

Informe Técnico

Publicado por

ATOFINA Chemicals, Inc.

Químicos Fluorinados, 2000 Market Street, Philadelphia, PA 19103

Refrigerantes

Hemos expandido nuestra línea de refrigerantes **Forane**[®] para satisfacer las necesidades de nuestros clientes. Los refrigerantes **Forane**[®] pueden ser utilizados en cualquier aplicación que requiera enfriado o congelación, incluyendo equipos electrodomesticos, automóviles, construcción., procesamiento de comida, refrigeración industrial, supermercados y transportes refrigerados.

Todos los refrigerantes **Forane**[®] tienen un índice bajo de destrucción del ozono, han sido aprobados por UL y, en algunos casos, suponen casi un reemplazo directo que simplifica las reconversiones lo más posible.

Aquí le proveemos información para ayudarlo a seleccionar el producto adecuado para su aplicación, con instrucciones detalladas referentes a como utilizarlo. Usted puede comparar los datos de presión/temperatura para los CFC y los refrigerantes que los reemplazan. También puede examinar las propiedades básicas de nuestros productos.

Forane[®] 134a

El **Forane**[®] R-134a es un refrigerante HFC de cero potencial de destrucción del ozono y con propiedades muy similares al R-12. Es utilizado como un refrigerante puro en las aplicaciones que tradicionalmente usaban R-12 y como componente en mezclas de refrigerantes diseñadas para sustituir R-502 y R-22.

Los fabricantes de compresores y sistemas ya tienen disponibles equipos que han sido diseñados específicamente para el R-134a. Pruebas de laboratorio y en el campo también han confirmado que el R-134a funciona bien como un sustituto para reconversiones en sistemas que usan R-12 y R-500.

Sistemas Nuevos

Algunas de las aplicaciones en las cuales se ha completado exitosamente la transición del R-12 al R-134a incluyen: aire acondicionado para automóviles, sistemas especializados de aire acondicionado o climatización, enfriadores (chillers) centrífugos de presión positiva, refrigeración comercial de temperatura media, gabinetes de refrigeración, plantas de refrigeración y transportes refrigerados.

Reconversiones

En gran cantidad de aplicaciones, el R-134a se ha manifestado como un refrigerante apropiado para reconversiones de equipo diseñado para el R-12. Ejemplos de este tipo de equipo incluyen enfriadores (chillers) centrífugos, refrigeración comercial con compresores semi-herméticos, de tornillo o reciprocantes, refrigeración industrial, aire acondicionado de automóviles y algunos sistemas con refrigerantes herméticos. Vea la sección de reconversiones para mayor información y otras consideraciones.

Esta sección ha sido diseñada para proveerle con un amplio historial de propiedades y consideraciones técnicas y para ayudarlo a determinar si el **Forane**[®] 134a satisface sus requerimientos en las áreas de aire acondicionado y refrigeración.

Rendimiento del *Forane*[®] 134a en Equipo Nuevo

Lubricación

Lubricación es una consideración importante en todas las aplicaciones del R-134a.

- Miscibilidad entre el refrigerante y el aceite es crítica para la mayor partes de los equipos. La miscibilidad es necesaria para asegurar el retorno de aceite al compresor.
- El R-134a no es miscible con aceites minerales. Lubricantes del tipo polyolester (POE) y Glicoles polyalkalinos (PAG) son recomendados por los fabricantes de equipo para usar con el R-134a.
- Los lubricantes POE y PAG son hygroscópicos y absorben rápidamente la humedad del ambiente. Por ello deben ser manejados con cuidado para minimizar su exposición prolongada al aire ambiental.
- Generalmente, los equipos nuevos son despachados por el fabricante ya con el lubricante adecuado previamente cargado en ellos. Siempre siga las recomendaciones del fabricante del equipo.

Rendimiento del Sistema

Climatización

- Existen enfriadores (chillers) y equipos de aire acondicionado que ya están siendo diseñados especialmente para R-134a. Estos equipos ofrecen eficiencias equivalentes al R-12.
- Hay fabricantes de sistemas de aire acondicionado para automóviles y de enfriadores de presión positiva que ya tienen equipo disponible para usar R-134a.

