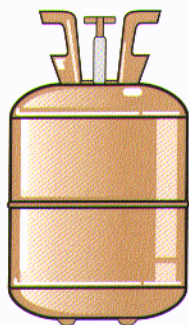


**ATOFINA**

INFORME TECNICO

Publicado por **ATOFINA Chemicals, Inc.**, Fluorochemicals, 2000 Market Street, Philadelphia, PA 19103

Forane® 409A (FX-56)

El Forane® 409A (FX-56) es una mezcla de los refrigerantes R-22, R-124 y R-142b los cuales son HCFC (Hidroclorofluorocarbonos) de bajo potencial de destrucción del ozono (ODP=Ozono Depletion Potential).

Reconversión

El Forane® 409A es un refrigerante alternativo para la reconversión de sistemas con R-12 en aplicaciones de baja y media temperatura, en donde la eliminación del aceite mineral es difícil. Estos sistemas consisten típicamente de unidades de compresores herméticos usados en transporte refrigerado, almacenaje de alimentos, sistemas de venta de refrescos, etc.

El Forane® 409A tiene una capacidad ligeramente superior a la del R-12 y la del Forane® HFC-134a en aplicaciones de baja temperatura.

Lubricación

Para las aplicaciones proyectadas, el Forane® 409A puede ser utilizado con aceite mineral, alquilbenceno o poliolester. La miscibilidad del aceite en el refrigerante es importante para un retorno adecuado de este al compresor. Debido a esto, reconversiones usando Forane® 409A generalmente no requieren cambiar el aceite lubricante. (Vea la sección de reconversión).

Carga

El Forane® 409A debe ser introducido al sistema de refrigeración o al equipo de recarga como líquido únicamente. Cargar el Forane® 409A en forma de vapor pudiera cambiar la composición de la mezcla ligeramente y afectar el rendimiento del sistema.

Siga las instrucciones de carga impresas en el cilindro. La carga aproximada de Forane® 409A para la mayoría de las aplicaciones es del 85 al 90% por peso de la carga original de R-12. Si hubiese una fuga en un cilindro o en un espacio del sistema conteniendo vapor en reposo, el fraccionamiento de la mezcla pudiera causar un cambio permanente en la composición del refrigerante.

Rendimiento

Las presiones en el evaporador, cuando se utiliza Forane® 409A, son similares a las presiones de operación con R-12. En el condensador, el Forane® 409A mostrará

presiones ligeramente más altas (alrededor de 10 a 20 psig) que con R-12.

La transferencia de calor con Forane® 409A es igual o aún mejor que con R-12, y cuando se usa Forane® 409A en evaporadores de expansión directa, es posible compensar por el deslizamiento de temperatura.

Este folleto ha sido diseñado para proveerle con una amplia descripción de las propiedades del Forane® 409A y consideraciones técnicas para ayudarlo a determinar si el Forane® 409A satisface sus necesidades y las de su equipo de refrigeración.

Forane® 409A: Propiedades Básicas

| | | | |
|---|--------|---------------------------------------|----------------------------|
| Fórmula Química: | R-22 | (CHClF ₂) | 60 wt. % |
| | R-124 | (CF ₃ CHCl ₂ F) | 25 wt. % |
| | R-142b | (CH ₃ CClF ₂) | 15 wt. % |
| Peso Molecular Promedio: | | | 97.45 |
| Punto de Burbuja a 1 atm: | | | - 29.6°F |
| Densidad del Líquido Saturado en el punto de ebullición a 80°F: | | | 76.0 lb./ft. ³ |
| Densidad del Vapor Saturado en el punto de ebullición: | | | 0.308 lb./ft. ³ |
| Temperatura Crítica: | | | 224.6°F |
| Presión Crítica: | | | 667.2 psia |
| Presión del Líquido Saturado a 80°F: | | | 106.9 psig |
| Calor Latente de Evaporación en el punto de ebullición: | | | 94.9 BTU/lb. |
| Calor Específico del Líquido a 80°F: | | | 0.301 BTU/lb. °F |
| Calor Específico del Vapor a 1 atm: | | | 0.152 BTU/lb. °F |
| Deslizamiento Máximo de Temperatura: | | | 15.2°F |
| Límites de Flamabilidad: | | | no inflamable* |
| Potencial de Destrucción del Ozono: | | | 0.05 |
| Potencial de Calentamiento Global del Halocarbono: | | | 0.3 |

*Forane 409A no propaga llamas en los tests ASTM E-681-85 a temperaturas hasta 100°C.

