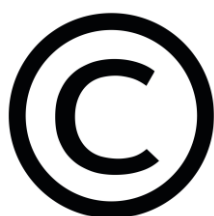


# TMVG01

## MANIPULACIÓN DE SISTEMAS FRIGORÍFICOS QUE EMPLEAN REFRIGERANTES FLUORADOS DESTINADOS A CONFORT TÉRMICO DE PERSONAS INSTALADAS EN VEHÍCULOS

**CONTENIDO CREADO POR:** Cristian Alpera Maciá



Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaran, contribuyeren o comunicasen públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea este electrónico, electro-óptico, grabación, fotocopia o cualquier otro, sin la previa autorización por parte del autor

## ÍNDICE

### UD1 – IMPACTO AMBIENTAL DE LOS REFRIGERANTES Y NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL CORRESPONDIENTE

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. EL CAMBIO CLIMÁTICO.....                                                                                          | 9  |
| 2. EL PROTOCOLO DE KIOTO.....                                                                                        | 9  |
| 3. EL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO.....                                                                           | 11 |
| 3.1. POTENCIALES DE AGOTAMIENTO DE OZONO Y CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO.....                                            | 12 |
| 4. REGLAMENTOS EUROPEOS.....                                                                                         | 13 |
| 5. REFRIGERANTES ALTERNATIVOS EN AUTOMOCIÓN.....                                                                     | 14 |
| 6. GESTIÓN DE EQUIPOS Y REFRIGERANTES EN AUTOMOCIÓN.....                                                             | 15 |
| 7. NORMATIVA APLICABLE A LOS EQUIPOS Y REFRIGERANTES EN MATERIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA..... | 16 |
| 7.1. SEGURIDAD INDUSTRIAL .....                                                                                      | 16 |
| 7.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....                                                                                      | 17 |
| 7.3. ENFOQUE CONJUNTO.....                                                                                           | 17 |
| 8. COMERCIALIZACIÓN.....                                                                                             | 18 |
| 9. REGISTRO DOCUMENTAL.....                                                                                          | 19 |
| 10. COMUNICACIÓN PERIÓDICA DE DATOS.....                                                                             | 19 |

### UD2 – MANEJO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN A LA REFRIGERACIÓN.....                      | 23 |
| 2. TIPOS DE REFRIGERANTES EN AUTOMOCIÓN.....                 | 24 |
| 3. PARÁMETROS TERMODINÁMICOS.....                            | 25 |
| 3.1. CICLO TERMODINÁMICO Y DIAGRAMA DE MOLLIER R134A .....   | 26 |
| 3.2. CICLO TERMODINÁMICO Y DIAGRAMA DE MOLLIER R1234yf ..... | 27 |
| 4. GAS REFRIGERANTE R744.....                                | 28 |
| 5. PRECAUCIONES EN LA MANIPULACION DE REFRIGERANTES.....     | 29 |
| 6. EL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN.....                         | 30 |
| 7. EL ACEITE LUBRICANTE EN EL CIRCUITO.....                  | 31 |