Refrigeración

Baja Temperatura: A temperaturas bajas del evaporador (por debajo de 24 °F), la relación de presión del R-134a sube en relación al R-12, y su capacidad se reduce significativamente. Chequee con el fabricante del equipo para saber que recomendaciones específicas existen para el uso de su equipo con R-134a a bajas temperaturas.

Media/alta Temperatura:

- El R-134a puede ser utilizado en la mayor parte de las aplicaciones del R-12 a temperaturas media y alta.
- Un análisis teórico del ciclo ideal usando las propiedades termodinámicas del R-134a muestra una ligera reducción en la capacidad y eficiencia. Cuando se introducen ciertas mejoras como, por ejemplo, el subenfriado del líquido en los cálculos, el rendimiento del R-134a llega a ser comparable al del R-12. Los fabricantes de equipos están utilizando este tipo de cambios en sus nuevos diseños.

Reconversiones con *Forane*® 134a

Cuando se reconvierten sistemas de R-12 se están reconvirtiendo al R-134a, es necesario reemplazar el lubricante con aceite POE, o en el caso de sistemas de aire acondicionado de automóviles con aceite PAG (ver la sección de conversiones de sistemas de aire acondicionado de automóviles). En la mayor parte de los casos, los niveles residuales de los aceites minerales o alquilbenzenos deben estar por debajo del 5%. Debe chequear con el fabricante del equipo para determinar si existen otras recomendaciones específicas para el sistema en referencia al tipo de aceite y su cambio. El método más popular hoy en día para cambiar el aceite, consiste en remover la mayor parte posible del aceite del sistema, reemplazar con aceite POE y hacer funcionar el sistema con R-12 durante cierto tiempo. Este proceso se repite hasta que el residuo de aceite es el buscado. En ese punto se cambia el aceite, refrigerante y los filtros secadores por última vez.

Reconversiones

Enfriadores Centrífugos: Los enfriadores de R-12 que han sido reconvertidos a R-134a generalmente sufren una disminución de su capacidad y eficiencia si no se le hacen ningún tipo de cambios al equipo. Los fabricantes de enfriadores proveen recomendaciones de ingeniería y kits de conversiones para asegurar la operación óptima de sus sistemas.

Aire Acondicionado de Automóviles: El R-134a es el único refrigerante alternativo aprobado por fabricantes de automóviles y organizaciones de técnicos de servicio para reconversión de sistemas de aire

acondicionado.

Algunos fabricantes de equipo recomiendan que el aceite mineral original se deje en el sistema y que una carga adicional de aceite PAG (ó POE) se agregue al sistema para asegurar el retorno de aceite. Esto hace que las reconversiones con R-134a sean rápidas y fáciles. Vea las recomendaciones específicas de los fabricantes de equipo en lo referente a compatibilidad de materiales y otros detalles.

Refrigeración

Los sistemas mayores de refrigeración pueden ser reconvertidos fácilmente y con éxito, teniendo en consideración los siguientes puntos:

- Remueva el aceite mineral dejando no más del 5% de residuo.
- Chequee la compatibilidad de los materiales con el R-134a y reemplace cualquier material que pudiese causar pérdidas de refrigerante.
- Evalúe la aplicabilidad del R-134a en lo referente al rendimiento para confirmar que puede ser utilizado en el rango de temperatura deseado.

Refrigeración (Sistemas Herméticos)

Debido a las dificultades asociadas en la eliminación del aceite mineral de un sistema hermético, se recomienda que el R-134a no sea utilizado para este tipo de reconversiones. En su lugar, se recomienda que se use el **Forane**[®] R-409A el cual puede ser usado directamente con el aceite mineral presente en el sistema (vea la sección referente al **Forane**[®] R-409A en este folleto).

Forane[®] 404A

El **Forane**[®] R-404A es una mezcla casi azeotrópica de refrigerantes HFC-125, HFC-143a y R-134a con un índice de destrucción del ozono igual a cero. El R-404A fue formulado para emular las propiedades del R-502, haciendolo útil para una gran cantidad de aplicaciones a media y baja temperatura.

Sistemas Nuevos

El R-404A ha sido aprobado por la mayor parte de fabricantes de compresores y

equipos de refrigeración para ser usado en sistemas nuevos. Algunas de las aplicaciones para las cuales existe equipo disponible para usarse con R-404A incluyen la refrigeración de mostradores de comida, cajas de almacenaje, cuartos frigoríficos, máquinas de hielo, transporte, procesamiento de alimentos, etc.

