de corrosión. Si el cobre está ennegrecido, es indicación de la presencia de azufre elemental o suelto. Si el cobre está definitivamente manchado o café, es indicativo de la presencia de aditivos con contenido de azufre. Si esto sucede, es indicio de que hay



Figura 10.10 - Equipo para determinar el % de azufre en el aceite mediante la corrosión de una tira de cobre.

azufre en el aceite, como consecuencia de una mala refinación. Los aceites bien refinados, no causan más que un ligero manchado del cobre en esta prueba, y no deben contener azufre en cantidades que puedan causar corrosión. El azufre sólo es nocivo para los aceites que se utilizan para refrigeración, y en presencia de humedad, forma ácidos, causando lodos y serios problemas mecánicos.

Oxidación Acelerada

La estabilidad a la oxidación es la capacidad de un aceite para refrigeración, a permanecer estable en presencia de oxígeno.

Esta prueba se realiza, con el propósito de predecir la cantidad de problemas que presentará el aceite durante la operación, relacionados con la formación de lodos o ácidos.

La combinación de aire, humedad y aceite, con las altas temperaturas del compresor, producirá ácidos y lodos. Si el aceite tiene un número alto de oxidación acelerada, es casi seguro que formará lentamente estos contaminantes.

La prueba consiste en calentar aceite a 205°C durante 2-1/2 horas, en una atmósfera de oxígeno. Los lodos formados se pesan, siendo el resultado el valor de la oxidación acelerada. El valor recomendado es menor de 20 para todas las viscosidades.

El valor de esta prueba es relativo, ya que en un buen sistema no debe haber aire ni humedad.

Humedad

Se comprende claramente que la humedad, en cualquier forma, es el principal enemigo de los sistemas de refrigeración. La humedad contribuye a formar ácidos, lodos y a congelarse dentro del sistema.

Ningún aceite para refrigeración debe contener humedad suficiente como para afectar al sistema. Un aceite debe ser tan seco, como sea posible.

La cantidad de humedad que contiene un aceite, se expresa en partes por millón (ppm). Un aceite para refrigeración cuando sale de la fábrica, normalmente tiene como máximo 30 ppm de agua. Esta cantidad puede incrementarse durante el envasado, traslado y almacenamiento, por lo que se deben tomar todo tipo de precauciones para no dejar el aceite expuesto al medio ambiente; ya que los aceites son higroscópicos. Esto significa, que tienen la habilidad de absorber la humedad del aire.

Al respecto, cabe mencionar que los aceites sintéticos a base de poliol éster (POE), son aproximadamente 10 veces más higroscópicos que los aceites minerales o de alquil benceno (AB). Los aceites de poliol éster pueden absorber hasta 2,000 ppm, mientras que los minerales absorben 200 ppm. La principal razón es, que los aceites de POE se hacen mezclando un alcohol y un ácido orgánico de éster, y el producto de esta reacción es un lubricante POE y agua. Se elimina el agua y queda el lubricante sólo, pero esta reacción es reversible; es decir, si el lubricante POE se expone a la humedad, se lleva a cabo la reacción inversa y se producen alcohol y ácido. Por esta razón, los lubricantes sintéticos de POE se envasan en recipientes metálicos (latas), bajo un sofisticado método que utiliza vacío y nitrógeno. Si se utilizan envases de plástico, con el paso del tiempo, la humedad atraviesa el plástico y se combina con el lubricante.

Una forma para detectar la humedad en aceites, es el método de Karl Fischer.

Color

El color del aceite para refrigeración se determina por medio de luz transmitida, y se expresa por un valor numérico, basado en una comparación con una serie de colores estándar. El color apropiado que debería tener un aceite para refrigeración, fue materia de discusión durante mucho tiempo. Sin embargo, el consenso general se ha inclinado más hacia los aceites de colores más claros, casi tan claros como el agua.

Si un aceite se refina en exceso, tomará un color casi tan claro como el agua, pero su cualidad lubricante será muy baja. Si no se refina lo suficiente, el aceite tendrá un color oscuro, debido al alto contenido de hidrocarburos insaturados. Por lo tanto, el aceite se debe refinar lo suficiente para eliminar estos hidrocarburos, pero no tanto como para destruir sus cualidades lubricantes.

Trabajos recientes han demostrado que los aceites de colores más claros, poseen mayor estabilidad que los oscuros, al entrar en contacto con el refrigerante de un sistema en operación.

El aceite para refrigeración de buena calidad, debe tener un valor inferior a 2.0 de color ASTM.



Figura 10.11 - Colorímetro utilizado para determinar el color ASTM.

