

LUBRICACIÓN



1

E. TORRELLA

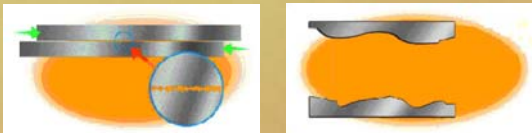
Introducción

- Se llama lubricante a toda sustancia sólida, semisólida o líquida, de origen animal, vegetal, mineral o sintético que se interponen entre dos superficies (una de las cuales o ambas se encuentran en movimiento) con el fin de disminuir la fricción y el desgaste. El propósito principal de un lubricante es la creación de una película entre las partes móviles del compresor con vistas a reducir los problemas derivados por la fricción.
- El aceite para refrigeración es un mal necesario, se necesita para la operación adecuada del compresor, pero en la mayor parte de los casos inevitablemente, acompaña al refrigerante y puede causar varios problemas en el sistema. 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 de retorno hacia este equipo.

Pag. 2

E. TORRELLA

Formación de película de lubricante



Pag. 3

E. TORRELLA

FUNCIONES DEL LUBRICANTE

- Disminución del rozamiento entre órganos móviles en compresor.
- Además
 - Refrigerar componentes. Por ejemplo, contribuye al enfriamiento del motor eléctrico en compresores herméticos y semi-herméticos.
 - Mejorar la estanqueidad.
 - En los compresores abiertos, el aceite también sirve de sellado en la empaquetadura de unión con el eje.
 - En compresores rotativos y de tornillo, el aceite forma un sello entre el rotor y las paredes internas de la cámara de compresión, para evitar cortocircuitos de vapor de refrigerante mientras está siendo comprimido (aumenta el rendimiento volumétrico).
 - Protege de la corrosión.
 - Amortigua el ruido generado por las partes móviles dentro del compresor.

Pag. 4

E. TORRELLA

Características de un lubricante

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

Propiedades de un lubricante

- Viscosidad
- Índice de viscosidad
- Punto de fluidez
- Punto de Floculación
- Puntos de Inflamación y de Ignición
- Rigidez Dieléctrica
- Número de Neutralización
- Carbonización. Residuo Conradson
- Tendencia a la corrosión
- Estabilidad a la oxidación
- Punto de anilina
- Estabilidad térmica
- Compatibilidad con otros materiales
- Formación de espuma

Viscosidad

- La viscosidad se define como la resistencia de un líquido a fluir. Esta resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido. La fricción entre moléculas genera calor; la cantidad de calor generado es también función de la viscosidad. Esto también afecta a la capacidad de estanqueidad del aceite y a su consumo.
- Los aceites se vuelven menos viscosos al aumentar la temperatura, y más viscosos a bajas temperaturas.
- La viscosidad de los aceites para refrigeración, también se ve afectada por su miscibilidad con los refrigerantes.
- Hay varias maneras y unidades para expresar la viscosidad de los fluidos, tales como:
 - Viscosidad absoluta [Poisies].
 - Viscosidad cinemática [centiStokes (cSt ó mm²/s)].
 - Viscosidad Saybolt [Segundos Saybolt Universales (SUS)].

Viscosidad. Valores recomendados

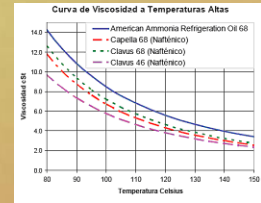
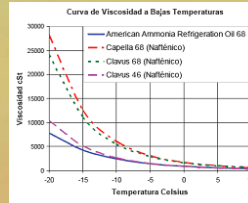
Condiciones	Fluido	Viscosidad	
		cSt	SUS
Temp. Compresor			
Normal	Todos	32	150
Alta	Halogenado	68	300
	Amoníaco	68	300
Temp. Evaporador			
Hasta -18°C	Halogenados	32	150
	Amoníaco	68	300
De -18 a -40°C	Halogenados	32	150
	Amoníaco	32	150
Menos de -40°C	Halogenados	32	150
	Amoníaco	32	150
Aire Acondicionado vehiculos			
	Halogenados	100	500
Compresores rotativos			
	Todos	100	500