Reconversiones

El **Forane**[®] R-404A puede ser utilizado para reconvertir equipo que trabaja con R-502. Las propiedades físicas y de refrigeración del R-404A le permiten comportarse muy similarmente al R-502 en el caso de una reconversión. A pesar de estas similitudes, el R-404A no debe ser utilizado como un reemplazo directo en sistemas de R-502. Vea la sección de reconversiones para obtener mayor información al respecto.

Consideraciones para el Uso de Mezclas Casi Azeotrópicas

Los refrigerantes comúnmente usados hasta ahora tienen un solo componente o son mezclas azeotrópicas, las cuales se comportan como si fueran refrigerantes de un solo componente cuando se usan en sistemas de refrigeración. Las mezclas casi-azeotrópicas, como por ejemplo el **Forane**[®] 404A, se van a comportar casi como azeotropos, tal como el R-502, para todos los propósitos prácticos.

El deslizamiento de temperatura del R-404A es de menos de 1.5 °F. En la mayor parte de los sistemas, este deslizamiento es tan pequeño que pasa desapercibido cuando se compara a las diferencias de temperatura debido a la pérdida de presión en el sistema. El efecto del deslizamiento debido al R-404A en el rendimiento del equipo es documentado ampliamente por los fabricantes de equipo.

El R-404A no va a cambiar de composición significativamente debido a fraccionamiento, pero va a existir una pequeña diferencia entre las composiciones de las fases líquidas y de vapor en equilibrio, como por ejemplo dentro de un cilindro. Debido a esto, el **Forane**[®] 404A debe ser removido en forma de líquido de los cilindros cuando se está cargando refrigerante a un sistema. En aquellas situaciones en las cuales normalmente se carga con vapor se debe instalar una válvula en la línea de carga para “vaporizar” el líquido durante el proceso.

Nuestras pruebas muestran que la mayor parte de las pérdidas de refrigerante no suponen un problema en lo referente a la composición del refrigerante que queda en el sistema. Rellene normalmente al nivel adecuado de carga, tal como lo haría con R-502.

Uso del **Forane**[®] 404A en Sistemas Nuevos de Refrigeración

Rendimiento

En instalaciones nuevas, el proceso para determinar el tamaño de las líneas de refrigeración y para seleccionar el compresor u otros componentes del sistema es el mismo que con R-502. La capacidad del compresor, el tamaño de las líneas, etc. deben ser seleccionados en base a las necesidades del sistema que se está instalando. En base a la experiencia recopilada hasta ahora en instalaciones con R-404A, no existe una reducción en el rendimiento de los sistemas comparativamente con lo que se esperaba con R-502.

Lubricación

El R-404A requiere aceite polyolester (POE) para poder asegurar que exista miscibilidad entre el refrigerante y el aceite. La miscibilidad es importante para el retorno de aceite al compresor, especialmente en sistemas con grandes extensiones de tuberías. Los fabricantes de equipo proveen el aceite ya cargado en los sistemas, o recomendaciones específicas referente al tipo y marca de aceite que ha de usarse para instalaciones en el campo.

Compatibilidad de Materiales

Los equipos fabricados nuevos para R-404A se hacen con materiales compatibles con este refrigerante. Siga las recomendaciones del fabricante del equipo en lo que se refiere a otros materiales que van a ser instalados en el campo. La mayor parte de los filtros/secadores nuevos, mirillas y otros componentes deberían ser ya aprobados para uso con refrigerantes HFC.

Consideraciones para el Uso del *Forane*[®] 404A para Reconvertir Sistemas de R-502

Todos los proyectos de reconversión deberían formar parte de un plan general de manejo de refrigerantes. El *Forane*[®] 404A puede ser utilizado en reconversiones de sistemas de R-502 siempre y cuando se tengan en cuenta las siguientes consideraciones:

Lubricación

El R-404A no es miscible con los aceites normalmente usados con el R-502. Por lo tanto, estos aceites deben ser reemplazados por un lubricante de tipo POE teniendo cuidado de remover la mayor parte del aceite original, no dejando más de un 5% residual. Dejar mayor cantidad de aceite residual puede causar ineficiencias en el sistema o la formación de cera.

