

Introducción

En este capítulo se verá la importancia del uso de los equipos para recuperación y reciclado de refrigerantes; se describirá el efecto de los refrigerantes clorofluorcarbonados (CFC's) sobre la capa de ozono, en la atmósfera; se entenderán las reglas que gobiernan el desfasamiento de los refrigerantes totalmente halogenados (CFC's); así como los procedimientos adecuados para recuperar, reciclar y re-utilizar los CFC's.

Los CFC's y la Capa de Ozono.

La capa de ozono es una delgada capa dentro de la atmósfera de la tierra, se extiende hasta más de 35 km de ancho. Se sabe que esta capa cambia su espesor dependiendo la estación del año, hora del día y temperatura. A la capa de ozono se le acredita como protectora contra los dañinos rayos ultravioleta (UV) del sol. La capa de ozono funciona como un filtro para estos rayos y protege la vida humana, vegetal y marina de sus efectos dañinos. Desde hace muchos años, se había sostenido la teoría de que algunos gases emitidos desde la tierra, principalmente cloro y bromo, deterioran la capa de ozono. Esta hipótesis, presentada desde 1974 por los científicos Molina y Rawland (Premio Nobel de Química 1995), fue posteriormente confirmada por estudios de la NASA, mediante el uso de satélites y detectores de ozono, principalmente en la Antártica, donde el problema parece ser más serio. Las últimas investigaciones realizadas en la atmósfera, indican que puede haber un "agujero" en la capa de ozono sobre la Antártica, como consecuencia de las emisiones de cloro y bromo. Así mismo, se ha observado que en algunas áreas densamente pobladas de ambos hemisferios, **se está presentando un agotamiento de la capa de ozono de aproximadamente 3% en verano y 5% en invierno.** En los trópicos no se ha encontrado disminución de esta capa. Los clorofluorocarbonos (CFC's) son una familia de compuestos químicos que contienen cloro, flúor y carbono. Fueron desarrollados hace más de 60 años y tienen propiedades únicas. Son de baja toxicidad, no son inflamables, no son corrosivos y son compatibles con otros materiales. Además, ofrecen propiedades físicas y termodinámicas que los hacen ideales para una variedad de usos. Los CFC's se utilizan como refrigerantes; agentes espumantes en la manufactura de aislamientos, empaques y espumas acojinantes, propelentes en aerosoles; como agentes de limpieza para componentes metálicos electrónicos, y en muchas otras aplicaciones. Sin embargo, los CFC's son compuestos muy estables, por lo que al ser liberados, alcanzan grandes alturas sin descomponerse, y pueden pasar muchos años antes de descomponerse químicamente. **El cloro, importante componente de los CFC's, es el principal causante del deterioro de la capa de ozono.** Mediante una acción acelerada por la luz del sol, el cloro se desprende de la molécula, reaccionando con una molécula de ozono y formando una molécula de monóxido de cloro y otra de oxígeno: $CFC + O_3 \rightarrow ClO + O_2$ El monóxido de cloro, por ser una molécula muy inestable, se separa fácilmente y deja el cloro libre de nuevo: $ClO \rightarrow Cl + O$. Este radical de cloro libre comienza el proceso otra vez: $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$. Por lo que una molécula de CFC puede destruir una cantidad grande de moléculas de ozono, dependiendo del número de átomos de cloro y de su estabilidad. Los CFC'S con mayor número de átomos de cloro son el R-11 (3 átomos) y el R-12 (2 átomos), y también son los más estables. Se estima que una molécula de R-11 puede destruir hasta 100,000 moléculas de ozono

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

El Protocolo de Montreal.

Después de varios años de negociaciones, a mediados de 1989, se tomó un acuerdo internacional para regular la producción y el uso de compuestos químicos, que pudieran afectar la capa de ozono, conocido como el Protocolo de Montreal, este acuerdo importante fue un llamado a reducir de manera gradual los CFC'S en los países desarrollados, que son los mayores productores.

En esta primera reunión, se hicieron varias propuestas de la forma en que se haría esta reducción. Finalmente, la más aceptada fue que, tomando como base los niveles de producción de 1986, en los países desarrollados debería haber una transición completa para el año 2030. A los países menos desarrollados, se les otorgaron 10 años más para completar el cambio a nuevas tecnologías.