Indice de viscosidad

• El índice de viscosidad es la medida de la variación de la viscosidad de un aceite en función de la temperatura. Como orientación podemos facilitar los siguientes índices de viscosidad:

- Aceites nafténicos sin aditivos 60 a 65
- Aceites parafínicos sin aditivos 90
- Aceites sintéticos sin aditivos 150
- Aceites sintéticos con aditivos 220

Viscosidad. Variación con la temperatura



Punto de fluidez

• Es la temperatura más baja a la cual fluye un aceite. Por definición, el punto de fluidez o escurrimiento es 3°C mayor que la temperatura a la cual el aceite cesará totalmente de fluir; es decir, a la temperatura de congelación del aceite. Los valores recomendados de punto de fluidez de aceites para refrigeración son:

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

Punto de floculación

- Es la temperatura a la cual un aceite empieza a formar depósitos de cera (flocular). Un buen aceite para refrigeración, no debe flocular al ser expuesto a las más bajas temperaturas de la aplicación a las que deba trabajar. De producirse formación de cera, al subir la temperatura el aceite ya no se puede reutilizar.
- Los aceites para refrigeración deben tener puntos de floculación bajos. Los valores recomendados son de -51°C o menor para aceites utilizados con HCFC y HFC.

Punto de inflamación y punto de ignición

- Estos valores son de poco significado en sistemas de refrigeración, excepto con refrigerantes como amoníaco. 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 al retirarla. 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, al menos durante 5 segundos, al ser expuesto a una flama.
- Las temperaturas que se tienen en un sistema normal de refrigeración, nunca alcanzan el punto de inflamación.

32 cSt (150 SUS)		68 cSt (300 SUS)	
P. Inflam.	P. Ignición	P. Inflam.	P. Ignición
> 163°C	> 182°C	> 171°C	> 193°C

E. TORRELLA

Pag. 13

Rigidez dieléctrica

- Es la medida de la resistencia de un aceite al paso de la corriente eléctrica. Su valor son los kilovoltios requeridos para saltar la chispa a una distancia de una décima (1/10) de pulgada de ancho, entre dos polos sumergidos en el aceite.
- Un buen aceite para refrigeración debe tener una rigidez dieléctrica de 25 kV o mayor, para todas las viscosidades.

E. TORRELLA

Pag. 14

TIPOS DE LUBRICANTES

- Minerales. Derivados del petróleo
 - Con base parafínica; constituidos por una cadena lineal saturada.
 - Con base nafténica; constituidos por una cadena cíclica saturada
 - Con base aromática; constituidos por una cadena cíclica insaturada
- Sintéticos.
 - PAO: "Poly Alpha Olefines"
 - Alkilbenzenos "Alkyl Benzene (AB)"
 - Ésteres orgánicos (POE)
 - POLI-ALQUIL-GLICOL (PAG)

E. TORRELLA

Pag. 15

Lubricantes minerales. MO

- Los aceites de base nafténica, son los más adecuados para refrigeración, por las siguientes razones.
 - Fluyen mejor a bajas temperaturas.
 - Conservan mejor su viscosidad que los aromáticos.
 - Hay menos depósitos de cera a bajas temperaturas, ya que contienen menos parafina.
 - Los depósitos de carbón formados por estos aceites son ligeros, y se eliminan fácilmente.
 - Son más estables térmica y químicamente, que los aromáticos.
 - 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. Los aromáticos, derivados del dodecil-benceno, tienden a disminuir su uso.
- El principal inconveniente que presentan los aceites minerales es que se obtienen por la destilación fraccionada del petróleo, estando formados por un conjunto de cadenas de diferente longitud (distinto número de átomos de carbono). Durante el ciclo de trabajo, las cadenas más cortas (hidrocarburos más volátiles) se vaporizan con mayor facilidad, con lo que tiende a aumentar la viscosidad del fluido restante, lo que originará una mala lubricación de la máquina; además, por efecto del trabajo de cizalladura de las partes para lubricar sobre las cadenas, éstas se rompen en fragmentos más cortos que se volatilizan con mayor facilidad.

