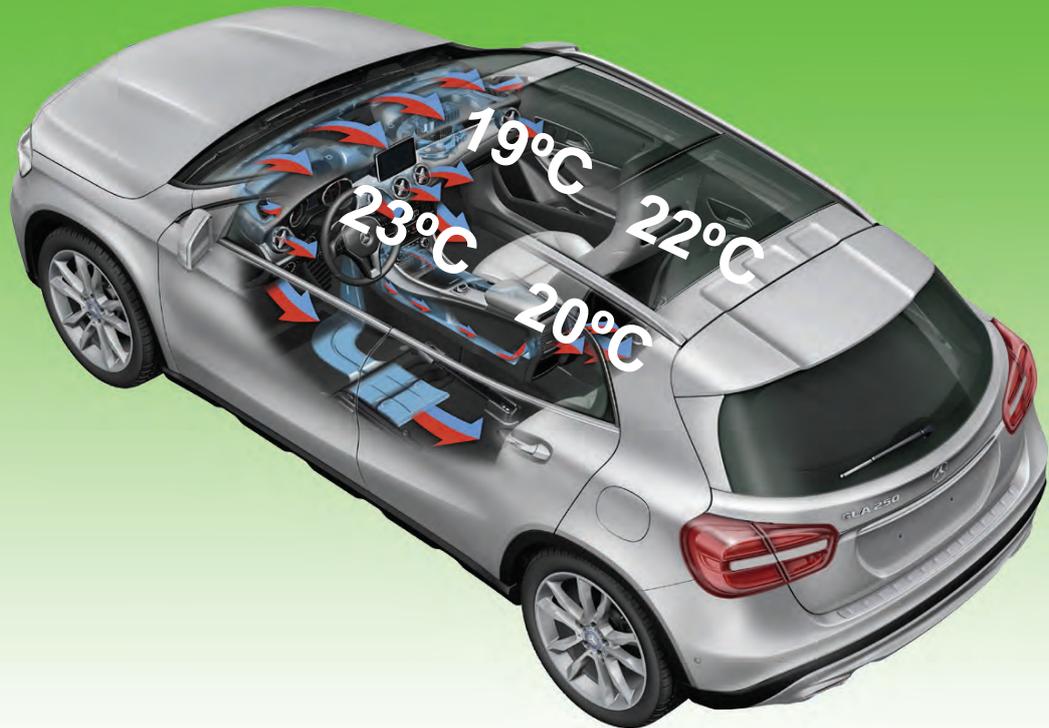


CLIMATIZACIÓN DEL AUTOMÓVIL FUNCIONAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN



Manuales prácticos
autoformativos

- ▶ Temario oficial para la certificación de los profesionales que utilizan gases fluorados
- ▶ Normativa legal, efectos medioambientales
- ▶ Funcionamiento, diagnóstico y reparación del circuito de refrigeración
- ▶ Refrigerantes, R134a, R1234yf, CO₂
- ▶ Equipos de comprobación y carga del aire acondicionado
- ▶ Funcionamiento, diagnóstico y reparación de compresores
- ▶ Funcionamiento, métodos de diagnóstico, averías frecuentes y reparación de todos los componentes de los climatizadores
- ▶ Carga del circuito de aire acondicionado y diagnóstico mediante el control de presiones
- ▶ Funcionamiento y diagnóstico de los componentes eléctricos y electrónicos
- ▶ Características y normas de utilización de los diferentes aceites
- ▶ Diagnóstico EOBD de los circuitos de climatización electrónica
- ▶ Alternativas a los gases fluorados
- ▶ Cuestionarios de autoevaluación



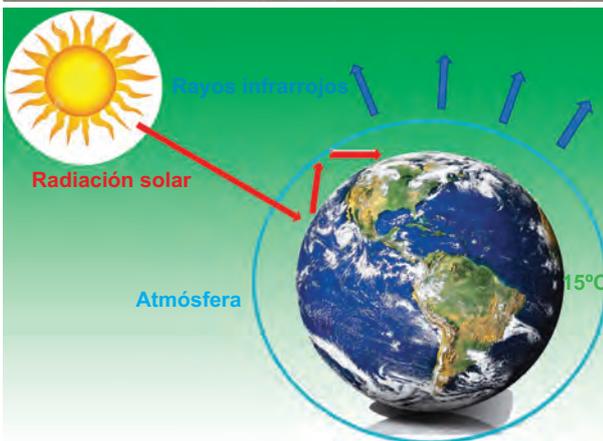
Página	Concepto
1	Unidad didáctica 1 Impacto ambiental
1	Impacto medioambiental de los refrigerantes y normativa medioambiental
3	El cambio climático
4	El efecto invernadero actual
5	Protocolo de Kioto (1997)
9	Protocolo de Montreal
11	Reglamentación aplicable a nivel nacional y Europeo
17	Unidad didáctica 2 Introducción a la refrigeración
17	Principios físicos de la técnica de refrigeración
20	Relación entre presión y punto de ebullición
21	Componentes básicos del sistema de aire acondicionado
22	Funcionamiento hidráulico del circuito de aire acondicionado
24	Unidad didáctica 3 Refrigerantes
24	Agentes frigoríficos o gases refrigerantes
25	Cambios de estado de los agentes frigoríficos
26	Nuevo gas (HFO R1234yf) Tetrafluoropropeno
27	Agentes frigoríficos R134a, R1234yf, CO ₂
28	Aceites para equipos de climatización
32	Unidad didáctica 4 Equipos de reparación
32	Equipos básicos de reparación. Instrumental y maquinaria
33	Máquinas de recuperación y carga
35	Manómetros
36	Llaves, interruptores y recipientes de aceite
37	Máquina para el gas R1234yf
38	Recuperación del gas R1234yf contaminado
39	Máquina para el gas R744 (CO ₂)
40	Temperatura de evaporación R134a, R1234yf, R744
41	Detectores de fugas de refrigerantes
43	Precauciones generales al trabajar en equipos de AC
44	Unidad didáctica 5 Sistemas de aire acondicionado
44	Circuito frigorífico con válvula de expansión
45	Circuito frigorífico con estrangulador
46	Configuración básica para la regulación del sistema
49	Unidad didáctica 6 Compresores
50	Compresores de émbolos
51	Compresores de paletas
52	Compresores en espiral y eléctricos
53	Equipo de climatización con bomba de calor
54	Compresores de disco oscilante
55	Acoplamiento de embrague electromagnético
56	Compresor de disco oscilante autorregulado
59	Compresor de disco oscilante regulado con electroválvula
63	Electroválvula de regulación del compresor