Válvula de Descarga de Presión

Debido a las mayores presiones de operación asociadas con el uso del **Forane**[®] 404A con respecto al R-502, los fabricantes del equipo deben ser consultados para determinar si existe algún tipo de información específica en lo que refiere a la modificación, o instalación de válvulas de descarga de presión, o para cualquier otro tipo de requerimiento.

Forane[®] 407C

El **Forane**[®] 407C es una mezcla de refrigerantes HFC R-32, R-125 y R-134a con un índice de destrucción del ozono igual a cero. Ha sido diseñada para simular cercanamente las propiedades del R-22, y va a ser utilizada en un número de aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración en equipo nuevo o como fluido para reconversiones. Esta sección ha sido diseñada para proveerle con un amplio historial de propiedades y consideraciones técnicas y para ayudarlo a determinar si el **Forane**[®] 407C satisface sus requerimientos en las áreas de aire acondicionado y refrigeración.

Sistemas Nuevos

Algunas de las aplicaciones incluyen equipo residencial u otro tipo de equipo unitario para aire acondicionado, enfriadores (chillers) con evaporadores de tipo “no inundado”, refrigeración comercial, etc. Ya que el R-407C tiene propiedades similares a las del R-22, va a ser posible (con pocas modificaciones) usar esta mezcla en equipo diseñado para ser usado con R-22.

Reconversiones

El R-407C también puede ser usado para reconvertir unidades que usan R-22 en el presente. Pero se debe tener cuidado ya que el R-407C no puede ser usado como un reemplazo directo. Además, esta mezcla no debe ser usada en enfriadores (chillers) u otros equipos que usan un evaporador de tipo “inundado” ya que alto deslizamiento de temperatura (de 9 a 12 °F) y la tendencia de la mezcla a fraccionar en estas condiciones dentro del sistema. (Vea la sección de definición de términos bajo la información del R-409A para mayor información)

Lubricación

Los refrigerantes HFC, componentes del R-407C, no son compatibles con los aceites minerales o alkylbenzenos presentes en la mayor parte de los sistemas de R-22. Por lo tanto, lubricantes polyolesters (POE) deben ser utilizados con el R-407C. Cuando se esté haciendo una reconversión, será necesario hacer una limpieza del sistema para eliminar el aceite original y reducirlo a menos del 5%. El equipo nuevo para R-407C se cargará con el lubricante adecuado según recomendación del fabricante y estará así

listo para ser usado con R-407C.

Carga del Refrigerante

Si ocurriese una fuga de refrigerante de un cilindro, o de la parte de vapor de un sistema que no esté en funcionamiento, la mezcla puede cambiar permanentemente de composición debido al fraccionamiento de sus componentes. Por esta razón, el R-407C debería ser descargado de los cilindros en forma líquida únicamente. En aquellas situaciones en las cuales sólo se puede introducir vapor de refrigerante al sistema, se debería instalar un válvula en la línea de carga para evaporar el refrigerante líquido sacado del cilindro antes de que este entre al sistema. (Siga las instrucciones impresas en el cilindro).

Reconversiones con *Forane*[®] 407C

A pesar de que las propiedades del R-407C y el R-22 son bastante similares, el R-407C no puede ser utilizado en todas las aplicaciones del R-22. Se recomienda que sólo equipos de desplazamiento positivo, de expansión directa y de aire acondicionado sean reconvertidos con R-407C. En todos los casos, el aceite mineral o alkylbenzeno deben ser eliminados del sistema y reemplazados con el aceite POE adecuado. Consulte las recomendaciones del fabricante en caso de que existan consideraciones adicionales.

Procedimiento de Reconversión

- 1.- Recopile información básica del sistema que usa R-22.
- 2.- Recupere la carga de R-22.
- 3.- Vacíe el aceite original del sistema y recargue con un aceite POE aprobado para la aplicación.
- 4.- Recargue el sistema con R-22 y haga funcionar el sistema por unas horas para que el aceite nuevo puede empezar a circular.
- 5.- Recupere nuevamente el R-22 y compruebe la cantidad de aceite mineral residual. El residuo en el aceite POE debería ser menor del 5%.
- 6.- Repita los pasos 3, 4 y 5 hasta que el nivel de aceite POE sea 95% o mayor. Una vez que se llegue a este punto haga el mantenimiento estándar del sistema, como, por ejemplo, el reemplazo del filtro/secador, reparación de fugas de refrigerante, etc.
- 7.- Evacúe el sistema usando una bomba de alto vacío a un nivel de 500 micrones o menor.