El Protocolo es un esfuerzo unido de gobiernos, científicos, industria y grupos ecologistas. Coordinado por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, el Protocolo ha sido ratificado por aproximadamente la mitad de las naciones soberanas del mundo, lo que representa más de 90% del consumo de CFC's en el mundo.

En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha decretado regulaciones, las cuales establecen que para finales del siglo, los siguientes refrigerantes totalmente halogenados CFC'S deberán estar descontinuados:

R- 11 (Tricloromonofluorometano)

R- 12 (Diclorodifluorometano)

R-113 (Triclorotrifluoroetano)

R-114 (Diclorotetrafluoroetano)

R-115 (Cloropentafluoroetano)

Periódicamente, se hacen revisiones al Protocolo de Montreal y nuevas propuestas sobre el desarrollo de nuevos sustitutos. En junio de 1990 se hizo una nueva revisión, acordándose acelerar la transición para el año 2000. Mientras tanto, los grandes productores mundiales de refrigerantes habían estado ya trabajando en el desarrollo de nuevos productos que sustituyeran los CFC's.

Las alternativas eran, compuestos con menos contenido de cloro, llamados hidroclorofluorocarbonos (HCFC) o sin contenido de cloro, llamados hidrofluorocarbonos (HFC).

Ese mismo año (1990), ya se habían desarrollado a nivel experimental, los refrigerantes que podían sustituir R-11 y al R-12, que son el R-123 y el R-134a respectivamente, cuyas propiedades termodinámicas son muy semejantes, pero como no contienen cloro, no deterioran capa de ozono.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

Algunas de estas precauciones, tales como el reciclado de refrigerantes, tienen un impacto positivo en el ambiente, y ayudan a facilitar la difícil transición de los CFC's a sus alternativas. Los HCFC's aunque tienen un bajo potencial de agotamiento de ozono, también están regulados como sigue:

Producción congelada y uso limitado a equipo de refrigeración hasta el 1 de enero del 2015.
Se permite su uso en equipos de refrigeración nuevos hasta el 1 de enero del 2020.
Transición total efectivo al 1 de enero del 2030.

En 1991 se desarrollaron, además, mezclas ternarias de refrigerantes para sustituir al R-22, al R-500 y al R-502, por lo que, en la revisión del Protocolo en 1992, se decidió acelerar la transición de los CFC's para el 31 de diciembre de 1995.

Recuperación y Reciclado de Refrigerantes.

Conforme a las leyes que gobiernan la liberación de refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC's) hacia la atmósfera, ha tenido como consecuencia el desarrollo de procedimientos para recuperar, reciclar y volver a utilizar los refrigerantes.

La industria ha adoptado definiciones específicas para estos términos:

Recuperación - Remover el refrigerante de un sistema en cualquier condición que se encuentre, y almacenarlo en un recipiente aprobado por DOT, de color amarillo y gris.

Reciclado - Limpiar el refrigerante para volverlo a utilizar, para lo cual hay que separarle el aceite y pasarlo varias veces a través de dispositivos, tales como filtros deshidratadores, lo cual reduce la humedad, la acidez y las impurezas.

Este término, generalmente se aplica a procedimientos implementados en un taller de servicio local.

Reproceso - Reprocesar el refrigerante hasta las especificaciones de un producto nuevo por medios que pueden incluir la destilación. Esto requerirá análisis químicos del refrigerante, para determinar que se cumplan con las especificaciones apropiadas del producto.

Este término, generalmente se refiere al uso de procesos o procedimientos, disponibles solamente en instalaciones o plantas que tienen la facilidad de reprocesar o fabricar refrigerantes.