Página	Concepto
64	Unidad didáctica 7 Condensadores y evaporadores
64	Tipos de condensadores
65	Evaporador
66	Desmontaje del condensador
67	Montaje del condensador
68	Desmontaje del evaporador
71	Montaje del evaporador
74	Unidad didáctica 8 Válvulas de expansión
75	Válvula de expansión con bulbo exterior
76	Válvula de expansión con bulbo interior
78	Estrangulador
79	Comprobación de la válvula de expansión
80	Unidad didáctica 9 Filtros deshidratadores
80	Filtro deshidratador en alta
81	Filtro deshidratador en baja
84	Unidad didáctica 10 Electroventiladores
84	Gestión de los electroventiladores
85	Unidad de control para el compresor y los electroventiladores
86	Ventiladores para líquido refrigerante de funcionamiento continuo
87	Unidad didáctica 11 Dispositivos de regulación y seguridad
87	Interruptor de AC, válvula de descarga y sensor evaporador
88	Conmutador de presión (trinaria)
89	Sensor Map en alta
90	Verificación del sensor MAP
91	Conmutadores de alta y baja presión
94	Unidad didáctica 12 Instalación eléctrica del aire acondicionado
94	Ejemplo de esquema de AC manual con trinaria
95	Ejemplo de esquema de AC semiautomático con MAP
96	Esquema didáctico de un climatizador automático
98	Unidad didáctica 13 Climatización electrónica
99	Estudio de los efectos negativos que ejercen las temperaturas
100	Equipo de AC con regulación manual
101	Climatizador con regulación automática
102	Componentes de la climatización electrónica
103	Sensor de temperatura exterior y de aire aspirado
104	Interruptor térmico, sensores de temperatura interior
105	Termosensor del evaporador
106	Conmutador de marcha atrás, Unidad de Control y mandos
107	Fotosensor para radiación solar
108	Fotosensor doble para radiación solar, verificaciones
109	Intercambio de datos entre Unidades de Control
110	Regulación de la temperatura con climatización electrónica
111	Distribución de aire bizona
112	Sistema de recirculación de aire. Recirculación automática
113	Funcionamiento del sensor de calidad de aire

EL CAMBIO CLIMÁTICO

EL CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL

El clima mundial ha evolucionado siempre de manera natural, pero pruebas convincentes obtenidas en todo el mundo revelan que en la actualidad tiene lugar un nuevo tipo de cambio climático, que amenaza la composición, la capacidad de recuperación y la productividad de los ecosistemas naturales, el desarrollo económico y social, la salud y el bienestar de la humanidad.



En la atmósfera que rodea nuestro planeta, existen una serie de gases (principalmente el vapor de agua y el dióxido de carbono) que provocan un efecto invernadero absorbiendo y reemitiendo la radiación infrarroja. De esta manera, se impide que parte de esa radiación escape de la tierra y contribuye a que la temperatura media del aire superficial del planeta sea de unos 15°C. Esta situación da lugar a una temperatura apta para el desarrollo de la vida. El efecto invernadero, es un fenómeno natural y necesario de la atmósfera.

PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como de origen antropogénico (impacto humano sobre el medio ambiente), que absorben y remiten la radiación infrarroja.

Los gases que contribuyen al efecto invernadero son:

- El dióxido de carbono (CO₂)
- El metano (CH₄)
- El óxido nitroso (N₂O)
- El vapor de agua (H₂O)
- El ozono (O₃)
- Los halocarbonos
 - * El hidrofluorocarbono (HFC)
 - * El perfluorocarbono (PFC)
 - * El hexafluoruro de azufre (SF₆)

A medida que se incrementa la concentración de estos gases, la radiación infrarroja es absorbida en la atmósfera y reemitida en todas las direcciones, este efecto contribuye a que la temperatura media de la Tierra aumente. Este fenómeno se conoce como "Efecto Invernadero" porque la absorción y posterior emisión de radiación infrarroja también la realizan el vidrio y ciertos plásticos con los que se fabrican los invernaderos agrícolas.

El problema actual es que se ha aumentado la cantidad de los GEI naturales en la atmósfera y además se han añadido GEI no presentes en la atmósfera de forma natural. Este aumento ha sido provocado principalmente por los procesos industriales desarrollados por la raza humana.