# ÍNDICE

## UD2 – MANEJO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>8. LOS COMPRESORES DE AIRE ACONDICIONADO.....</b>      | <b>32</b> |
| 8.1. COMPRESOR ROTATIVO DE PALETAS.....                   | 33        |
| 8.2. COMPRESOR ALTERNATIVO DE CILINDRADA FIJA.....        | 34        |
| 8.3. COMPRESOR ALTERNATIVO DE CILINDRADA VARIABLE.....    | 36        |
| 8.4. COMPRESOR SCROLL.....                                | 37        |
| 8.5. COMPRESOR SCROLL DE ALTA TENSIÓN.....                | 38        |
| <b>9. EL CONDENSADOR.....</b>                             | <b>39</b> |
| <b>10. FILTRO DESHIDRATADOR.....</b>                      | <b>40</b> |
| <b>11. FILTRO DESHIDRATADOR Y ACUMULADOR.....</b>         | <b>41</b> |
| <b>12. LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN.....</b>                   | <b>42</b> |
| <b>13. EL EVAPORADOR.....</b>                             | <b>44</b> |
| <b>14. EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO DEL COMPRESOR.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>15. ELECTROVÁLVULA DE CONTROL DEL COMPRESOR.....</b>   | <b>47</b> |
| <b>16. ELECTROVENTILADOR DEL CONDENSADOR.....</b>         | <b>48</b> |
| <b>17. SENSOR DE PRESIÓN.....</b>                         | <b>49</b> |
| <b>18. PRESOSTATO O VÁLVULA TRINARIA.....</b>             | <b>51</b> |
| <b>19. SENSORES DE TEMPERATURA.....</b>                   | <b>52</b> |
| <b>20. SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR.....</b>                 | <b>54</b> |
| <b>21. SERVOMOTORES DE TRAMPILLAS.....</b>                | <b>55</b> |
| 21.1. SERVOMOTOR TRAMPILLA MEZCLA DE AIRE.....            | 57        |
| 21.2. SERVOMOTORES DE TRAMPILLAS DE RECICLAJE DE AIRE..   | 58        |
| <b>22. PRUEBA DE RENDIMIENTO TÉRMICO.....</b>             | <b>59</b> |
| <b>23. ESTACIÓN DE RECARGA DE AIRE ACONDICIONADO.....</b> | <b>60</b> |
| 23.1. FUNCIONES DE LA ESTACION DE RECARGA.....            | 61        |
| 23.2. MODO AUTOMÁTICO.....                                | 62        |
| 23.3. LIMPIEZA / RECUPERACIÓN.....                        | 63        |
| 23.4. RECUPERACIÓN.....                                   | 64        |
| 23.5. DRENADO DEL ACEITE.....                             | 65        |
| 23.6. VACÍO.....                                          | 66        |
| 23.7. RELLENADO DEL ACEITE NUEVO.....                     | 67        |
| 23.8. RELLENADO DEL REFRIGERANTE.....                     | 68        |
| 23.9. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....                    | 69        |
| <b>24. LAVADO DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN.....</b>      | <b>70</b> |
| <b>25. DIAGNÓSTICO POR PRESIONES.....</b>                 | <b>71</b> |

# ÍNDICE

## UD3 – TECNOLOGÍAS PERTINENTES PARA SUSTITUIR O REDUCIR EL USO DE GASES FLUORADOS DE EFECTO INVERNADERO Y LA MANERA SEGURA DE MANIPULARLAS

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. SISTEMAS PARA REDUCIR LA CARGA DE GASES FLUORADOS DE EFECTO INVERNADERO Y AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....                     | 81 |
| 1.1. REDUCCIÓN DE LA CARGA DE REFRIGERANTE.....                                                                                         | 81 |
| 1.2. MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA....                                                                                 | 82 |
| 2. REGLAS Y NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE REFRIGERANTES INFLAMABLES, TÓXICOS O DE ALTA PRESIÓN.....   | 83 |
| 3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS REFRIGERANTES ALTERNATIVOS EN RELACIÓN CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS ..... | 84 |

# UD1

## IMPACTO AMBIENTAL DE LOS REFRIGERANTES Y NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL CORRESPONDIENTE

- **Analizar** el impacto ambiental de los refrigerantes.
- **Conocer** la normativa medioambiental vigente.
- **Identificar** las obligaciones legales del profesional de automoción.



## 1. EL CAMBIO CLIMÁTICO

El **cambio climático** se refiere a la alteración a largo plazo de los patrones climáticos de la Tierra, especialmente el **aumento de la temperatura media global**.

La comunidad científica coincide en que la causa principal es la **actividad humana**, sobre todo por la emisión de **gases de efecto invernadero (GEI)** derivados de:

- La quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas).
- El transporte y la industria.
- La deforestación.
- La agricultura intensiva y la ganadería.



Los principales GEI son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los **gases fluorados**.

Sus efectos incluyen:

- Incremento del nivel del mar.
- Fenómenos meteorológicos extremos.
- Pérdida de biodiversidad.
- Impactos económicos y sociales relevantes.

## 2. EL PROTOCOLO DE KIOTO

El **Protocolo de Kioto** es un acuerdo internacional adoptado en **1997** en la ciudad japonesa de Kioto, en el marco de la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**. Entró en vigor en **2005**.

Su objetivo principal es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los **países industrializados**, reconociendo que estos son los principales responsables históricos del calentamiento global.