Definición de Términos

Debido a que el Forane® 409A es una mezcla zeotrópica, es importante que los términos punto de burbuja, punto de rocío, fraccionamiento y deslizamiento de temperatura sean comprendidos.

| R-409A (°F/°C) | |
|----------------|------------|
| Rocío | Burbuja |
| 6.3/-14.3 | -8.2/-22.3 |

| R-22 (°F/°C) | R-124 (°F/°C) | R-142b (°F/°C) |
|-----------------|------------------|-------------------|
| -20/-29.9 | 33.9/1.1 | 39.8/4.3 |

TABLA 1: Forane® 409A y temperaturas de saturación de sus componentes a 10 psig.

Punto de Burbuja (Temperatura de saturación del líquido)

Es la temperatura a la cual el Forane® 409A (a presión constante) comienza a evaporarse. En otras palabras, el punto de burbuja es la temperatura a la cual la primera burbuja de vapor aparece en el líquido. El punto de burbuja es equivalente al punto de ebullición en refrigerantes de un solo componente. De la tabla 1, a una presión de 10 psig, el punto de burbuja del Forane® 409A es -8.2°F (-22.3°C). La gráfica en la figura 1 muestra la temperatura de burbuja a varias presiones. La temperatura del punto de burbuja para 10 psig es indicada en la figura 1 como punto ①. Cuando el refrigerante Forane® 409A se encuentra a condiciones de operación a la izquierda de la línea del punto de burbuja, su condición es la de líquido subenfriado.

Punto de Rocío (Temperatura de saturación del vapor)

Es la temperatura a la cual el Forane® 409A (a presión constante) comienza a condensar. El punto de rocío corresponde a la temperatura de condensación de refrigerantes de un solo componente. Esta es también la temperatura a la cual la última gota de líquido se evapora y existe como vapor saturado. La tabla 1 lista la temperatura de rocío de Forane® 409A a 6.3°F (-14.3°C) a 10 psig. Esto es mostrado como el punto ② en la figura 1. Cuando el refrigerante se encuentra a condiciones a la derecha de esta línea, el Forane® 409A existe como un vapor sobrecalentado.

Los puntos de burbuja y de rocío son utilizados para describir el comportamiento de las mezclas zeotrópicas en el evaporador y condensador de un sistema. Referirse a su "Punto de Ebullición" no es apropiado ya que la temperatura de la mezcla cambia mientras esta se evapora o condensa.

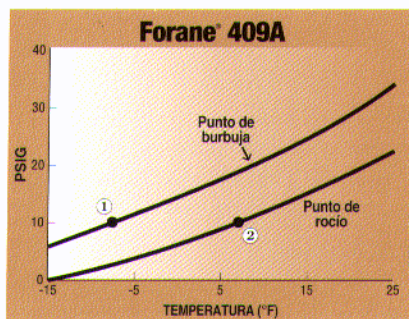


FIGURA 1: Gráfico de presión-temperatura para Forane® 409A.

Fraccionamiento

Es el cambio en la composición de una mezcla refrigerante zeotrópica cuando esta cambia de líquido a vapor (evaporación) o de vapor a líquido (condensación). Para el Forane® 409A el fraccionamiento ocurre entre sus puntos de burbuja y rocío (puntos ① y ② en la figura 1). Ya que los componentes del Forane® 409A se evaporan (o condensan) a diferentes velocidades en el evaporador (o condensador), la composición del Forane® 409A cambia constantemente entre los puntos de burbuja y rocío. Una vez que la temperatura pasa el punto de rocío (a la derecha de la línea del punto de rocío), el refrigerante se encuentra en estado de vapor sobrecalentado.