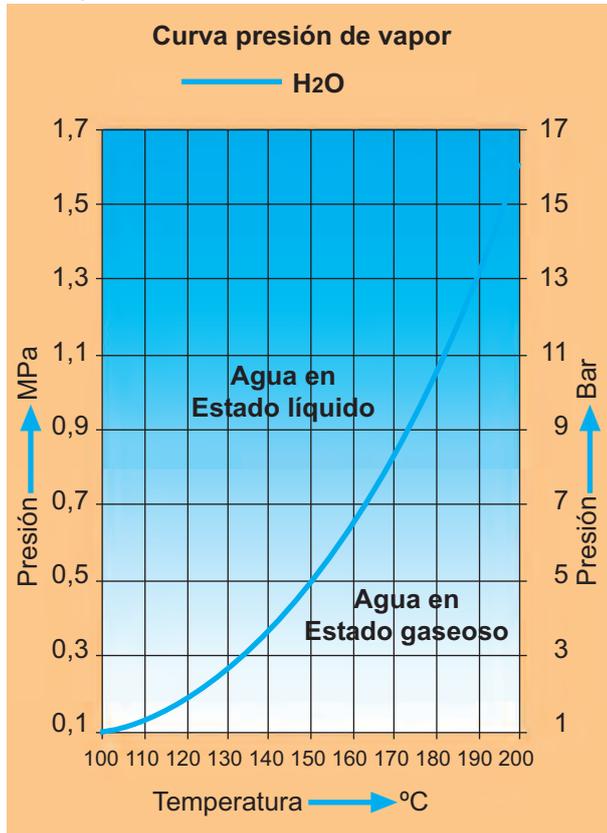
¿QUE PROVOCA EL AUMENTO DE LOS GEI?

Los rayos del sol llegan hasta la atmósfera de la tierra, atraviesan la capa de gases de efecto invernadero hasta llegar a la superficie del planeta, donde una parte de la energía solar es absorbida por la tierra y otra se refleja de nuevo hacia el espacio.

El aumento de los GEI provoca que la energía calorífica del sol tarde mucho más tiempo en volver al espacio, por lo que se queda más tiempo atrapada en la atmósfera, calentando el aire y la superficie del planeta. Por esta razón el fenómeno del efecto invernadero actual es el que provoca también el conocido fenómeno de Cambio Climático o Calentamiento Global.

RELACIÓN ENTRE PRESIÓN Y PUNTO DE EBULLICIÓN

En cualquier líquido se cumple la condición de variación del punto de ebullición en función de la variación de presión. Como norma general, hay una relación directamente proporcional entre la presión y la temperatura de ebullición. Al aumentar la presión, aumenta la temperatura de ebullición y al disminuir la presión, disminuye la temperatura de ebullición.



CURVA DE PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA (H₂O)

El agua, cuando está sometida a la presión atmosférica de 1 bar, hierve convirtiéndose en vapor, cuando se alcanza la temperatura de 100°C.

A medida que va aumentando la presión, también va aumentando la temperatura de ebullición.

Si observamos la gráfica, podemos observar que a 3 bares, el agua empieza a hervir a unos 135°C. Esto es útil por ejemplo en circuitos presurizados de refrigeración. El motor puede trabajar a más temperatura sin riesgo de que el refrigerante hierva.

El agua tiene un punto de ebullición relativamente bajo en comparación con otros elementos. Por ejemplo el aceite empleado para los compresores tiene un punto de ebullición de 380 - 400°C.

CURVAS DE PRESIÓN DE VAPOR DE LOS FLUIDOS REFRIGERANTES R134a Y R1234yf

Estos refrigerantes son los más utilizados actualmente en los equipos de aire acondicionado de los vehículos. El proceso de evaporación se utiliza en los climatizadores de los vehículos. Para este efecto se utilizan sustancias de fácil ebullición denominadas agentes frigoríficos.

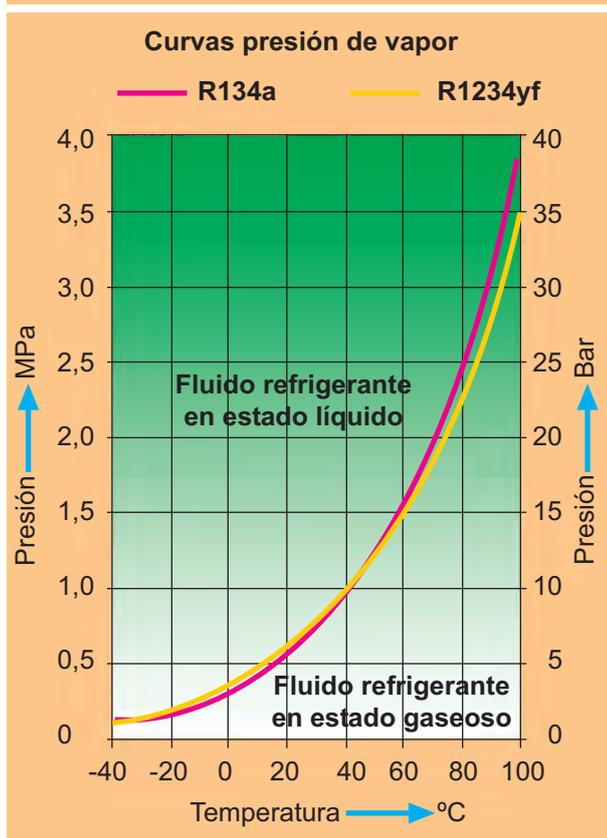
El punto de ebullición es:

- Agente frigorífico R134a = -26,5°C.

- Agente frigorífico R1234yf = -29°C.

El comportamiento de ambos gases es muy similar, pero el R134a ya no se instala en nuevos equipos desde el año 2017 debido a su alto PCA. De momento, se puede seguir utilizando para cargar los vehículos que lo instalaron de serie.