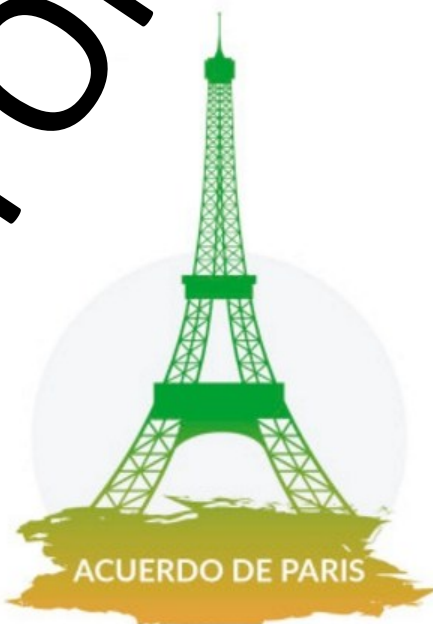
2. EL PROTOCOLO DE KIOTO

| COMPROMISOS                                                                                                                                                                                                                                                                   | MECANISMOS DEL PROTOCOLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Reducción media de <b>al menos un 5 %</b> de las emisiones respecto a los niveles de <b>1990</b>.</li><li>■ Periodo de compromiso principal: <b>2008–2012</b> (posteriormente ampliado hasta 2020 con la Enmienda de Doha).</li></ul> | <p>Para facilitar el cumplimiento, se establecieron tres mecanismos flexibles:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Comercio de emisiones:</b> intercambio de derechos de emisión entre países.</li><li>■ <b>Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):</b> proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo.</li><li>■ <b>Aplicación conjunta:</b> proyectos entre países industrializados.</li></ul> |

No obstante, el Protocolo de Kioto presentó **importantes limitaciones**. Entre ellas destaca que **no imponía obligaciones de reducción a los países en desarrollo**, como China o India, a pesar de que con el tiempo se convirtieron en grandes emisores de gases contaminantes. Además, **Estados Unidos**, uno de los mayores emisores a nivel mundial, **no ratificó el acuerdo**, lo que redujo significativamente su eficacia.

Como consecuencia de estas limitaciones, el impacto real del Protocolo de Kioto sobre la **reducción global de emisiones fue limitado**, lo que puso de manifiesto la necesidad de nuevos acuerdos internacionales más inclusivos, con compromisos más amplios, como el posterior Acuerdo de París.

El Protocolo de Kioto fue reemplazado progresivamente por el **Acuerdo de París (2015)**, que establece compromisos climáticos para **todos los países**, con el objetivo de limitar el calentamiento global por debajo de **2 °C**, y preferiblemente **1,5 °C**.





### 3.1. POTENCIALES DE AGOTAMIENTO DE OZONO Y CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO

Los **potenciales de agotamiento de ozono (PAO)** y los **potenciales de calentamiento atmosférico (PCA)** son indicadores fundamentales para evaluar el impacto ambiental de distintas sustancias utilizadas como **refrigerantes**, especialmente los **gases fluorados**, tanto clorados como no clorados.

El **PAO** mide la capacidad de una sustancia para destruir la **capa de ozono estratosférico**, tomando como referencia el **CFC-11**, al que se asigna un valor de **PAO = 1**. Los **gases fluorados clorados**, como los **CFC** y los **HCFC**, presentan valores de PAO significativos, ya que contienen cloro que, al liberarse en la estratosfera, cataliza la destrucción del ozono. Por el contrario, los **gases fluorados no clorados**, como los **HFC**, tienen **PAO prácticamente nulo ( $\approx 0$ )**, al no contener cloro ni bromo en su composición.

El **PCA** (también denominado **potencial de calentamiento global**) expresa la contribución de un gas al **efecto invernadero** en comparación con el **CO<sub>2</sub>**, al que se asigna un valor de **PCA = 1**, normalmente calculado para un horizonte temporal de **100 años**. Desde este punto de vista, muchos gases fluorados presentan un impacto climático muy elevado.

Por ejemplo, los **CFC y HCFC** combinan un **alto PAO** con **PCA muy elevados**, que pueden situarse en el **orden de miles o incluso decenas de miles**. Los **HFC**, aunque no dañan la capa de ozono, poseen **PCA muy altos**, habitualmente entre **cientos y varios miles**, lo que los convierte en **potentes gases de efecto invernadero**.

En el caso de otros refrigerantes fluorados, como los **PFC** y el **hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)**, el PAO es nulo, pero su PCA es **extremadamente elevado**, alcanzando valores del **orden de 10<sup>4</sup> a 10<sup>5</sup>**, además de presentar una **vida atmosférica muy prolongada**. Esto implica que pequeñas emisiones tienen un impacto climático desproporcionadamente alto.