Punto de Anilina

Esta prueba nos determina el tipo de base mineral utilizada en el aceite para refrigeración. Los valores de estos puntos son como sigue:

- Menores de 65°C : Aceites aromáticos.
- Entre 66 y 80°C : Aceites predominantemente nafténicos.
- Entre 81 y 90°C : Aceites nafténicos - parafínicos.
- Mayores de 90°C : Aceites de base parafínica.

La prueba para determinar este valor consiste en colocar en un tubo de prueba, cantidades específicas del aceite a probar y de anilina. Las sustancias dentro del tubo se calientan gradualmente, agitándolas mecánicamente, hasta que se mezclan formando una sola fase. Posteriormente, se enfría la mezcla de manera gradual, hasta que ocurre la separación en dos fases. La temperatura a la que se separan es el punto de anilina.



Figura 10.12 - Determinación del punto de anilina.

Estabilidad Térmica

Dentro de un sistema de refrigeración, las reacciones entre el aceite y el refrigerante a altas temperaturas, pueden causar problemas tales como: formación de lodos, ácidos, gomas, lacas, barnices y cobrizado. Estos depósitos afectan las válvulas de descarga, aceleran el desgaste, tapan los conductos del aceite y en los compresores herméticos, interfieren con la operación del motor.

Una prueba para evaluar la estabilidad del aceite en sistemas que operan con refrigerantes halogenados, consiste en colocar partes iguales de aceite y R-12 en un tubo de vidrio, en presencia de materiales de prueba como acero y cobre. El tubo se sella para excluir el oxígeno y la humedad atmosférica. Se coloca el tubo en un horno y se calienta. Las condiciones típicas son 175°C, durante 14 días.

Esta prueba reproduce las condiciones encontradas en un sistema de refrigeración, pero incrementa en forma drástica las condiciones que pueden causar la descomposición del aceite y el refrigerante, formando los productos ya mencionados. Esta prueba es capaz de discriminar perfectamente, entre el aceite de buena calidad y uno malo.

Bajo estas condiciones, el cobre y el acero actúan como catalizadores, acelerando la reacción. El R-12 tiende a reaccionar con el aceite para formar R-22, además de otros productos. La formación del R-22 es una guía de la reacción.

Después de 14 días, el contenido del tubo es analizado. Una medida cualitativa de la reactividad, es el color del aceite después del calentamiento: si está oscuro, es indicación de una estabilidad pobre.

Una técnica más cuantitativa, es analizar la cantidad de R-12 que se ha descompuesto. La medición del porcentaje de R-22 formado, indica qué tan lejos llegó la reacción. Mientras más R-22, mayor reacción y menos estable el aceite.

En sistemas que operan con amoníaco, se lleva a cabo una reacción diferente: el aceite puede oxidarse y formar ácidos orgánicos, los cuales pueden reaccionar con el amoníaco y formar lodos. Uno de los métodos más simples para probar la estabilidad del aceite en sistemas

de amoníaco, es calentarlo en un vaso a 115°C, durante 4 días. La medición cualitativa es el color del aceite: mientras más oscuro, menos estable.

Nota: Esta prueba de estabilidad en tubo sellado, fue desarrollada para imponer la estabilidad térmica de los refrigerantes. La industria de la refrigeración la ha adoptado en forma modificada, para determinar la estabilidad térmica de los aceites con los nuevos refrigerantes HFC.

Compatibilidad con Otros Materiales

En diferentes partes del sistema se tienen elastómeros, expuestos tanto al refrigerante como al aceite. La mezcla de refrigerante-aceite, puede causar que estos elastómeros se encojan o se hinchen, debilitándolos; no permitiendo que sellen, y aun hasta ocurra una extrusión de su posición original.

Los elastómeros, aunque se comercializan bajo ciertos nombres específicos, tales como VITON - A, BUNA - N, etc., las muestras pueden variar significativamente de un fabricante a otro; por lo que se deben correr pruebas comparativas en muestras del mismo lote.

La prueba consiste en pesar o medir una muestra del elastómero, y después sumergirla en una mezcla de aceite-refrigerante por un cierto tiempo y a una cierta temperatura. Se registra el porcentaje que cambia en peso o en dimensiones.

Los aceites sintéticos y minerales, tienen casi el mismo efecto en elastómeros y plásticos, y en general, son compatibles con la mayoría de estos materiales.

MATERIAL	% en peso ganado en 4 meses a 66°C	
	ACEITE MINERAL	ACEITE SINTETICO
Neopreno W	13	10
Nylon 6-6	-1	-1
"Mylar"	0	0
Buna N	2	0
"Vitón" A	0	0
Polipropileno	12	10

Tabla 10.13 - Efecto sobre materiales de aceites de viscosidad 32 cSt.