El gas más utilizado actualmente en los automóviles es el R1234yf que tiene un PCA de 4. Pero hay marcas como Mercedes que está utilizando el R744 (CO₂) que tiene un PCA de 1.



PRINCIPIOS FÍSICOS

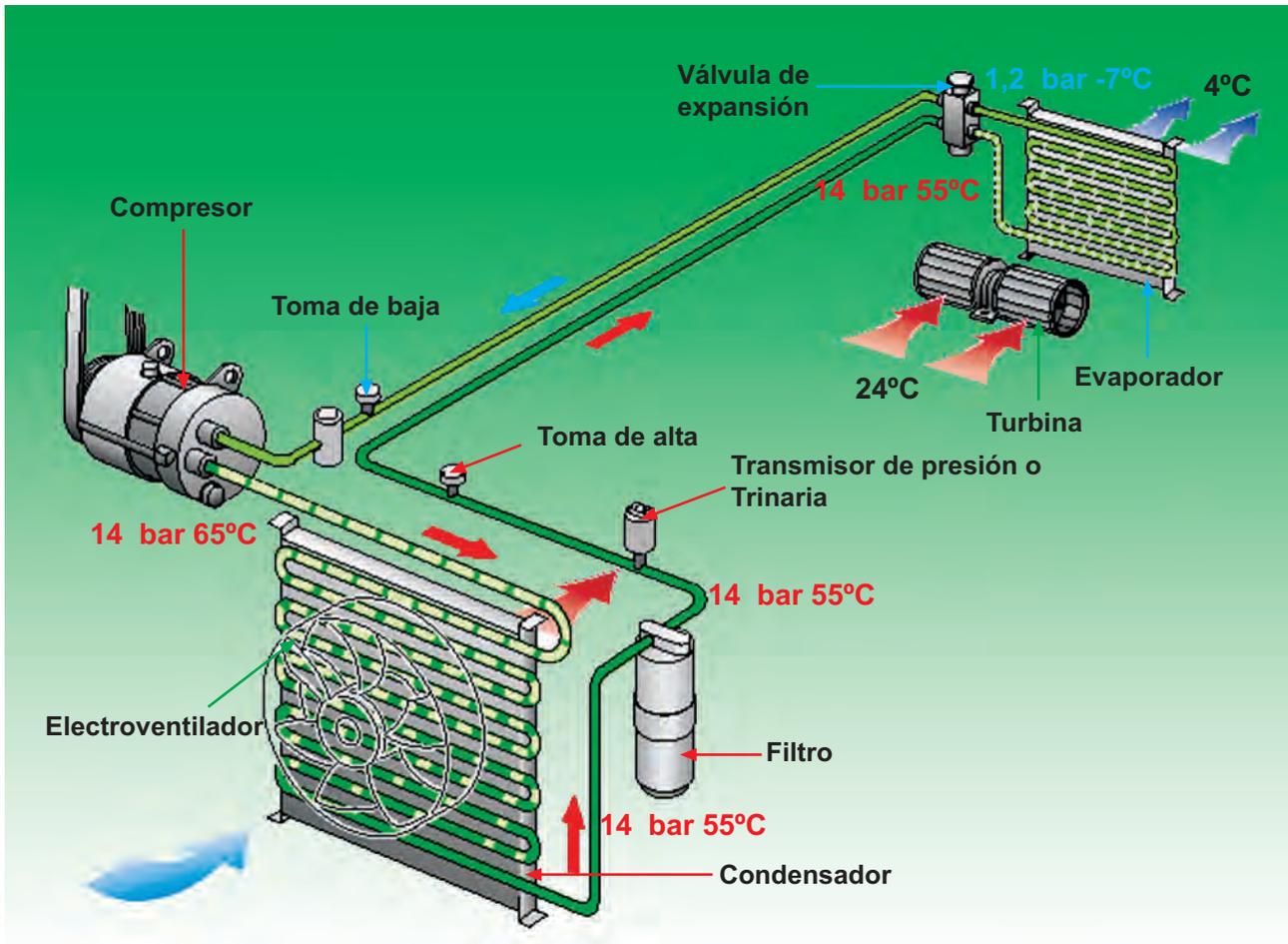
- Manteniendo constante la presión y reduciendo la temperatura, el vapor pasa a estado líquido.

En el circuito de aire acondicionado, esto sucede en el condensador.

- Reduciendo la presión, el agente frigorífico pasa de estado líquido a gaseoso bajando la temperatura.

En el circuito de aire acondicionado, esto sucede en el evaporador.

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO



Cortesía de Seat. © Seat

INTRODUCCIÓN A LA REFRIGERACIÓN

CONDICIONES TÉCNICAS

Para enfriar algo, es necesario que entregue calor. Para conseguir este efecto, se instala en los automóviles un sistema de refrigeración por compresión.

El agente frigorífico es obligado a circular por un circuito cerrado y cambia continuamente entre el estado líquido y gaseoso.

- El agente frigorífico se comprime en estado gaseoso.
- A continuación se condensa entregando calor.
- Después se evapora por reducción de presión, absorbiendo calor.
- En realidad, no se genera frío, lo que hacemos es extraer el calor del aire que entra al interior del habitáculo.

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO (ALTA PRESIÓN)

Empezando el circuito por el compresor, éste aspira agente frigorífico frío, en estado gaseoso y a baja presión. Es muy importante que la entrada de refrigerante al compresor se realice en estado gaseoso, ya que los líquidos no se pueden comprimir mecánicamente y deteriorarían el compresor.