Las emisiones de estos gases, aunque cuantitativamente menores que las del CO<sub>2</sub>, tienen un **impacto muy significativo tanto en el clima como, en el caso de los compuestos clorados, en la capa de ozono**. Por este motivo, la legislación internacional ha promovido la **eliminación progresiva de los refrigerantes con alto PAO y PCA**, fomentando el uso de **alternativas de bajo impacto ambiental**, como los **HFO**, el **CO<sub>2</sub>**, el **amoníaco** y los **hidrocarburos**, en línea con los objetivos del **Protocolo de Montreal**, su **Enmienda de Kigali** y las políticas climáticas actuales.



EFECTO INVERNADERO



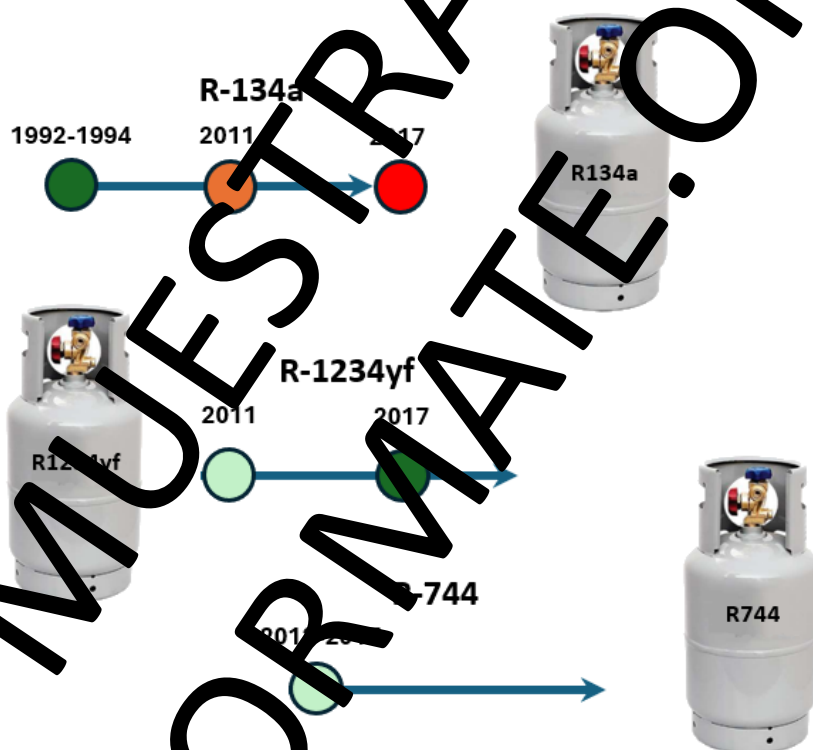
CAPA DE OZONO DAÑADA



## 5. REFRIGERANTES ALTERNATIVOS EN AUTOMOCIÓN

La **utilización de refrigerantes alternativos en automoción** responde a la necesidad de **reducir el impacto ambiental** de los sistemas de climatización de los vehículos, en cumplimiento de la normativa europea sobre **gases fluorados de efecto invernadero** y los objetivos de mitigación del cambio climático. Tradicionalmente, los sistemas de aire acondicionado empleaban refrigerantes con **alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA)**, lo que ha motivado su sustitución progresiva por alternativas más sostenibles.

Durante años, el refrigerante más utilizado fue el **R-134a (HFC-134a)**, con **PAO = 0** pero un **PCA elevado ( $\approx 1.430$ )**. Debido a su significativo impacto climático, su uso ha sido restringido por la **Directiva 2006/40/CE** (Directiva MAC), que prohíbe su empleo en vehículos nuevos homologados en la Unión Europea desde 2011 y en todos los vehículos nuevos desde 2017.

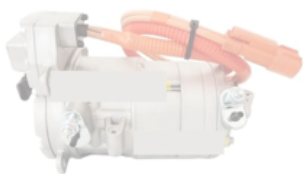


Como principal alternativa se ha implantado el **R-1234yf (HFO-1234yf)**, un hidrofluoroolefina con **PAO nulo** y un **PCA muy bajo ( $\approx 1$ )**, lo que supone una reducción drástica del impacto ambiental frente al R-134a. Este refrigerante es actualmente el más extendido en los sistemas de climatización de turismos modernos. No obstante, presenta **ligera inflamabilidad (clasificación A2L)**, lo que ha requerido modificaciones en el diseño de los sistemas y protocolos de seguridad específicos en mantenimiento y reparación.