8.- Recargue el sistema con R-407C. Asegúrese de cargar el refrigerante en forma líquida.

9.- Encienda el sistema y ajuste los controles y/o la carga hasta que el sistema funcione de forma adecuada. Identifique visiblemente el sistema indicando que este contiene R-407C y aceite POE.

Forane[®] 408A

El **Forane[®] 408A** es una mezcla casi-azeotrópica de refrigerantes HCFC-22 (un Hidroclorofluorocarbono) y de HFC-125 y HFC-143a (Hidrofluorocarbonos) de bajo potencial de destrucción del ozono. El **Forane[®] 408A** ha sido añadido a la familia de refrigerantes **Forane[®]** para proveer una solución conveniente y práctica para la conversión de los sistemas de refrigeración de media y baja temperatura que hoy en día utilizan R-502 y aceites minerales o alquilbencenos.

Use el Forane[®] 408A Para Reconvertir Sistemas de R-502

El **Forane[®] 408A** puede ser usado para reconvertir la mayoría de los sistemas existentes de R-502. El **Forane[®] 408A** ha sido diseñado para simular las propiedades físicas y refrigerantes del R-502 ya que el equipo a reconvertirse fue diseñado para usar R-502. El **Forane[®] 408A** no debe ser mezclado con el R-502 o utilizado para rellenar sistemas conteniendo R-502. (Vea la sección de Reconversiones para otras consideraciones adicionales).

Use el Forane[®] 404A Para Sistemas Nuevos de Baja y Media Temperaturas

El **Forane[®] 408A** no se recomienda para uso en equipos nuevos. Los sistemas de refrigeración que fueron previamente diseñados para usar R-502, ahora están siendo diseñados para usar una mezcla alternativa de refrigerantes HFC de largo plazo: el **Forane[®] 404A**.

Los fabricantes de equipos ya están produciendo compresores y sistemas de refrigeración compatibles con **Forane[®] 404A** disponibles para usarse en equipos de venta de alimentos fríos, cajas de almacenaje, cuartos frigoríficos, máquinas de helados, transporte refrigerado, refrigeración para procesos de manufactura, etc.

Esta sección ha sido diseñada para proveerle con un amplio historial de propiedades y consideraciones técnicas y para ayudarlo a usar el **Forane[®] 408A** en sus requerimientos en el área de refrigeración.

Consideraciones Para el Uso de Mezclas Casi Azeotrópicas

Los refrigerantes comúnmente usados hasta ahora tienen un solo componente o son mezclas azeotrópicas, las cuales se comportan como si fueran refrigerantes de un solo componente cuando se usan en sistemas de refrigeración. Las mezclas casi-azeotrópicas, como por ejemplo el **Forane**[®] 408A, se van a comportar casi como azeotropos, tal como el R-502, para todos los propósitos prácticos.

- El deslizamiento de temperatura del **Forane**[®] 408A en el evaporador es de menos de 1.0 °F. Este deslizamiento usualmente no se nota cuando se compara, por ejemplo, a los cambios normales de temperatura debido a las caídas de presión a lo largo de las tuberías. Los fabricantes de equipos, en general, no han indicado ninguna consideración especial para usar mezclas con deslizamiento mínimos de temperatura en aplicaciones normales de reconversión.
- El **Forane**[®] 408A no cambia significativamente en composición debido al fraccionamiento dentro del sistema. Sin embargo, existe una pequeña diferencia en la composición del refrigerante en estado de vapor cuando está en equilibrio con el refrigerante en estado líquido, tal y como sucede dentro de un cilindro. El **Forane**[®] 408A debe, por lo tanto, ser cargado desde los cilindros en los sistemas de refrigeración o equipos de recarga en estado líquido únicamente.

Consideraciones Para la Reconversión a Forane[®] 408A de Sistemas con R-502

Todos los proyectos de reconversión deben ser incluidos como parte de un programa completo de administración de refrigerantes. El **Forane**[®] 408A puede usarse en la mayoría de las instalaciones que ahoran usan R-502, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Rendimiento

En la mayoría de las aplicaciones, la capacidad y eficiencia de los sistemas usando **Forane**[®] 408A son ligeramente más altas que con R-502. El compresor, las tuberías y otros componentes no necesitan ser cambiados o modificados y se comportarán similarmente a como lo hicieron con el R-502.