El agente frigorífico es comprimido en el compresor y aumenta su presión y temperatura. Sale del compresor en estado gaseoso a aproximadamente 14 bares y 65°C. Aquí empieza el circuito de alta presión del sistema de aire acondicionado.

El agente frigorífico es enviado al condensador, se provoca una circulación de aire bien por el viento de la marcha o forzado por un electroventilador. Este aire enfría el fluido refrigerante y cuando el agente frigorífico gaseoso alcanza el punto de rocío en función de la presión, se condensa y pasa a estado líquido.

En resumen, en el condensador el fluido refrigerante se licúa y pierde calor. La presión sigue igual a 14 bares y la temperatura baja unos 10 grados situándose en 55°C.

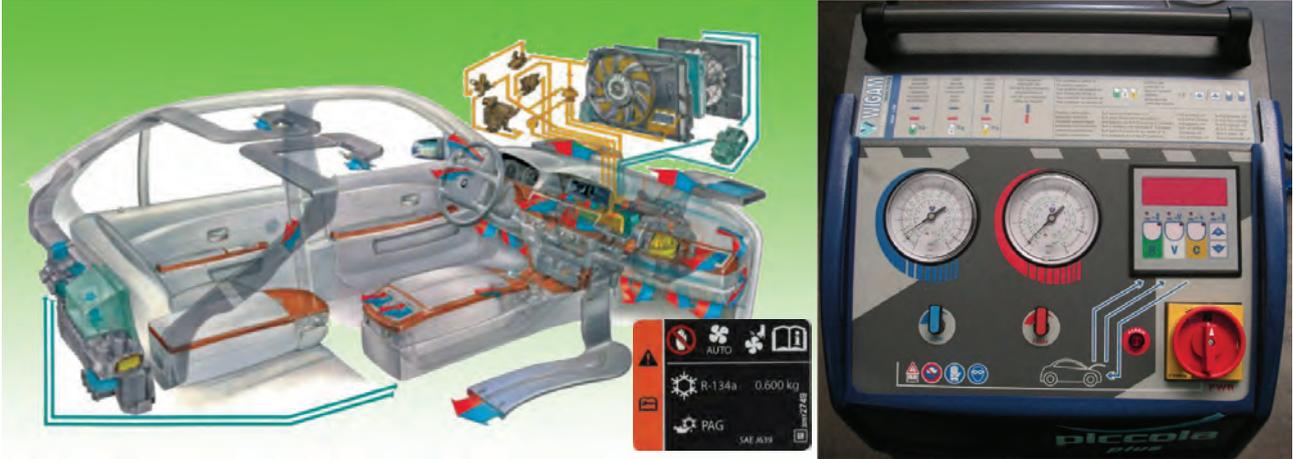
El siguiente paso es el filtro, donde se retienen las posibles impurezas y la humedad. La presión y temperatura deben permanecer invariables, es decir, 14 bares y 55°C.

En estas condiciones, el fluido refrigerante llega hasta la válvula de expansión o el estrangulador.

REFRIGERANTES. TIPOS DE AGENTES FRIGORÍFICOS

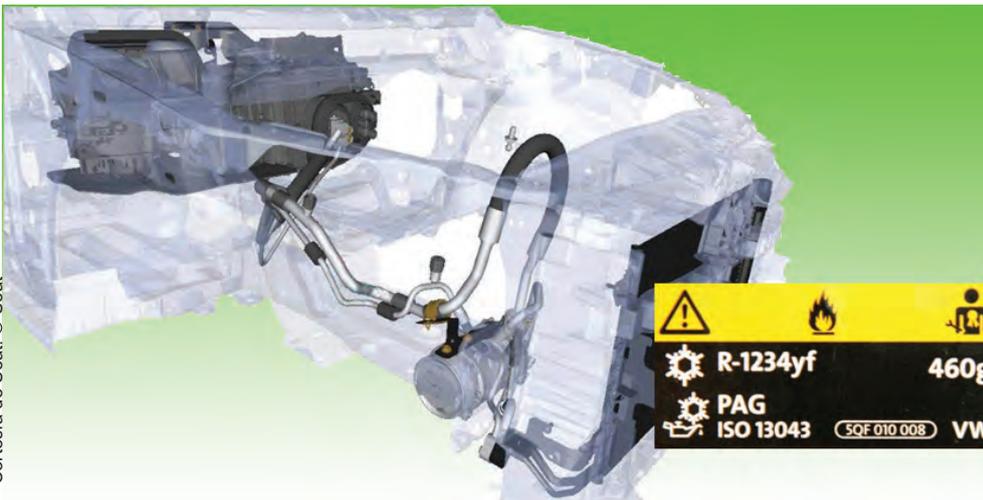
AGENTE FRIGORÍFICO R134a

Cortesía de Behr. © Behr



AGENTE FRIGORÍFICO R1234yf

Cortesía de Seat. © Seat



AGENTE FRIGORÍFICO R744 (CO2)

Cortesía de Mercedes. © Mercedes



Cada vehículo debe disponer de una etiqueta identificativa del gas refrigerante que incorpora, la capacidad del circuito en gramos, el tipo de aceite necesario y las instrucciones de seguridad. Es imprescindible respetar las indicaciones de la etiqueta identificativa. Para cada tipo de gas, se necesita una máquina específica. No son compatibles ni las máquinas ni los aceites. Es imperativo utilizar el agente refrigerante y el aceite específico de cada sistema de climatización.