Otra alternativa de interés es el **dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  – R-744)**, un refrigerante **natural**, con **PAO = 0** y **PCA = 1**. Aunque su impacto climático es mínimo, su aplicación en automoción implica **presiones de trabajo muy elevadas**, lo que incrementa la complejidad técnica y el coste de los sistemas. Aun así, el  $\text{CO}_2$  se considera una solución muy prometedora, especialmente en **vehículos eléctricos e híbridos**, donde puede integrarse eficientemente en sistemas térmicos avanzados.

# UD2

## MANEJO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN VEHÍCULOS



■ **Identificar** los componentes principales de los sistemas de climatización en vehículos.

■ **Comprender** el principio de funcionamiento del ciclo frigorífico aplicado a la climatización del automóvil.

■ **Manejar** correctamente el equipamiento específico de climatización.

■ **Detectar y diagnosticar** averías básicas en sistemas de climatización mediante síntomas, mediciones y herramientas de diagnóstico.



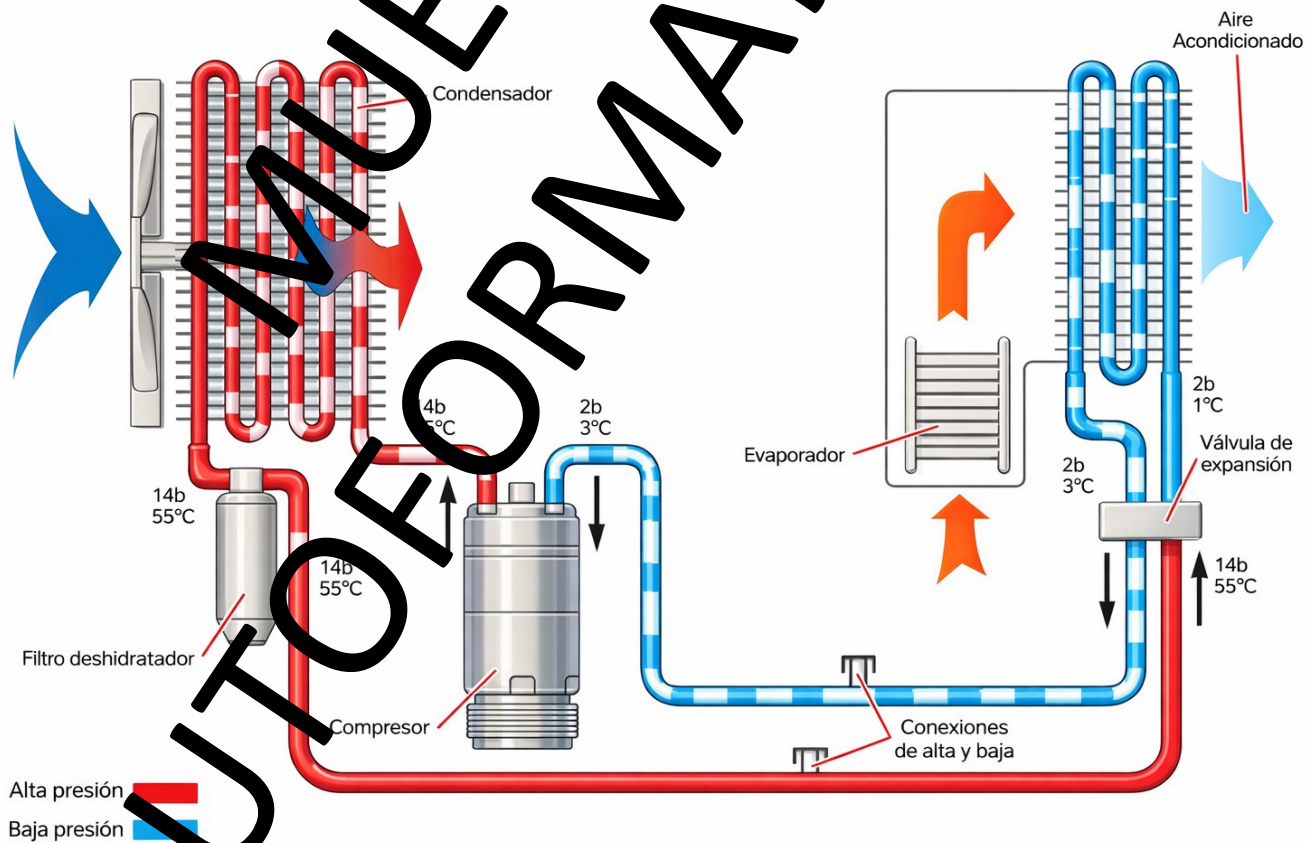


1. INTRODUCCIÓN A LA REFRIGERACIÓN

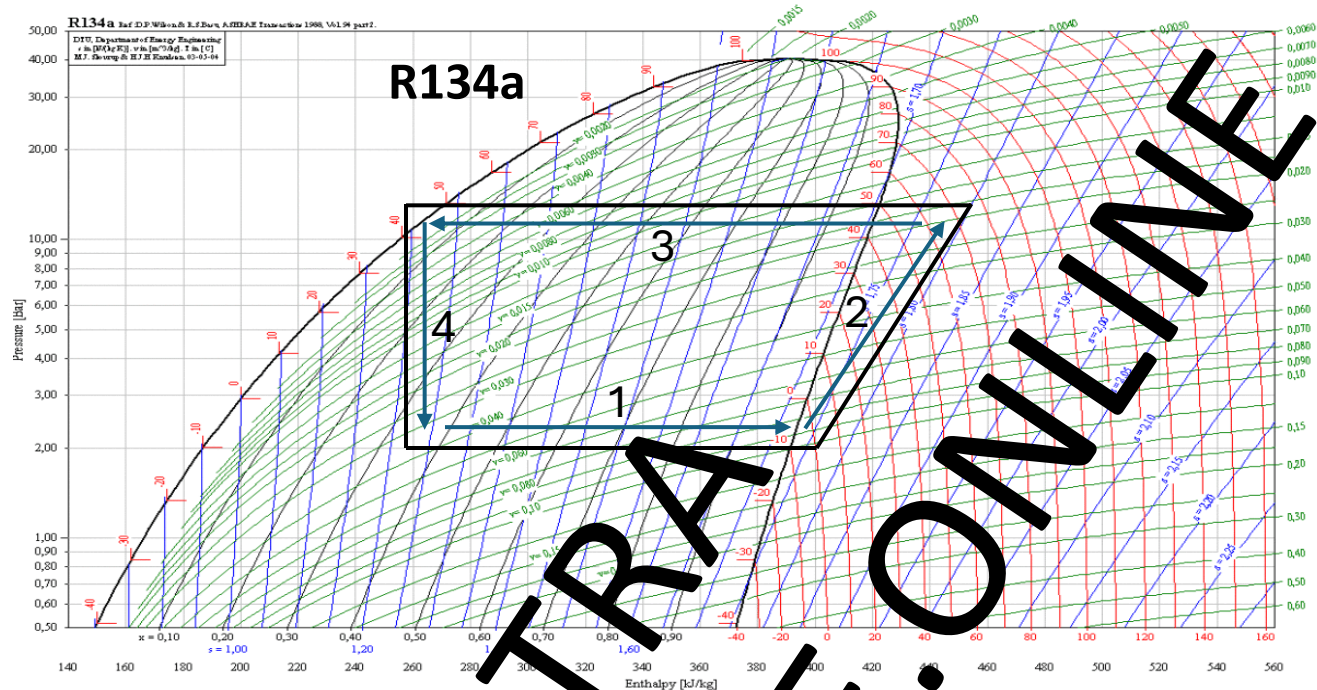
Todos los sistemas de A/A en automoción, independientemente del refrigerante empleado, se basan en el mismo principio:

- 1 – El refrigerante circula por un **circuito cerrado**.
- 2 – El refrigerante cambia de estado (líquido ↔ vapor).
- 3 – Absorbe calor en el evaporador.
- 4 – El calor lo cede en el condensador.

| FUNCIONES PRINCIPALES DEL AA/CC                                                                                                                                                                                                                                                                                   | COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Mejorar el <b>confort térmico</b> de los ocupantes.</li><li>■ Mantener una <b>temperatura interior estable</b>.</li><li>■ Reducir la <b>humedad</b> del aire (desempañado eficaz).</li><li>■ Aumentar la <b>seguridad</b> y el bienestar durante la conducción.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Compresor.</li><li>■ Condensador.</li><li>■ Filtro deshidratador.</li><li>■ Dispositivo de expansión.</li><li>■ Evaporador.</li><li>■ Refrigerante.</li><li>■ Canalizaciones.</li></ul> |



### 3.1. CICLO TERMODINÁMICO Y DIAGRAMA DE MOLLIER R134a



#### ■ 1 – EVAPORACIÓN (EVAPORADOR)

El refrigerante entra como **mezcla líquido-vapor** a **baja presión** absorbiendo el calor del habitáculo. Sale como **vapor saturado** o **ligeramente sobrecalentado**.