Lubricación

El **Forane**[®] 408A puede ser usado con aceite mineral, alquilbenceno o poliolester. Los sistemas que operan con R-502 y aceite mineral y muestran un retorno adecuado del

aceite al compresor pueden continuar usando aceite mineral con **Forane**[®] 408A. Los aceites alquilbencenos o poliolesteres pueden usarse por si solos o en combinación con aceite mineral para mejorar su miscibilidad y retorno al compresor. Siempre consulte las recomendaciones del fabricante del equipo original para indicaciones adicionales.

Compatibilidad con los Materiales

Consulte la información y literatura publicada por ATOFINA
Chemicals, Inc. referente a reconversiones y obtenga recomendaciones de los fabricantes de equipo sobre la compatibilidad de materiales con el **Forane**[®] 408A. Reemplace cualquier material que no sea aceptable para el uso con el **Forane**[®] 408A. Generalmente, los materiales que son compatibles con R-22 y, por lo tanto, R-502, pueden ser utilizados con el **Forane**[®] 408A.

Procedimiento de Reconversión

- 1.- Reúna los datos de operación del sistema que aún está usando R-502.
- 2.- Chequee el sistema por fugas para identificar si son necesarias reparaciones.
- 3.- Recupere la carga existente de R-502.
- 4.- Si es necesario, elimine el aceite mineral y reemplácelo con alquilbenceno o poliolester.
- 5.- Reemplace los filtros secadores.
- 6.- Evacue el sistema usando alto vacío (mínimo de 250 micrones)
- 7.- Cargue el sistema con **Forane**[®] 408A en la fase líquida. (Aproximadamente, la carga deberá ser igual al 85-90% por peso de la carga de R-502).
- 8.- Marque apropiadamente e identifique el sistema reconvertido a **Forane**[®] 408A, especificando el tipo de aceite usado.
- 9.- Arranque el sistema y ajuste la válvula de expansión, si es posible y necesario.

Forane[®] 409A

El **Forane**[®] 409A 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.

Reconversion

El **Forane**[®] 409A es un refrigerante alternativo para la reconversión de sistemas de R-12 en aplicaciones de baja y media temperatura. Estos sistemas consisten típicamente en unidades de compresores herméticos o semiherméticos 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 éste al compresor. Por eso, reconversiones usando **Forane**[®] 409A generalmente no requieren cambiar el aceite lubricante. (Vea la sección de reconversión con R-409A).

Carga del Refrigerante

Si hubiese una fuga en un cilindro o en un espacio del sistema conteniendo vapor en reposo, el fraccionamiento de la mezcla podría causar un cambio permanente en la composición del refrigerante.

Por esta razón, el **Forane**[®] 409A debe de sacarse del cilindro en forma de líquido durante cualquier operación de carga. En aquellas situaciones en las cuales sólo refrigerante en forma de vapor puede ser introducido al sistema, se debe instalar una válvula en la línea de carga desde el cilindro para poder vaporizar el líquido.

Las pruebas de laboratorio han mostrado que, en el caso de sistemas en descanso, se pueden aceptar de 4 a 5 fugas de 20% del refrigerante en forma de vapor y subsecuentes recargas antes de que el rendimiento del sistema quede afectado adversamente. Fugas de un sistema en funcionamiento o de refrigerante en forma de líquido, no deben constituir un problema y el sistema puede ser rellenado sin consecuencias.

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.

Rendimiento

Las presiones en el evaporador, cuando se utiliza **Forane**[®] 409A, son similares a las presiones de operación con R-12. En el condensador, las presiones serán 15 a 25 psig más altas que con R-12.