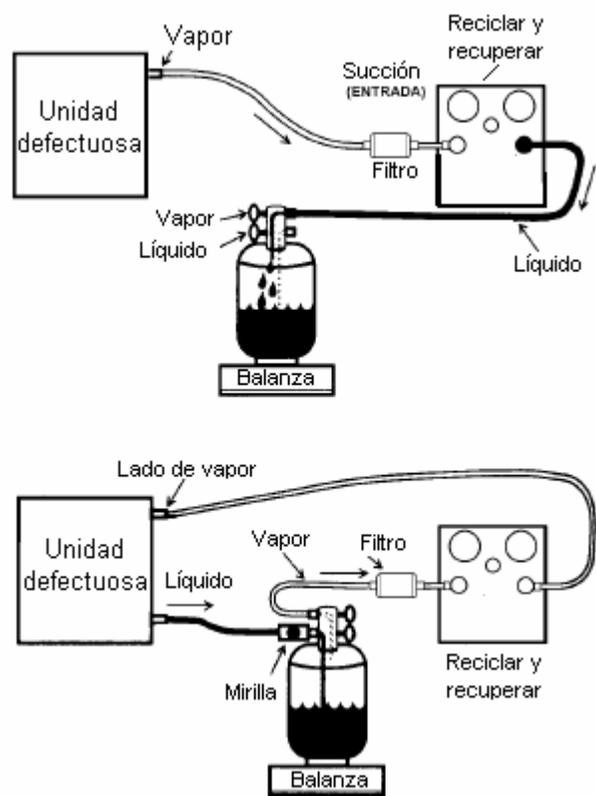
Los equipos para recuperación y manejo de refrigerante, pueden dividirse en tres categorías:

1. Recuperación - Unidad que recupera o remueve el refrigerante.
2. Recuperación / Reciclado (R y R) - Unidad que recupera y recicla el refrigerante.
3. Reproceso - Unidad que reprocesa el refrigerante dentro de las normas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Equipos para Recuperar Refrigerante.

Hay máquinas de recuperación disponibles en diferentes diseños. Las unidades pequeñas básicas, como la que se muestran, están diseñadas para usarse con R-12, R-22, R-500 y R-502, y para actuar como estaciones de recuperación, sin ventilación hacia la atmósfera. El refrigerante es removido en su condición presente y almacenado en un cilindro desechable o transferible. Esta unidad remueve el aceite del refrigerante, y puede manejar vapor o líquido en un tiempo muy rápido. Después, el refrigerante puede reciclarse en el centro de servicio, o enviado a una estación de reproceso para reutilizarlo posteriormente. Utilizando un dispositivo de recuperación de refrigerante, el técnico es capaz de remover refrigerante de sistemas pequeños de aire acondicionado, comercial, automotriz y residencial. Durante el proceso de recuperación, el refrigerante es removido del sistema en forma de vapor utilizando la fuerza de bombeo de la máquina recuperadora.

La recuperación es similar a la evacuación de un sistema con una bomba de vacío. Los procedimientos varían con cada fabricante. Básicamente, la manguera se conecta a un puerto de acceso en el lado de baja, hacia la válvula de succión de la unidad recuperadora. Una vez que la manguera de salida está conectada, el dispositivo de recuperación se arranca y comienza la recuperación. Algunas unidades tienen una señal para indicar cuando el proceso de recuperación ha terminado. Esto significa que el equipo de recuperación no está procesando más vapor. En algunas ocasiones, el dispositivo de recuperación cierra automáticamente el sistema de vacío. Cuando se ha completado la recuperación, se cierra la válvula del lado de baja. El sistema deberá asentarse por lo menos 5 minutos. Si la presión se eleva a 10 psig o más, puede significar que quedaron bolsas de refrigerante líquido frío a través del sistema, y puede ser necesario reiniciar el proceso de recuperación. Puesto que es mucho más rápido recuperar el refrigerante en fase líquida, que en fase vapor, el técnico puede preferir una máquina que remueva el refrigerante líquido.