En el diagrama:

Movimiento **horizontal hacia la derecha** a presión casi constante (zona baja del gráfico)

Aumenta la entalpía por el **efecto frigorífico**.

#### ■ 2 – COMPRESIÓN (COMPRESOR)

El vapor entra a **baja presión** y el compresor aumenta la **presión y temperatura**. El gas refrigerante sale como **vapor sobrecalentado**.

En el diagrama:

Línea ascendente casi vertical aumentando la presión y entalpía. No hay cambio de fase.

#### ■ 3 – CONDENSACIÓN (CONDENSADOR)

El vapor caliente cede calor al exterior y el refrigerante se transforma en **líquido a alta presión**. Primero se enfría y luego se condensa.

En el diagrama:

Movimiento **horizontal hacia la izquierda** con presión alta constante. Disminuye la entalpía. Se **rechaza el calor** al ambiente.

#### ■ 4 – EXPANSIÓN (VÁLVULA DE EXPANSIÓN)

El líquido a alta presión se estrangula por el orificio de la válvula de expansión y hace bajar la presión bruscamente. Parte del líquido se evapora instantáneamente.

En el diagrama:

Línea **vertical descendente** con entalpía constante. El refrigerante pasa de líquido subenfriado a mezcla líquido-vapor. No hay intercambio de calor ni trabajo.

4. GAS REFRIGERANTE R744

El **R744** es el nombre técnico asignado al **dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** cuando se utiliza como **refrigerante** en sistemas de climatización. Se considera un **refrigerante natural**, ampliamente utilizado en aplicaciones industriales y cada vez más presente en automoción, especialmente en **vehículos eléctricos e híbridos**.

Los sistemas de climatización que emplean R744 presentan particularidades técnicas importantes.

| PRESIONES DE TRABAJO                                                                                                                | COMPONENTES                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Lado de alta:</b> hasta 120–140 bar.</li><li>■ <b>Lado de baja:</b> 30–40 bar.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Compresores reforzados.</li><li>■ Intercambiadores de calor diseñados para alta presión (gas cooler).</li><li>■ Válvulas de expansión electrónicas.</li></ul> |

| VENTAJAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Amplio rango de temperatura de trabajo.</li><li>■ Se puede utilizar para bomba de calor.</li><li>■ No es necesario el control de fuga ni su recuperación en el fin de la vida útil del vehículo.</li><li>■ No es inflamable ni tóxico.</li><li>■ Es un refrigerante fácil de reciclar.</li><li>■ Bajo impacto medioambiental.</li></ul> |

| INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ No se puede utilizar en sistemas diseñados para R134a.</li><li>■ Se tiene que utilizar un compresor distinto.</li><li>■ Las mangueras y juntas son distintas porque disolvería el plástico.</li></ul> |





PRECAUCIONES EN LA MANIPULACIÓN DE SISTEMAS CON REFRIGERANTES DE AA/C

- Mantener la zona de trabajo bien ventilada.
- Estar alejado de zonas con fuentes de calor, llamas o chispas.
- Evitar trabajar en fosos o zonas bajas. En caso de fuga el refrigerante se acumula en zonas bajas.
- Evitar cargas electrostáticas.
- No fumar en zonas de trabajo.
- Utilizar guantes y gafas de protección homologadas.
- En caso de realizar trabajos en vehículos híbridos o eléctricos utilizar guantes homologados con aislamiento eléctrico además de calzado homologado para evitar descargas.
- Evitar el contacto del gas en piel y ojos.
- No respirar los vapores de estos agentes refrigerantes.
- Recipientes bien cerrados, sin fugas y alejados de fuentes de calor a una temperatura superior a 50°C.
- En caso de fuga accidental ventilar la zona y alejarse.
- Los contenedores del agente refrigerante vacíos o con contenido son residuos peligrosos y hay que entregarlos a gestores de residuos peligrosos certificados y homologados.

SINTOMAS Y EFECTOS POR INHALACIÓN PROLONGADA

- Dolor de cabeza.
- Vértigos.
- Somnolencia.
- Arritmias cardíacas.
- Pérdida de conocimiento.