E. TORRELLA

Pag. 16

Lubricantes sintéticos. PAO

- Son el resultado de una química del etileno que consiste en la reacción de polimerización de compuestos olefínicos. Son multigrado según la clasificación SAE para motor y cajas de cambio, y su punto de congelación es muy bajo. También son conocidos como hidrocarburos de síntesis, por ser "construidos" artificialmente con productos procedentes del crudo petrolífero. Se aplican en aceites de uso frigorífico por su propiedad de continuar fluidos a muy baja temperatura. Si los comparamos con un aceite mineral, tienen un mayor índice de viscosidad y una mejor resistencia a la oxidación.

E. TORRELLA Pag. 17

Lubricantes sintéticos. AB

- Estos aceites sintéticos contienen una cadena bencénica en su estructura y presentan, como su ventaja más característica, una notable solubilidad con los HCFC, mucho mejor que los PAO o, incluso, que los aceites minerales. Esta ventaja puede representar un inconveniente en el caso de que el aceite se almacene temporalmente en el sector de alta presión, como sucede con los compresores de tornillo, pues tienen una mala relación viscosidad/ temperatura. Existe la posibilidad de mejorar esta relación aumentando la longitud de las cadenas de los hidrocarburos, a expensas de la miscibilidad; también se han llevado a cabo formulaciones mezclando alquilbenzenos con PAO para lograr la misma finalidad.

E. TORRELLA Pag. 18

Lubricantes sintéticos. POE

- Se obtienen también por síntesis, pero no se parte de productos petrolíferos. Se generan a partir de la reacción de esterificación entre productos de origen vegetal, tales como alcoholes y ácidos grasos de origen vegetal.
- Entre sus ventajas merece destacarse:
 - Alta untuosidad, que es la capacidad de adherirse formando una capa límite continua sobre metales tales como hierro y aluminio. Elimina el tiempo de formación de película, reduciendo el desgaste producido en ese momento.
 - Poseen propiedades "autolimpiantes", ya que son capaces de evitar la formación de depósitos adheridos sobre las paredes internas.
 - Tienen también excelente resistencia a altas temperaturas
 - Poseen una alta biodegradabilidad

E. TORRELLA Pag. 19

Lubricantes sintéticos. POE (Higroscopicidad)

- Su mayor inconveniente radica en su elevada higroscopicidad, tal como se muestra sobre la figura

$\text{HCHOH} + \text{HOOC-R} \rightarrow \text{HCOO-R} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{HO(CH}_2)_n\text{OH} + \text{HOOC-R} \rightarrow \text{HO(CH}_2)_n\text{OOC-R} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{HO(CH}_2)_n\text{OH} + \text{HO(CH}_2)_m\text{OH} + \text{HOOC-R} \rightarrow \text{HO(CH}_2)_n\text{O(CH}_2)_m\text{OOC-R} + \text{H}_2\text{O}$

- En la fabricación se elimina el agua y se envasa el aceite POE presurizado con nitrógeno seco, sin embargo, dado que la reacción es reversible, en presencia de agua, contacto con la atmósfera, las moléculas del POE rompen los enlaces y se vuelve al origen: **PENTAERITRITOL + ÁCIDO DE CADENA LARGA**

Tiempo (h)	Aceite POE (ppm)	Aceite HD (ppm)
0	0	0
2	100	0
4	200	0
6	350	0
8	450	0
10	550	0
12	650	0
14	750	0
16	850	0
18	950	0
20	1000	0
22	1000	0
24	1000	0
26	1000	0
28	1000	0

E. TORRELLA Pag. 20

Lubricantes sintéticos. POLI-ALQUIL-GLICOL (PAG)

- Se emplea con los HFC y sus mezclas, es muy higroscópico, se oxida en exposición con el aire, no se puede mezclar con mineral y se debe mantener en recipientes herméticos. Se usa casi exclusivamente en automoción. Los PAG, y otros lubricantes sintéticos, son solubles o miscibles en amoníaco, lo que puede permitir la utilización de este fluido en sistemas de expansión directa (DX) con evaporadores secos.