Deslizamiento de Temperatura

Es la diferencia en temperatura del refrigerante entre la entrada y la salida del evaporador (antes de que comience a sobrecalentarse) debido al fraccionamiento de la mezcla. Teóricamente, el deslizamiento puede ser calculado encontrando la diferencia de temperatura entre los puntos de burbuja y de rocío a presión constante. Mediciones en el propio equipo pueden diferir ligeramente dependiendo del estado del líquido refrigerante en la entrada o salida del evaporador (o condensador). Pérdidas de presión a lo largo del evaporador pueden también afectar el deslizamiento. Para el rango normal de presiones observadas en los sistemas de refrigeración, el Forane® 409A tiene un deslizamiento de 10 a 12°F (5.6 a 6.7°C).

Comportamiento Típico del Forane® 409A en el Evaporador

Este ejemplo describe, usando condiciones típicas, el comportamiento de una mezcla zeotrópica a medida que pasa por el evaporador y el cálculo de la "temperatura del evaporador" (temperatura promedio resultante).

① A la entrada del evaporador, el Forane® 409A se encuentra aproximadamente en estado líquido saturado. Por ejemplo, si la presión del Forane® 409A es de 11.4 psig su temperatura es de -5°F (-20.6°C). En otras palabras, la entrada del evaporador está a -5°F (-20.6°C). Este punto se encuentra sobre la línea del punto de burbuja de la curva en la figura 1 (estado de líquido saturado). La temperatura se puede encontrar también con la tabla de presión/temperatura usando la columna "presión de burbuja/líquido".

② A medida que el refrigerante absorbe calor, este se comienza a evaporar. El vapor resultante que se forma contiene mayor cantidad del componente de presión más alta (R-22). A medida de que el refrigerante líquido continúa evaporándose, este va cambiando su composición hacia los componentes menos volátiles (más R-124 y R-142b que R-22). Debido a que las composiciones del líquido y el vapor cambian, la temperaturas del punto de burbuja y de rocío del líquido remanente cambian también, causando un deslizamiento de temperatura.

③ El fraccionamiento continúa a medida que los componentes menos volátiles (R-124, R-142b) se evaporan más rápidamente conjunta-

mente con el resto del R-22. Debido al grado diferente de evaporación de los componentes de la mezcla, la composición de las fases líquidas y de vapor son distintas.

④ El Forane® 409A se ha evaporado completamente y ha regresado a su composición original. El Forane® 409A se encuentra ahora en estado de vapor saturado y su temperatura es 10°F (-12.2°C). Este punto se encuentra sobre la línea del punto de rocío de la curva en la figura 1 (estado de vapor saturado). La temperatura se puede encontrar también con la tabla de presión/temperatura usando la columna "presión de rocío/vapor". La temperatura media del evaporador en este ejemplo es $[(-5) + (10)]/2 = 2.5^\circ\text{F}$ $[(-20.6) + (-12.2)]/2 = -16.4^\circ\text{C}$. Durante el resto de su trayecto dentro del evaporador, el refrigerante comienza a sobrecalentarse (vea la figura 2).

Reconvirtiendo con Forane® 409A

La reconversión de sistemas de refrigeración usando R-12 a Forane® 409A se recomienda donde el uso de R-134a no es práctico. Los sistemas en los cuales la eliminación del aceite mineral es difícil son los mejores candidatos para reconvertir con Forane® 409A. Estos incluyen máquinas de venta de bebidas, transporte refrigerado, restaurantes y refrigeración doméstica. Todos los proyectos de reconversión deberían ser incluidos como parte de un programa total de administración de refrigerantes.

PROCEDIMIENTOS PARA LA RECONVERSION A FORANE® 409A

1. Reúna los datos de operación del sistema mientras aún usa R-12. Estos datos se utilizarán después para comparar el comportamiento del sistema al terminar la reconversión.
2. Recobre la carga de R-12.
3. La eliminación del aceite mineral no es necesaria en la mayoría de los casos. Si la miscibilidad del aceite mineral llega a ser un problema a bajas temperaturas (menos de 0°F), el retorno del aceite puede ser mejorado utilizando un mínimo de 30% de lubricante alquilbenceno añadido al aceite mineral. El Forane® 409A es totalmente miscible con los aceites lubricantes alquilbenceno o poliolester además del mineral.
4. Reemplaze los filtros secadores.
5. Evacúe el sistema usando alto vacío (mínimo de 250 micrones).
6. Cargue con Forane® 409A en estado líquido (aproximadamente 85-90% por peso de la carga original de R-12).
7. Marque apropiadamente e identifique el sistema reconvertido a Forane® 409A especificando el tipo de aceite usado.
8. Arranque el sistema y ajuste la válvula de expansión si es posible y apropiado.