La transferencia de calor con **Forane**[®] 409A es igual o aún mejor que con R-12. El deslizamiento de temperatura observado con **Forane**[®] 409A no constituye un problema en la mayoría de los evaporadores de expansión directa. (ver figura 2)

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

Mezclas Zeotrópicas: Definición de Términos

Debido a que el **Forane**[®] 409A y el R-407C son mezclas zeotrópicas, es importante que se comprendan los términos punto de burbuja, punto de rocío, fraccionamiento y deslizamiento de temperatura:

R-409A (°F/°C)		R-22 (°F/°C)	R-124 (°F/°C)	R-142b (°F/°C)
Rocío	Burbuja			
6.3/-14.3	-8.2/-22.3	-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 una mezcla zeotrópica, como **Forane**[®] 409A o R-407C (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). El gráfico de la figura 1 muestra la temperatura de burbuja a varias presiones. La temperatura del punto de burbuja para 10 psig se indica en la figura 1 como punto ①. Cuando el refrigerante **Forane**[®] 409A se encuentra en 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 la mezcla zeotrópica (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 se muestra en 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 ésta se evapora o condensa.

Fraccionamiento

Es el cambio en la composición de una mezcla 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).

Fijando las Temperaturas del Sistema Cuando se Usa Forane[®] 409A

Es importante recopilar los datos de operación del sistema antes de la reconversión con nuevos refrigerantes tal como el **Forane**[®] 409A.

Fijando las Temperaturas del Sistema

- Usando los datos colectados 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 $10\text{ °F} + 5\text{ °F} = 15\text{ °F}$ ($-12.2\text{ °C} + 2.8\text{ °C} = -9.4\text{ °C}$). 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.

- 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 15.3 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).

Comportamiento Típico del Forane[®] 409A en el Evaporador

Este ejemplo describe las condiciones típicas para obtener una temperatura promedio en el evaporador de -10 °F/ -23.3 °C. (ver la figura 2)

- ① A la entrada de la válvula de expansión, el **Forane**[®] 409A se encuentra aproximadamente en estado líquido saturado. Por ejemplo, si la presión del **Forane**[®] 409A es de 15 psig su temperatura es de 0 °F (-17.7 °C). En otras palabras, la entrada del evaporador está a -5 °F (-20.6 °C). Típicamente, la temperatura de entrada del refrigerante al evaporador es unos grados por encima de la temperatura de saturación.
- ② A medida que la temperatura del refrigerante aumenta, éste se comienza a evaporar. El vapor resultante que se forma contiene mayor cantidad del

componente de presión más alta (R-22). A medida que el refrigerante líquido continúa evaporándose, éste 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, las 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 conjuntamente con el resto del R-22. El vapor del **Forane**[®] 409A a 15 psi se encuentra a 15 °F (-26.1 °C)
- 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 la válvula de expansión controla normalmente. La temperatura media del evaporador en este ejemplo es -10 °F/ -23.3 °C). Durante el resto de su trayecto dentro del evaporador, el refrigerante comienza a sobrecalentarse.

Reconvirtiendo con **Forane**[®] 409A

La reconversión de sistemas de refrigeración con 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 deben ser incluidos como parte de un programa integral de administración de refrigerantes.

Procedimientos para la Reconversión a **Forane**[®] 409A

- 1.- Reúna los datos de operación del sistema mientras aún usa R-12.
- 2.- Recupere 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/-17.7 °C), 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.
- 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.

- 8.- Arranque el sistema y ajuste la válvula de expansión para obtener el sobrecalentamiento recomendado si es posible.

Forane[®] R-410A

Forane[®] R-410A es un refrigerante con cero índice de destrucción del ozono, diseñado para reemplazar al HCFC-22 en una variedad de equipos nuevos. **Forane[®] R-410A** es una mezcla casi azeotrópica compuesta de los HFC R-32 y R-125.

Sistemas Nuevos

Forane[®] R-410A es un refrigerante de reemplazo para el HCFC-22 en equipos nuevos. Un gran número de fabricantes de equipos de refrigeración y aire acondicionado ya tienen sistemas diseñados específicamente para R-410A. Ejemplos de aplicaciones donde se utiliza el R-410A incluyen: aire acondicionado residencial, refrigeración comercial, enfriadores (chillers), etc.

Reconversiones

Debido a las mayores capacidades y presiones de descarga, el R-410A no se recomienda como un refrigerante para reconversiones de equipo usando R-22. El sistema usando R-22 tendría que ser modificado obligatoriamente para aceptar al R-410A. Algunos de los cambios necesarios serían las válvulas de expansión, el compresor, el condensador y otros componentes en ambas, las partes de alta y baja presión. En aquellas circunstancias en las que una reconversión fuese necesaria, el **Forane[®] R-407C** sería el refrigerante recomendado dada su similitud al R-22.