E. TORRELLA

Pag. 21

CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Según tipo de compresor:
 - Turbocompresores; viscosidad ISO 32 a 68. Cuando se usa el término "Viscosidad ISO", se refiere a la viscosidad del aceite en cSt a 40°C (ISO 46 = 46 cSt a 40°C, ISO 150 = 150 cSt a 40°C, etc.).
 - Alternativos: viscosidad ISO 32 a 100.
 - De tornillo; aceites específicos.
- Según fluido frigorígeno:
 - En fase líquida atención a miscibilidad.
 - En fase gaseosa atención a solubilidad.
- Según las condiciones de servicio:
 - Tipo de evaporador (inundado o seco).
 - Según temperaturas de evaporación, condensación y descarga.
 - Según presiones de funcionamiento.

E. TORRELLA

Pag. 22

CRITERIOS DE SELECCIÓN

LUBRICANTE	APLICACION
ACEITES MINERALES (MO)	Con R-22 y R-717 Compresores centrífugos Con fluidos HC (R-600a: R-290)
PAO	Con R-717 (no miscible) y R-744
PAG	Con R-717 (miscible) Con fluidos HC Con R-134a en AA transporte Con R-744 (transcrítico AA transporte)
AB	Con R-22 y fluidos HC Con R-717
POE	Con R-134a, R-404A, R-507A... Con R-744 (transcrítico y subcrítico)

E. TORRELLA

Pag. 23

Las mezclas refrigerante-lubricante

- Puesto que, como se ha indicado anteriormente, el aceite sale conjuntamente con el vapor descargado por el compresor y es necesario proceder a su recuperación desde el sector de baja, será preciso que posea una viscosidad lo suficientemente baja, a la temperatura de evaporación prevista, para garantizar su retorno. Por otra parte, en el compresor sería necesario disponer de una viscosidad lo suficientemente alta para asegurar unas óptimas condiciones de lubricación. El aceite en el circuito no hace más que estorbar en los intercambiadores de calor formando películas aislantes en los mismos ó siendo un medio de transporte (especialmente con los POE) del posible contenido en agua a diferentes elementos del circuito: filtros, válvulas expansión ó capilares, etc., provocando situaciones negativas para la instalación en general.
- Además de sus características como lubricante, una de las más importantes propiedades del aceite es su capacidad para mezclarse con el refrigerante de trabajo. Un perfecto mezclado permite su paso a través del circuito y consiguiente retorno a cárter sin dar lugar a bolsas en el evaporador y condensador. Los aceites minerales son totalmente miscibles en fluidos tales como el CFC-12 en todos los rangos de temperatura y concentración, sin embargo, con fluidos HFC tales como el R-134a, debido a su alta polaridad, no son miscibles con estos lubricantes, razón por la que se han desarrollado aceites nuevos tipo POE de alta polaridad para trabajar con estos nuevos fluidos.

E. TORRELLA

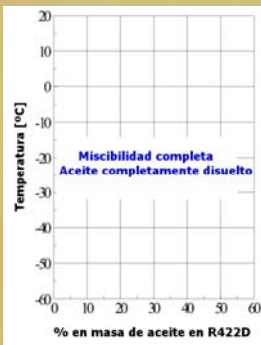
Pag. 24

Las mezclas refrigerante-lubricante. MISCIBILIDAD

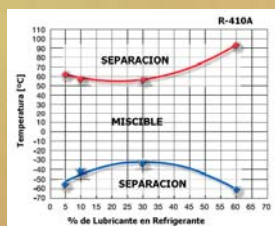
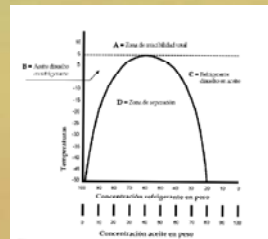
- Este concepto indica la capacidad que tienen dos o más líquidos de formar una mezcla homogénea cuando están contenidos en un mismo recipiente, es decir refleja la capacidad de un fluido para disolverse en otro. La mezcla final forma, lo que puede denominarse, una sola fase, si tomamos una muestra de cualquier punto del líquido resultante y llevamos a cabo un análisis de la misma, hallaremos la misma composición cuantitativa.
- La miscibilidad es función de:
 - Naturaleza del frigorígeno.
 - Tipo de aceite y su viscosidad.
 - De la temperatura.