Fijando la Temperatura del Sistema Cuando se usa Forane® 409A

Es importante coleccionar los datos de operación del sistema antes de la reconversión con nuevos refrigerantes tales como el Forane® 409A.

Fijando las Temperaturas del Sistema:

- Usando los datos coleccionados con R-12, determine la temperatura deseada para el evaporador y súmele 5°F (2.8°C). El número resultante es la temperatura equivalente del punto de rocío (vapor) con Forane® 409A a la salida del evaporador. Los 5°F (2.8°C) sirven para compensar por el deslizamiento a lo largo del evaporador cuando se utiliza Forane® 409A y equivalen aproximadamente a la mitad del deslizamiento.

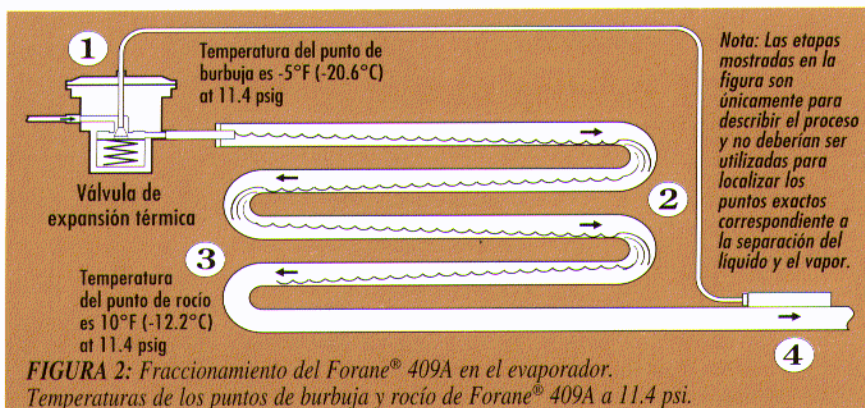
EJEMPLO: Temperatura de operación del evaporador usando R-12 es 10°F (-12.2°C)
Entonces $10^{\circ}\text{F} + 5^{\circ}\text{F} = 15^{\circ}\text{F}$ ($-12.2^{\circ}\text{C} + 2.8^{\circ}\text{C} = -9.4^{\circ}\text{C}$). La temperatura equivalente con Forane® 409A del punto de rocío (vapor) a la salida del evaporador (antes de que el refrigerante comience a sobrecalentarse, o para un sobrecalentamiento de 0°F) es entonces 15°F (-9.4°C).

- Usando la tabla de presión-temperatura del Forane® 409A (puede utilizarse la tabla de presión-temperatura de este folleto), la presión del punto de rocío a 15°F (-9.4°C) es 14.4 psig. Esta será la nueva presión de succión en el compresor.
- Note que la temperatura de vapor del Forane® 409A a la salida del evaporador es más alta que la temperatura de operación del R-12. En contraste, a la entrada del evaporador la temperatura del Forane® 409A (líquido) es más fría que la del R-12. La temperatura promedio a lo largo del evaporador es entonces para este ejemplo 10°F (-12.2°C).