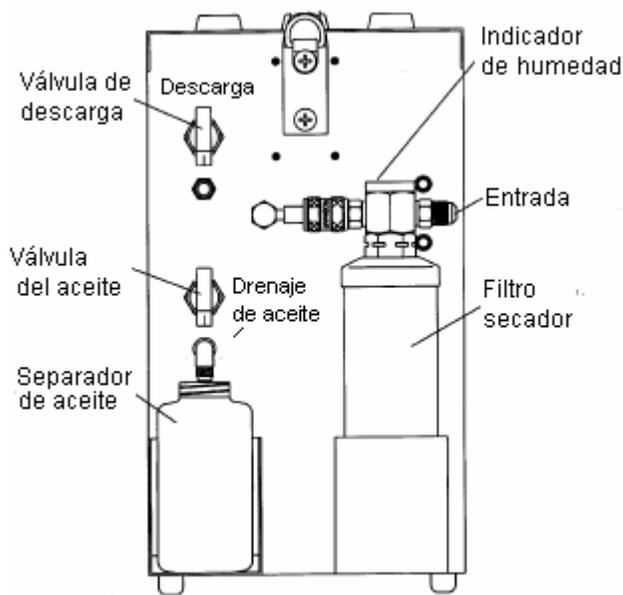


Muchas máquinas son diseñadas para llevar a cabo este proceso usando cilindros para refrigerante normales. Algunas unidades de transferencia pequeñas, utilizan cilindros de recuperación especiales, que le permiten al técnico remover refrigerante líquido y vapor. En la figura anterior se muestra un procedimiento para remover refrigerante mediante el concepto de transferencia de líquido. Este tipo de unidad de recuperación, requiere un cilindro con válvula de dos puertos.

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

La unidad de transferencia bombea el vapor de refrigerante de la parte superior del cilindro, y presuriza la unidad de refrigeración. La diferencia de presión entre el cilindro y la unidad, transfiere el refrigerante líquido hacia el cilindro. Una vez que se ha removido el líquido, el vapor restante es removido al cambiar las conexiones. Se recomienda cambiar el aceite del compresor y de la unidad de recuperación, después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante diferente. También se recomienda que el filtro deshidratador se reemplace, y que las mangueras se purguen, antes de transferir un refrigerante diferente. El técnico deberá asegurarse que no se sobrellene el cilindro. Lo normal es llenarlo al 80% de su capacidad. Conforme se va llenando el cilindro, deberá observarse la presión. Si la unidad de recuperación cuenta con indicador de líquido y humedad, deberá notarse cualquier cambio que ocurra. Si el técnico utiliza un sistema que sólo recupera refrigerante, la recarga puede llevarse a cabo de muchas maneras.

Equipo para Reciclar Refrigerante.



En el pasado, para hacerle servicio a un sistema, lo típico era descargar el refrigerante a la atmósfera. Ahora, el refrigerante puede ser recuperado y reciclado mediante el uso de tecnología moderna. Sin embargo, los clorofluorocarbonos viejos o dañados, no pueden ser reutilizados simplemente por el hecho de removerlos de un sistema y comprimirlos. El vapor, para ser reutilizado, debe estar limpio. Las máquinas de recuperación /reciclado, como la que aparece en la figura, están diseñadas para recuperar y limpiar el refrigerante en el sitio de trabajo o en el taller de servicio. El reciclado como se realiza por la mayoría de las máquinas en el mercado actualmente, reduce los contaminantes a través de la separación del aceite y la filtración. Esto limpia el refrigerante,

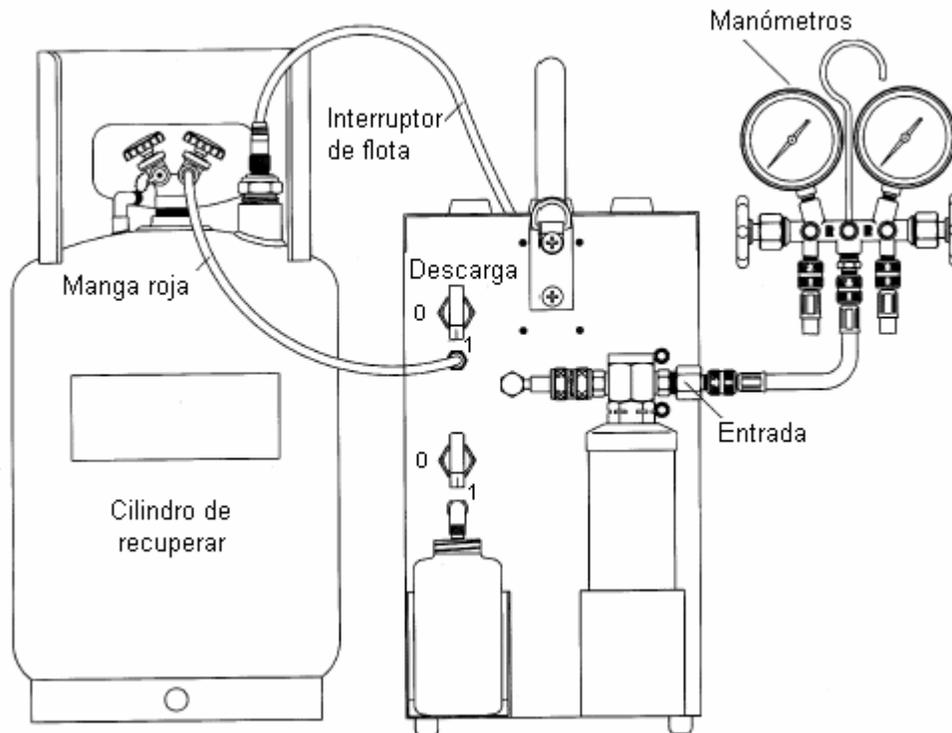
pero no necesariamente a las especificaciones de pureza originales del fabricante. Muchas de estas unidades, conocidas como unidades de transferencias de refrigerante, están diseñadas para evacuar el sistema. Esto proporciona una máquina recicladora, capaz de regresar los refrigerantes reciclados a un mismo sistema. Algunas unidades tienen equipo para separar el aceite y el ácido, y para medir la cantidad de aceite en el vapor. El refrigerante usado puede reciclarse. En la parte del frente, tiene los manómetros de alta y baja presión, así como los puertos de acceso, válvulas, interruptores, selectores, luces indicadoras y el indicador de líquido y humedad. En la parte baja tienen los filtros deshidratadores. En algunos equipos se puede recuperar refrigerante por ambos lados, baja y alta, al mismo tiempo. Este procedimiento evita restricciones a través de la válvula de expansión o tubo capilar. Si el técnico recupera solamente por uno de los lados, el resultado puede ser un tiempo excesivo de recuperación o una recuperación incompleta. Por lo tanto, las mangueras se conectan a los lados de alta y baja del sistema de recuperación, y luego a través del lado de alta y baja del sistema de refrigeración. Por ningún motivo deberá removerse líquido del sistema