MISCIBILIDAD CON FRIGORIGENO

- Total; casos de R-11, R-12, R-113, R-500; R-21.
- Parcial; casos de R-22, R-502, R-114, R-13B1, R-501, R-152a. Con lagunas a baja temperatura.
- Muy débil; casos de R-13, R-14, R-23, R-503, R-115.
- Nula; casos de R-717 (amoníaco) y R-718 (agua).



Las curvas de miscibilidad



Solubilidad de un lubricante

- El término solubilidad describe la cantidad específica de una sustancia se disuelve en otra cantidad específica de otra sustancia, en unas condiciones determinadas.
- La diferencia entre miscibilidad y solubilidad radica en el hecho de que dos fluidos miscibles forman una mezcla homogénea en cualquier proporción que se unan, en tanto que dos líquidos solubles entre sí tienen una capacidad limitada de dilución, superada la cual se produce una separación de los fluidos yendo el más pesado a la parte baja y el más ligero a la superior (también es posible la formación de lo que recibe el nombre de "lagunas" cuando se trate de dos fluidos de densidad similar). El concepto de solubilidad también puede ser expresado como "miscibilidad parcial", lo cual representa que hasta una cierta proporción hay una miscibilidad absoluta y que a partir de o hasta dicha proporción la inmiscibilidad es completa.
- Función de:
 - Naturaleza del refrigerante.
 - Tipo de aceite y su viscosidad.
 - De la temperatura.
 - De la presión (Ley de Henry; según la cual, a una temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce ese gas sobre el líquido)

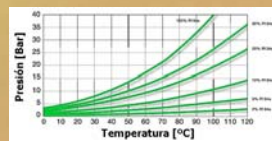
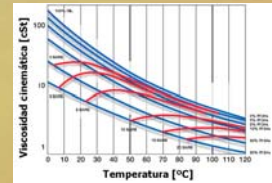
$$c = K p$$

E. TORRELLA

Pag. 29

Las curvas VPT (Viscosidad, Presión y Temperatura)

- Una consideración importante de cara a la selección de un lubricante apropiado es la de asegurar que la viscosidad del lubricante a la temperatura de descarga, después de la absorción de vapores de refrigerante. Las curvas VPT muestran las variaciones para una combinación específica lubricante - refrigerante



E. TORRELLA

Pag. 30

Migración del refrigerante

- El término migración, describe el trasvase de refrigerante debido a tres fenómenos diferentes, los cuales son:
 - En períodos de parada, causado por la diferencia de temperaturas en el circuito.
 - En períodos de parada, transporte de refrigerante hacia el aceite en su zona de acumulación (normalmente cárter)
 - Flujo de líquido refrigerante desde un componente frío situado en una cota alta, hacia un componente más caliente en cota baja.

E. TORRELLA

Pag. 31

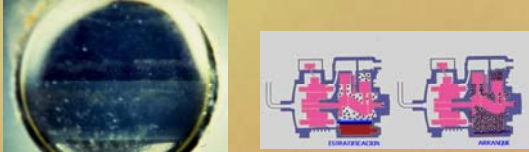
Migración del refrigerante. Absorción de refrigerante

- Consideramos aquí la difusión de vapor desde zonas ricas en refrigerante hacia aquellas que los son en lubricante, proceso que tiene lugar sin necesidad de grandes diferencias de presión. Si un lubricante es miscible con el refrigerante, para asegurar su retorno, a cualquier temperatura normal, la presión de vapor del aceite en el circuito es mucho menor que la presión de vapor del refrigerante, por lo tanto, en paradas prolongadas, como resultado de la miscibilidad del refrigerante en el lubricante, los vapores de refrigerante en contacto con un depósito de aceite son absorbidos por este.
- Cuando la cantidad de refrigerante que ha migrado no es excesiva, al arrancar el compresor, se produce un descenso en la presión en el interior de su carcasa, lo que ocasiona la formación de espuma debido a que el refrigerante abandona la mezcla, esta espuma no es más que burbujas de refrigerante encerradas en una película de aceite lubricante. Una demostración de la formación de espuma se puede observar al descorchar una botella de champagne, caliente y agitado. Ahora el gas ocluido es dióxido de carbono y el líquido vino, y vaya si se produce espuma.