Forane® 409A: Tabla de Presión-Temperatura

| Temp (°F) | Presión de Burbuja (Líquido) (psig) | Presión de Rocío (Vapor) (psig) | R-12 (psig) |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|
| -30 | 0.2 | 9.9 | 5.5 |
| -25 | 1.8 | 7.0 | 2.3 |
| -20 | 3.9 | 3.8 | 0.6 |
| -15 | 6.2 | 0.3 | 2.4 |
| -10 | 8.7 | 1.7 | 4.5 |
| -5 | 11.4 | 3.8 | 6.7 |
| 0 | 14.4 | 6.1 | 9.2 |
| 5 | 17.6 | 8.6 | 11.8 |
| 10 | 21.1 | 11.4 | 14.6 |
| 15 | 24.9 | 14.4 | 17.7 |
| 20 | 29.0 | 17.6 | 21.0 |
| 25 | 33.4 | 21.2 | 24.6 |
| 30 | 38.1 | 25.0 | 28.4 |
| 35 | 43.2 | 29.2 | 32.6 |
| 40 | 48.6 | 33.6 | 37.0 |
| 45 | 54.4 | 38.5 | 41.7 |
| 50 | 60.6 | 43.6 | 46.7 |
| 55 | 67.2 | 49.2 | 52.0 |
| 60 | 74.2 | 55.2 | 57.7 |
| 65 | 81.7 | 61.5 | 63.8 |
| 70 | 89.6 | 68.4 | 70.2 |
| 75 | 98.0 | 75.6 | 77.0 |
| 80 | 106.9 | 83.4 | 84.2 |
| 85 | 116.4 | 91.6 | 91.8 |
| 90 | 126.3 | 100.4 | 99.8 |
| 95 | 136.8 | 109.7 | 108.3 |
| 100 | 147.8 | 119.6 | 117.2 |
| 105 | 159.4 | 130.1 | 126.6 |
| 110 | 171.6 | 141.1 | 136.4 |
| 115 | 184.4 | 152.8 | 146.8 |
| 120 | 197.9 | 165.2 | 157.7 |
| 125 | 212.0 | 178.2 | 169.1 |
| 130 | 226.7 | 192.0 | 181.0 |
| 135 | 242.2 | 206.5 | 193.5 |
| 140 | 258.3 | 221.7 | 206.6 |

Números en negrilla - Pulgadas de Hg. debajo de 1 ATM



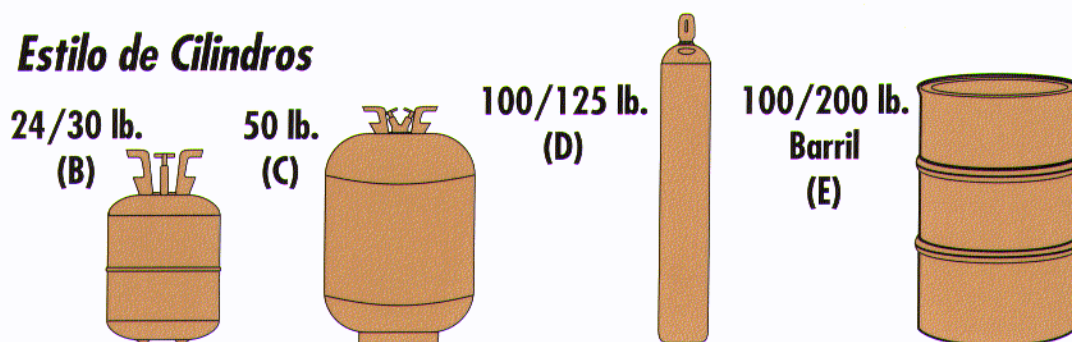
Identificación de los Cilindros de ATOFINA Chemicals, Inc.

| TIPO | COLOR | TAMAÑO NETO (LBS.) |
|----------------|-----------|--------------------|
| R-409A (FX-56) | Bronceado | 30 (B), 125 (D) |

Otros Refrigerantes (Forane®) Alternos

| TIPO | COLOR | TAMAÑO NETO (LBS.) |
|--|--------------------|-------------------------|
| R-22 (CHClF ₂) | Verde | 30 (B), 50 (C), 125 (D) |
| R-123 (CHCl ₂ CF ₃) | Gris Azulado Claro | 100 (E), 200 (E) |
| R-134a (CF ₃ CH ₂ F) | Azul Claro | 30 (B), 125 (D) |
| R-404A | Anaranjado | 24 (B), 100 (D) |
| R-408A (FX-10) | Púrpura Medio | 24 (B), 100 (D) |

Estilo de Cilindros



Para obtener
literatura adicional
llame en EUA al
1-800-343-7940

Para asistencia con
reconversiones,
llame en EUA al
1-800-RETRO 95
(1-800-738-7695)



ATOFINA