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

en forma continua. La unidad está diseñada para recuperar vapor. La recuperación inicial de refrigerante del lado de alta presión, será de aproximadamente 200 psig. La separación de aceite del refrigerante usado, se lleva a cabo circulándolo una o varias veces a través de la unidad. La máquina recicladora de un solo paso, procesa el refrigerante a través de un filtro deshidratador o mediante el proceso de destilación. Lo pasa sólo una vez por el proceso de reciclado a través de la máquina, para luego transferirlo al cilindro de almacenamiento. La máquina de pasos múltiples, recircula varias veces el refrigerante a través del filtro deshidratador. Después de un período de tiempo determinado, o un cierto número de ciclos, el refrigerante es transferido hacia el cilindro de almacenamiento.

Procedimiento para el Reproceso del Refrigerante:

Como se definió anteriormente, reprocesar un refrigerante, es llevarlo a las especificaciones originales de producción, verificándolo mediante análisis químicos. Para poder llevar esto a cabo, ésta máquina debe cumplir con las normas SAE y remover 100% la humedad y partículas de aceite. Muchas máquinas de recuperación / reciclado, no pueden garantizar que el refrigerante será restaurado a sus especificaciones originales.



Una estación de reciclado para el sitio de trabajo, deberá ser capaz de remover el aceite, ácido, humedad, contaminantes sólidos y aire, para poder limpiar el refrigerante utilizado. Este tipo de unidades las hay disponibles para usarse con refrigerantes R-12, R-22, R-500 y R-502, y están diseñadas para el uso continuo que requiere un procedimiento prolongado de recuperación / reciclado. Este tipo de sistema puede describirse mejor como sigue:

Refrigeración y Aire Acondicionado Tropical.

1. El refrigerante es aceptado en el sistema, ya sea como vapor o líquido.
2. El refrigerante hierve violentamente a una temperatura alta, y bajo una presión extremadamente alta.
3. El refrigerante entra entonces a una cámara separadora única, donde la velocidad es reducida radicalmente. Esto permite que el vapor a alta temperatura suba. Durante esta fase, los contaminantes tales como las partículas de cobre, carbón, aceite, ácido y todos los demás, caen al fondo del separador para ser removidos durante la operación de "salida del aceite".
4. El vapor destilado pasa al condensador enfriado por aire, donde es convertido a líquido.
5. El líquido pasa hacia la cámara de almacenamiento. Dentro de la cámara, un evaporador disminuye la temperatura del líquido, de aproximadamente 100°F, a una temperatura subenfriada de entre 37° y 39°F.
6. En este circuito, un filtro deshidratador recargable remueve la humedad, al mismo tiempo que continúa el proceso de limpieza para remover los contaminantes microscópicos.
7. Enfriar el refrigerante también facilita transferirlo a cualquier cilindro externo, aunque esté a la temperatura ambiente.