E. TORRELLA

Pag. 32

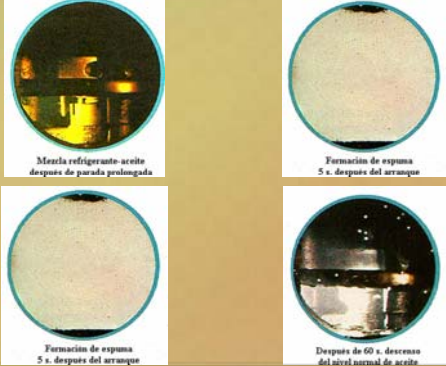
Migración del refrigerante. Absorción de refrigerante



Estratificación inicial

E. TORRELLA Pag. 33

Migración del refrigerante. Absorción de refrigerante



Mezcla refrigerante-aceite después de parada prolongada

Formación de espuma 5 s. después del arranque

Formación de espuma 5 s. después del arranque

Después de 60 s. descenso del nivel normal de aceite

E. TORRELLA Pag. 34

Absorción de refrigerante. Calentadores del cárter

- El empleo de los calentadores de cárter se hace crítico en el caso de sistemas en los que el compresor está expuesto a temperatura ambiente baja. Su necesidad también aumenta a medida que la carga de refrigerante es mayor.



E. TORRELLA Pag. 35

GOLPE DE LIQUIDO (aceite)



EFECTO RESISTENCIA ELÉCTRICA
Impide migración de líquido a cárter

EFECTO RESISTENCIA ELÉCTRICA
Funcionamiento normal
nivel de aceite adecuado

E. TORRELLA Pag. 36

Dispositivos utilizados para el retorno de aceite

- El separador de aceite. La disposición de un separador de aceite se hace necesaria en las siguientes circunstancias:
 - Cuando el compresor se halla instalado a una cota superior a la de los evaporadores, o donde la diferencia de altura entre ambos sea inferior a un metro.
 - Cuando la disposición de la instalación no permita un fácil retorno del aceite, es decir que haya embolsamiento, espira, sifones, etc., en la línea de aspiración.
 - En todas las instalaciones que trabajan con evaporador inundado o semi-inundado.
 - En instalaciones de baja temperatura, especialmente en el enfriamiento de tanques, de tipo seco o de baño.
 - Cuando el compresor se encuentra a una gran distancia del evaporador.
 - En compresores que trabajen a velocidades elevadas.

E. TORRELLA

Pag. 37

Separador de lubricante. Funcionamiento

- El refrigerante comprimido que contiene aceite en forma de neblina penetra por la abertura de entrada y pasa por una placa deflectora, cuyo diámetro es mayor que el tubo de descarga, reduciendo la velocidad del refrigerante. Al tener las partículas de aceite más impulso chocan contra la superficie de las placas deflectoras y escurren hacia el fondo; cuando el nivel de aceite sube lo suficiente para abrir la válvula de flotador, regresa al cárter. También a la salida del separador el aceite refrigerante pasa por otra serie de placas deflectoras, en la que las partículas de aceite más finas son recogidas a medida que el refrigerante se acelera hasta adquirir su velocidad primitiva.
- Aparte del mantenimiento del nivel correcto de aceite en cárter del compresor, se asegura un mayor rendimiento de la instalación al evitar la circulación del aceite.