REFRIGERANTES. TIPOS DE AGENTES FRIGORÍFICOS

MÁQUINA PARA EL GAS R1234yf



MAQUINARIA ESPECÍFICA PARA LA VERIFICACIÓN RECUPERACIÓN Y CARGA DEL GAS R1234yf

Actualmente existen en el mercado varios fabricantes que ofrecen máquinas para realizar los trabajos de mantenimiento con el gas R1234yf.

La máquina de recuperación, verificación y carga que es necesario utilizar, tiene que ser específica para este gas. Ha de cumplir la normativa de seguridad respecto a la utilización de materiales inflamables.

Tiene que llevar integrado un analizador de agente frigorífico. Antes de extraer todo el gas, analiza una pequeña cantidad y si detecta contaminación, detiene el proceso, avisa al operario y no extrae el gas.

En este caso, es necesario extraer el gas e introducirlo en una bombona de reciclaje aparte para devolverlo a un centro de eliminación autorizado.

Las estaciones de servicio han de cumplir la norma SAE J2788 sobre equipos para recuperación, reciclado y carga de refrigerantes inflamables para sistema de aire acondicionado móviles.

La norma establece unos requisitos específicos para este tipo de máquinas y refrigerantes:

- El refrigerante se debe recuperar con una precisión de +/- 30 gramos.
- Se ha de recuperar como mínimo el 95% del refrigerante a una temperatura ambiente de 20 a 24 °C.
- Los componentes internos de la máquina deben estar diseñados para reducir/minimizar la producción de chispas.
- Las máquinas deben tener orificios de ventilación adicionales.
- El gas R-1234yf requiere nuevas conexiones de las mangueras incompatibles con cualquier otro gas.
- Si el sistema tiene fugas, las estaciones de servicio evitarán la recarga, siguiendo un proceso en dos pasos:
 - 1.- Control del vacío. Se realiza el vacío controlando los valores de depresión, si no son correctos, la máquina se parará, avisará al operario y no permitirá la carga.
 - 2.- Control de la presión. Si el vacío no decae, se introducirá el 10% de la carga. Se vigilará si existe descenso de presión; en caso de detectarlo, el 90% restante de la carga no se introducirá.
- El refrigerante debe cargarse con una precisión de +/- 15 gramos.

Los manómetros han de ser específicos para el gas R1234yf. Si bien las presiones de trabajo son similares a las del R134a, los valores de temperatura de evaporación son ligeramente distintos.

Los envases del refrigerante para el gas R-1234yf son blancos, con la parte superior roja. Deben incorporar los pictogramas de peligro correspondientes

EQUIPOS BÁSICOS DE REPARACIÓN, INSTRUMENTAL Y MAQUINARIA



TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN R134a (BAR RELATIVOS)

BAR	°C
-0,52	-40
0	-26,3
0,5	-17
1	-10
2	0
5	22
8	35,5
10	43
12	49,5

TEMPERATURA CRÍTICA 101,1°C
PRESIÓN CRÍTICA 40,5 BAR



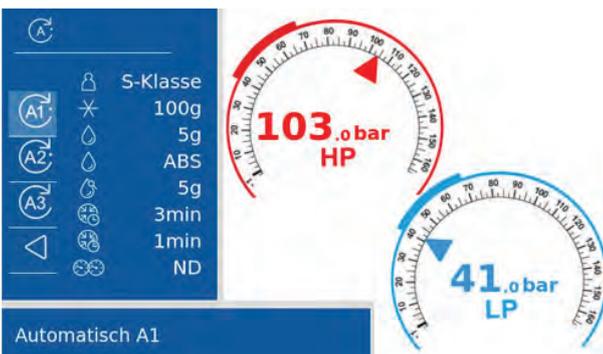
TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN R1234yf (BAR RELATIVOS)

BAR	°C
-0,5	-40
0	-29
0,5	-17
1	-9
2	-1
5	21
8	35,5
10	42
12	48

TEMPERATURA CRÍTICA 95°C
PRESIÓN CRÍTICA 34 BAR

TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN R744 (BAR RELATIVOS)

BAR	°C
0	-78,4
5,2	-56
8	-46
10	-40
12	-35
20	-19
40	6
60	22
74	31



TEMPERATURA CRÍTICA 31°C
PRESIÓN CRÍTICA 74 BAR

COMPRESORES



Cortesía de Behr Hella. © Behr Hella

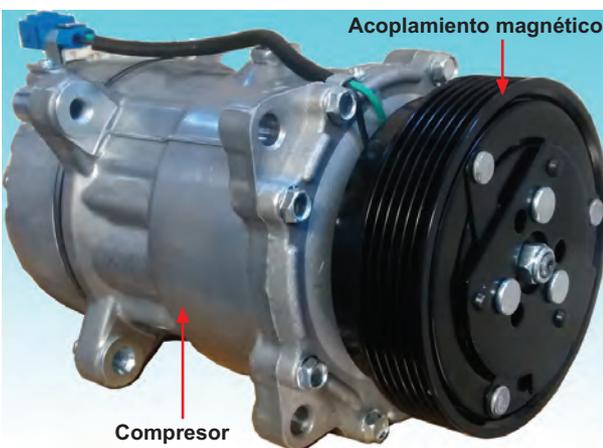


Cortesía de Mercedes. © Mercedes

El compresor es el elemento encargado de aumentar la presión del fluido refrigerante y obligarlo a circular por los componentes del sistema de aire acondicionado. Sin este aumento de presión sería imposible la posterior expansión y enfriamiento del agente frigorífico en el evaporador.

Para el correcto funcionamiento del compresor, es necesario utilizar un lubricante especial para máquinas frigoríficas. Como norma general, el 50% de la cantidad total del aceite se encuentra en el compresor y el resto circula solidariamente con el agente frigorífico.