Muchos fabricantes de refrigerante y otros, han dispuesto servicios de recuperación y reproceso de refrigerante, que ofrece a los técnicos. El técnico de servicio debe usar cilindros retornables aprobados, con etiquetas adecuadas. Los cilindros normales son de una capacidad aproximada de 100 lbs, de refrigerante usado y aceite, aunque otros contenedores andarán en el rango de 40 lbs, hasta 1 tonelada. La máquina de aire comprimido de desplazamiento positivo, remueve tanto líquido como vapor. El refrigerante es reprocesado a las especificaciones de pureza designadas.

En instalaciones comerciales de gran tamaño, al técnico de servicio se le proporcionan cilindros muestra que son regresados a un centro de reproceso. Esto es a fin de obtener análisis de contaminantes de refrigerante, antes de su evacuación.

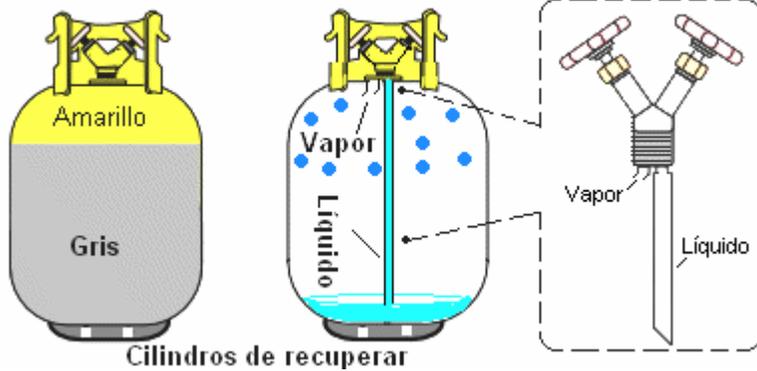
Una vez aprobado para reprocesarlo, el refrigerante es removido. Los técnicos llevan entonces el refrigerante al centro de servicio, donde es embarcado a la compañía y procesado de conformidad, para regresarlo para venta futura como refrigerante usado.



El reproceso puede utilizarse para refrigerantes de baja (R-11 y R-113) y de alta presión (R-12, R-22, R-114, R-500 Y R-502). Las normas de cada compañía varían con respecto al tipo de recipiente usado, para transportar el refrigerante del área de servicio al fabricante. Algunos aceptan cantidades mínimas de 200 lbs, 38 lbs, etc. Cada fabricante tiene su propio procedimiento y cada compañía requiere de cierto número de documentos.

Las compañías de reproceso también proporcionan soluciones para el desecho de refrigerantes no deseados. El desecho de refrigerantes sólo se puede llevar a cabo por incineración a 650°C (1200°F). Actualmente existen aproximadamente 5 plantas en los Estados Unidos.

Normas de Seguridad para la Recuperación / Reciclado / Reproceso de los CFC's



Comúnmente, diferentes organizaciones ofrecen seminarios para lograr un mejor entendimiento de los requerimientos sobre la recuperación y reproceso de los CFC's, tal como lo establecen los reglamentos de la EPA. Los mayores tópicos que se abarcan son el manejo, almacenamiento, transportación, procedimientos, recuperación y reglamentaciones para el almacenamiento y manejo de desechos peligrosos.

También, es esencial que el técnico de servicio tenga un completo entendimiento, sobre la seguridad que involucra el manejo y almacenamiento de los refrigerantes. Se ofrecen programas para certificación, aprobados por la EPA. Otras áreas que cubren la mayoría de estos cursos de capacitación, son los procedimientos para la remoción, pruebas básicas sobre la pureza de refrigerantes, aislamiento de los componentes del sistema para evitar que se escape el refrigerante, detección y reparación de fugas.

Es responsabilidad del técnico seguir los procedimientos de las prácticas de seguridad. Esto incluye el reemplazo de los filtros deshidratadores de líquido y succión. Si el sistema sólo tiene uno, instale otro en el lado opuesto. Esto ayudará al proceso de purificación del refrigerante.