E. TORRELLA

Pag. 38

SEPARADORES DE ACEITE



E. TORRELLA

Pag. 39

Retorno desde la zona de baja presión. Sifones



- Si es un aceite miscible con el refrigerante y la alimentación de los evaporadores tiene lugar con válvula de expansión termostática, entonces la mezcla es arrastrada a través del evaporador y, posteriormente, por la tubería de aspiración mediante la velocidad del refrigerante (es el caso del R717 con los aceites poliglicoles, los HCFC con aceites minerales y alquilbencénicos, o de los HFC con los aceites poliéster).

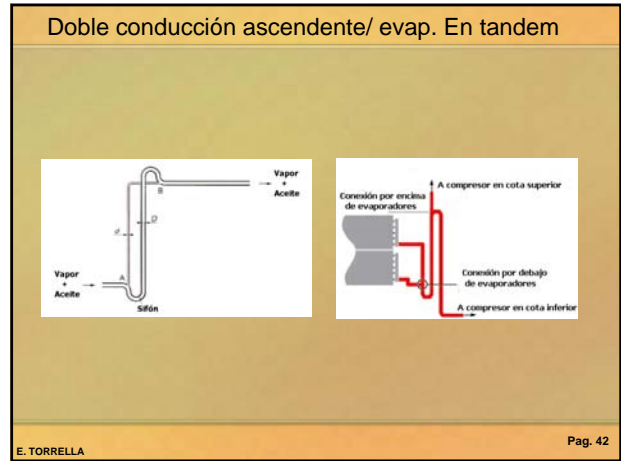
E. TORRELLA

Pag. 40

Velocidad mínima en tuberías de succión

Velocidad mínima para arrastre de aceite		
Velocidad [m/s]		
Diámetro Nominal tubería [in]	Vertical	Horizontal
1-1/8	3.6	2.7
1-3/8	4	3
1-5/8	4.3	3.2
2-1/8	5	3.7
2-5/8	5.5	4.1
3-1/8	6	4.5

Pag. 41



Recipiente anti-golpe de líquido

- Este elemento no es mas que un recipiente situado aguas arriba del compresor cuya finalidad es prevenir daños al compresor a causa de una inundación repentina de refrigerante o aceite líquidos, la cual puede llegar por la línea de succión hacia el compresor. En este acumulador de succión se retiene de forma temporal el exceso de esta mezcla de aceite y refrigerante líquidos, y posteriormente se envía en forma de vapor, a una proporción que el compresor pueda manejar de manera segura. Des este forma se evitan los golpes de líquido y la dilución excesiva del aceite del compresor.
- Debe existir una cierta cantidad de turbulencia controlada, para evitar que el acumulador de succión sirva como separador de aceite, y para que el aceite no se quede atrapado dentro de éste.

Pag. 43

Lubricantes con R-717 (AMONÍACO)

- En principio, las instalaciones tradicionales de amoníaco son lubricadas con aceites minerales o PAO con buenas propiedades en bajas temperaturas, sin embargo presentan bajas solubilidades con este refrigerante.
- Este comportamiento es conveniente con evaporadores inundados, cuando estos aceites son mas pesados que el amoníaco líquido, ya que se recogen en los puntos bajos de la zona de baja presión y pueden ser retornados al compresor

Temperatura	Lubricante	% Solubilidad
21°C	Acido-M62	2.1%
	Acido-18-Pudrales	2.6%
	Acido-Refinados	2.0%
48°C	Acido-M62	2.2%
	Acido-18-Pudrales	2.7%
	Acido-Refinados	2.8%

Pag. 44

Retorno desde la zona de baja presión



- Si se trata de una pareja que no son miscibles entre sí (como es el caso de los aceites de origen mineral y sintético con el R717), deberá procederse a la purga manual periódica del aceite acumulado en los evaporadores

Lubricantes con R-717 (AMONÍACO)