Para proteger al compresor y a los demás componentes del sistema de aire acondicionado, en el compresor se instala una válvula de sobrepresión que libera fluido en caso de presión excesiva.



PROCEDIMIENTO PARA LA COMPRESIÓN

El compresor tiene que aspirar agente frigorífico gaseoso frío y a baja presión, procedente del evaporador.

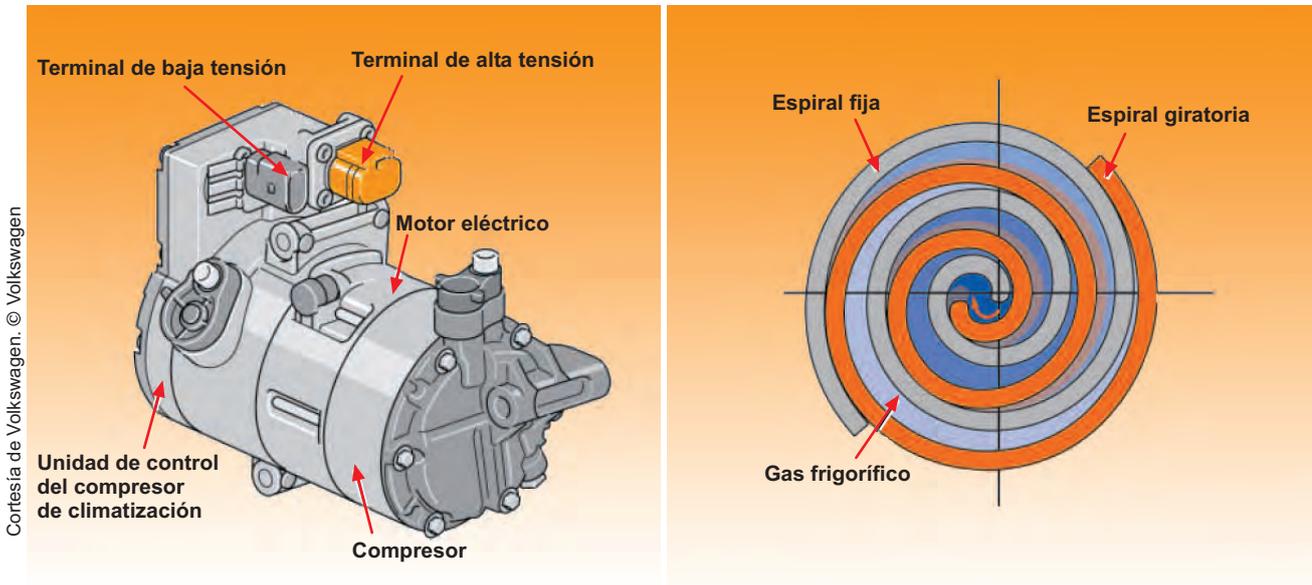
Para el buen funcionamiento del compresor, es primordial que el agente frigorífico aspirado, se encuentre en estado gaseoso. Los líquidos no son compresibles y si los intentamos comprimir, se produciría la destrucción mecánica del compresor.

El compresor es el encargado de comprimir el agente frigorífico e impulsarlo como gas caliente hacia el condensador, situado en el lado de alta presión del circuito frigorífico.

El compresor es por tanto, el elemento que forma el punto de separación entre los lados de alta y baja presión del circuito frigorífico.

El compresor trabaja solamente cuando está activado el climatizador. Normalmente se conecta mediante un acoplamiento magnético

COMPRESORES EN ESPIRAL



Cortesía de Volkswagen. © Volkswagen

COMPRESORES

COMPRESOR EN ESPIRAL

El compresor utilizado en los vehículos eléctricos suele ser del tipo espiral o scroll, constituido por dos espirales engranadas. Una espiral es fija y la otra giratoria.

La espiral giratoria es impulsada por el motor eléctrico mediante una excéntrica y describe una trayectoria circular.

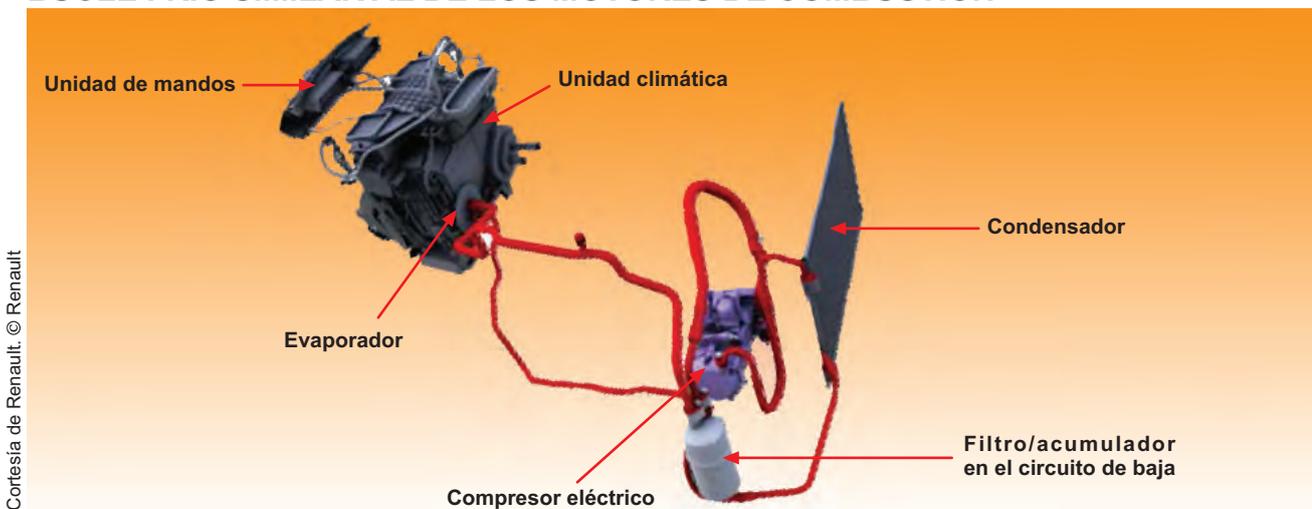
Con el movimiento excéntrico de las espirales se van formando varias cámaras cada vez más pequeñas, con lo que se consigue comprimir el fluido refrigerante.