Lubricación

El **Forane[®] R-410A**, al igual que otros refrigerantes HFC, requiere el uso de aceites polyolester (POE) para asegurar que haya suficiente miscibilidad entre el aceite y el refrigerante. Los fabricantes de equipo para R-410A, suministran el aceite adecuado ya cargado en el equipo.

Rendimiento

En instalaciones nuevas, en equipo con la cantidad de carga adecuada y con tuberías de tamaño apropiado, etc., el **Forane[®] R-410A** ha demostrado tener un EER (siglas en inglés de Clasificación de Eficiencia de Energía -Energy Efficiency Rating-) del 5 al 6% mayor que R-22. El **Forane[®] R-410A** también exhibe una mayor capacidad y

presión de descarga que el R-22, permitiendo esto el diseño de equipos de aire acondicionado más pequeños y compactos.

***** END OF BROCHURE *****

Translation of miscellaneous terms

Note: *this should not be an extra page of text and should not be separated. This should be used to translate captions within the different boxes. Refer to the English version of the Tech Digest for R-409A (FX-56) for reference.*

For Figure 1:

Figure 1 = Figura 1

Temperature = Temperatura

Bubble Point = Punto de burbuja

Dew Point = Punto de rocío

FIGURE 1: R-409A pressure-temperature graph = FIGURA 1: Gráfico de presión-temperatura para **Forane**[®] 409A

For Table 1:

TABLE I: 409A and component saturation temperatures at 10 psig. = Tabla 1: Presiones de saturación para el **Forane**[®] 409A y sus componentes a 10 psig.

For Figure 2:

Figure 2: 409A fractionation in the evaporator. Bubble and Dew point temperatures for 409A at 15 psig = Figura 2: fraccionamiento del R-409A en el evaporador. Temperaturas de burbuja y rocío a 15 psig.

Bubble Point (liquid) Temperature 15 psig, > 0 °F/-17.7 °C = Temperatura del punto de burbuja (líquido) a 15 psig, > 0 °F/-17.7 °C

Operating Temperature R-12: 10 °F; 409A: 10 °F avg. = Temperatura de operación R-12: 10 °F/-12.2 °C; R-409A: 10 °F/-12.2 °C (promedio)

Dew Point (Vapor) Temperature = Temperatura del punto de rocío (vapor)

Thermo Expansion Device = Válvula de expansión térmica

Note: These stages are for descriptive purposes only and should not be used for

actual locations of liquid-vapor separations. = Nota: Las etapas mostradas en la figura son únicamente para describir el proceso y no deberían ser utilizadas para localizar los puntos exactos correspondiente a la separación del líquido y el vapor.

Colder (liquid) = Más frío (líquido)

Warmer (vapor) = Más caliente (vapor)

For **Forane**[®] Basic Property Data:

Forane[®] **Basic Property Data** = Propiedades Básicas de los **Forane**[®]

Average Molecular Weight = Peso Molecular Promedio

Boiling Pt. @ 1 atm = Punto de ebullición a 1 atm

Density of Saturated Vapor @ b.p. = Densidad del Vapor Saturado en el punto de ebullición

Density of Saturated Liquid @ 77 °F = Densidad del Líquido Saturado a 77 °F

Critical Temperature = Temperature Crítica

Critical Pressure = Presión Crítica

Latent Heat of Vaporization @ b.p. = Calor Latente de Evaporación en el punto de ebullición

Specific Heat of Liquid @ 77 °F = Calor Específico del Líquido a 77 °F

Specific Heat of Vapor @ 1 atm = Calor Específico del Vapor a 1 atm

Temperature Glide = Deslizamiento de Temperatura

Flammability Limits in air = Límites de Flamabilidad en aire

non-flammable = no inflamable

Ozone Depletion Potential (ODP) = Potencial de Destrucción del Ozono

Halocarbon Greenhouse Warming Potential (HGWP, CFC 11 = 1.0) = Potencial de Calentamiento Terrestre del Halocarbono (HGWP, CFC 11 = 1.0)

ASHRAE Safety Group Classification = Clasificación de Seguridad de ASHRAE
Workplace Environment Exposure Level (WEEL) (8 hr time/wt. avg.) = Nivel ambiental de exposición en el sitio de trabajo (promedio en base a tiempo durante 8 horas)

***Bubble point Temperature** = *Temperatura del Punto de Burbuja