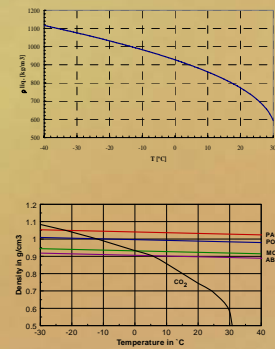
- La baja solubilidad de los lubricantes utilizados con amoníaco limita la posibilidad de utilizar este refrigerante en sistemas con evaporadores secos, razón por la que se está trabajando en la implantación de refrigerantes sintéticos. Los lubricantes PAG son solubles en amoníaco, por lo que pueden trabajar con evaporadores secos de expansión directa, con una reducción importante de la carga de refrigerante, los PAG presentan el inconveniente de su gran afinidad por el agua, la cual puede reducirse usando óxido de etileno es la cadena polimérica, generándose el denominado efecto de "solubilidad inversa", que significa que cuando mas alta es la temperatura en el lubricante, menos soluble es con el agua, con lo que si la temperatura es inferior a $60 \pm 70^\circ\text{C}$, el agua es absorbida completamente por el aceite, mientras que por encima de este rango hay separación de fases, por lo tanto, manteniendo una temperatura en descarga por encima de ese límite, se controla la humedad en el aceite. Por lo que respecta a los lubricantes tipo POE, estos reaccionan con el amoníaco formando sólidos, por lo que su uso con este refrigerante está descartado.

Lubricantes con R-744 (CO₂)

- El dióxido de carbono está siendo considerado como un fluido a tener en cuenta en las aplicaciones del frío artificial. Sin embargo, es necesario considerar algunas cuestiones específicas a la hora de seleccionar el lubricante adecuado, tales como:
- Transporte de Lubricante; para asegurar un correcto retorno del aceite al cárter del compresor, los sistemas de refrigeración disponen de recipientes como separadores..., el lubricante necesita tener alguna de estas características:
 - Una densidad mayor que la del R-744 ó
 - Una buena miscibilidad con el R-744.

Densidad de la mezcla CO₂ - Aceite

- La densidad del dióxido de carbono varía muy rápidamente con la temperatura, lo que puede dar lugar, con un lubricante de baja miscibilidad, a ciertas temperaturas que el aceite flote sobre el líquido refrigerante, mientras que a otras temperaturas se hunda. Esta propiedad también es de "inversión de fase" y puede ser problemática en términos de separación de aceite. Mientras que con lubricantes miscibles este problema se evita.

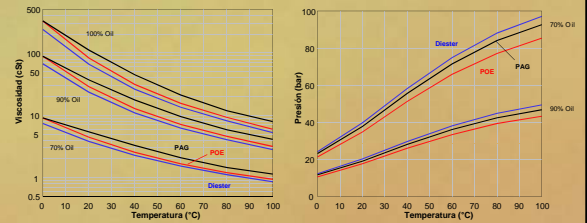


Miscibilidad del CO₂ con el aceite

- Los aceites minerales tienen una pobre miscibilidad con el dióxido de carbono, en la tabla se muestra el grado de miscibilidad de este fluido con los posibles lubricantes.
- Debido a su mejores propiedades de miscibilidad, los lubricantes del tipo POEs, diésteres y PAGs parecen más adecuados para este fluido.

Lubricante	Miscibilidad
Aceite Mineral	Inmiscible
PAO	Inmiscible
Alkyl Benzeno	Inmiscible
Esters	Miscible
PAG	Parcialmente Miscible

Miscibilidad del CO₂ con el aceite. Curvas VPT



Lubricantes con Hidrocarburos (R-600a, R-290)

- Para el caso del isobutano (R-600a) en refrigeración doméstica, los aceites minerales ISO 10 a ISO 22 son los normalmente utilizados, si bien es conveniente remarcar los problemas derivados de su alta miscibilidad, los lubricantes minerales, al ser hidrocarburos se mezclan totalmente con estos refrigerantes, ocasionando problemas de:
 - Formación de espuma
 - Excesiva dilución del lubricante con posibles problemas de lubricación.
 - Peligro de retornos de líquido lubricante a compresor
- Los problemas derivados por formación de espuma y deficiencia de lubricación pueden ser corregidos con la ayuda de aditivos antiespumantes y antidesgaste.
- Los lubricantes tipo PAG no son utilizados por la dificultad de fabricación con tan bajas viscosidades (<ISO 22), mientras que los POE también muestran buenas características, incluso con menores retornos de líquido.

BOMBA DE ACEITE