El compresor es el encargado de hacer circular el fluido refrigerante (R134A o R1234YF) por el evaporador y el condensador del equipo de climatización.

El motor del compresor está alimentado con alta tensión procedente de la batería.

Puede integrar una Unidad de Control del compresor que se comunica mediante una línea LIN-BUS con la Unidad de Control de climatización.

BUCLE FRÍO SIMILAR AL DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN



Cortesía de Renault. © Renault

El equipo de climatización utilizado en los vehículos eléctricos es prácticamente idéntico al utilizado en los motores de combustión, a excepción del compresor que es accionado con corriente eléctrica de alto voltaje. La regulación suele ser por orificio calibrado y filtro acumulador en el circuito de baja. El aceite utilizado en el compresor es un POE especial no conductor de la electricidad.



El compresor está conectado a la red de alto voltaje mediante un cableado de color naranja. Hay que verificar la ausencia de tensión antes de manipular el compresor. **Sólo un Técnico en Alto Voltaje (HVT) está autorizado a manipular el compresor de alto voltaje.**

RECUPERACIÓN DEL REFRIGERANTE

PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO PARA RECUPERACIÓN DEL REFRIGERANTE

-Arrancar el motor y mantenerlo funcionando con el aire acondicionado conectado hasta que alcance la temperatura de servicio.

-Acelerar el motor hasta 4.500 - 5.000 r.p.m. durante 3 minutos con la calefacción y el aire acondicionado al máximo, de esta manera conseguiremos que la máxima cantidad de aceite se dirija hacia el compresor y no salga en el proceso de recuperación.

-Parar el motor, dejar funcionando la turbina de aire fresco a máxima velocidad y cuando las presiones se igualen, iniciar el proceso de recuperación.



Conectar las mangueras de alta y baja con todas las válvulas cerradas



Pulsar la tecla R, con las teclas + - seleccionar la cantidad a recuperar o 00 para recuperar todo el refrigerante



Abrir lentamente las válvulas de alta y baja procurando que la presión de entrada no supere los 5 bares. Así evitaremos que salga aceite. Pulsar R

Se le puede indicar la cantidad de refrigerante a recuperar. Primero pulsar R más de 2s. y con + - indicar cantidad, volver a pulsar R para confirmar, abrir lentamente las válvulas de alta y baja y pulsar R para iniciar la recuperación.

Si indicamos 0.00 recupera la totalidad del refrigerante del circuito, se para automáticamente cuando la presión es inferior a 0,2 bar y se queda en espera durante 2 minutos. Si en esos 2 minutos, la presión sube por encima de 0,8 bar, la máquina inicia automáticamente otro ciclo de recuperación.

Una vez finalizada la función, pulsando + se visualiza la última cantidad de refrigerante recuperado.

ALTERNATIVAS A LOS GASES FLUORADOS

GASES FLUORADOS PERMITIDOS PARA INDUSTRIA Y PARA EL AUTOMÓVIL



R32
 Tipo: HFC
 PCA = 675
 PAO = 0
 Clase A2L



R450A
 Tipo: HFC/HFO
 PCA = 547
 PAO = 0
 Clase A1



R455A
 Tipo: HFC/HFO
 PCA = 146
 PAO = 0
 Clase A2L



1234ze
 Tipo: HFO
 PCA = 7
 PAO = 0
 Clase A2L



1233zd
 Tipo: HFO
 PCA = 4,5
 PAO = 0
 Clase A1



1234yf
 Tipo: HFO
 PCA = 4
 PAO = 0
 Clase A2L

Nota: clase A1 = no inflamable. Clase A2L = baja inflamabilidad a presión y temperatura ambiente, pero inflamable a alta presión y/o temperatura. Clase 3 = inflamable.

GASES NATURALES NO FLUORADOS PERMITIDOS PARA LA INDÚSTRIA Y PARA EL AUTOMÓVIL



Los gases refrigerantes del tipo: HCFC (Hidroclorofluorocarburos), HFC (Hidrofluorocarburos) y HFO (Hidrofluoroofelinas), son compuestos fabricados por industrias químicas. Según los tipos, pueden ser monocomponentes o mezclas de distintos gases.

Los formados por mezclas, pueden cumplir perfectamente su función como refrigerante pero presentan serios problemas para su recuperación y reciclaje.

Dentro de los gases naturales no fluorados, el amoníaco es inflamable, tóxico por inhalación y muy dañino para el medio ambiente acuático. El propano y el isobutano son extremadamente inflamables y por esta razón se desaconseja el uso en el automóvil, en caso de fuga, si entra en contacto con elementos calientes se incendia con facilidad.

El que si se puede utilizar y de hecho marcas como Mercedes lo están utilizando es el R744 (CO₂). No es inflamable, no es tóxico y es respetuoso con el medio ambiente.