PRIMEROS AUXILIOS

- Sacar al accidentado de la zona contaminada y trasladarlo al aire libre.
- Llamar a un centro de información toxicológico o médico.
- En caso de contacto con el líquido tratar la zona afectada como si fuera una quemadura, es decir, lavar con abundante agua y no quitar la ropa ni poner ropa, puede quedarse pegada a la piel.
- Si hay contacto con los ojos, lavar de inmediato durante un tiempo prolongado, mantener los párpados separados durante 15min e ir al médico.



8. LOS COMPRESORES DE AIRE ACONDICIONADO

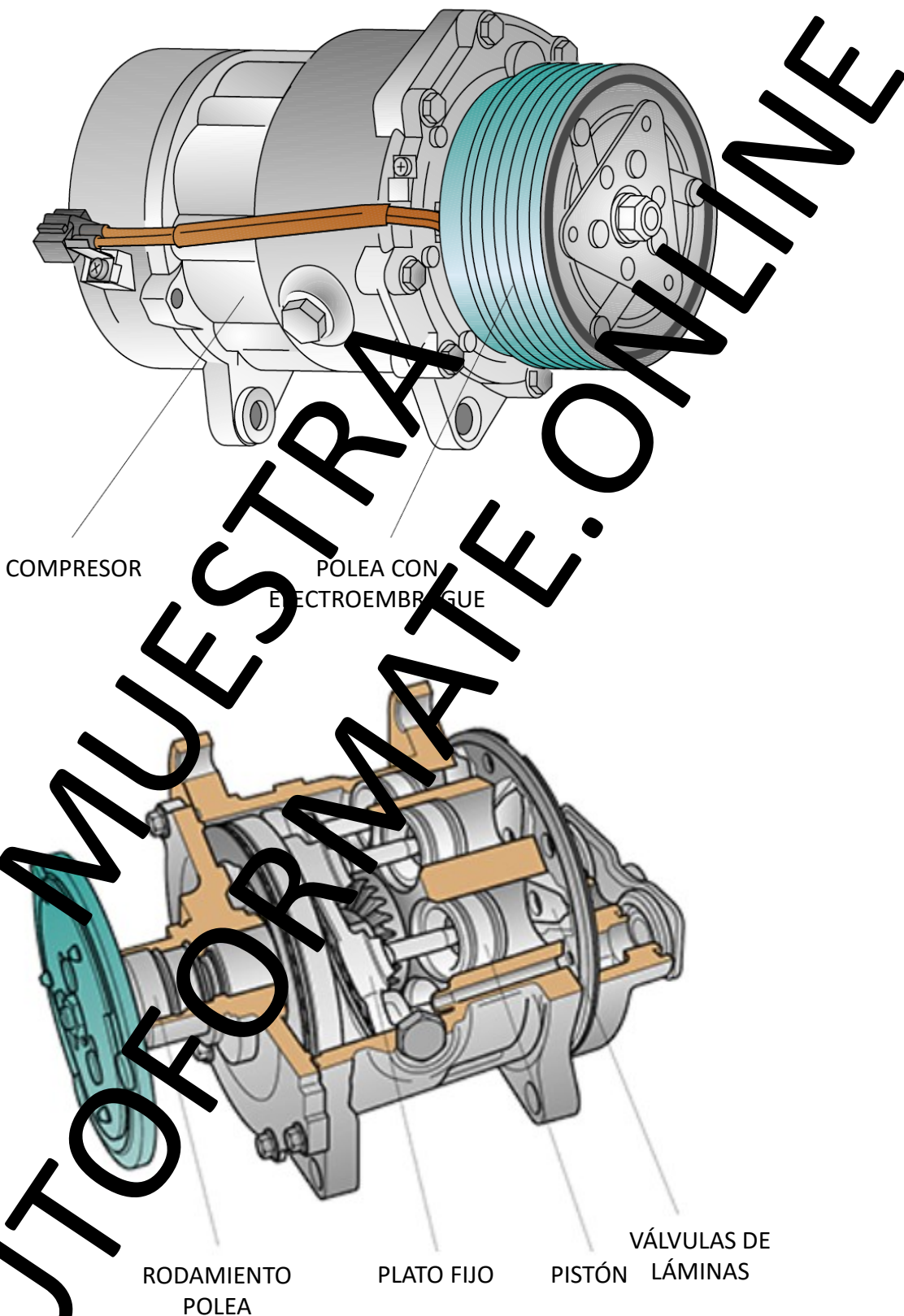
Los **compresores de aire acondicionado automotrices** son el **elemento central del sistema de climatización**, ya que se encargan de **aspirar, comprimir y hacer circular el refrigerante** por el circuito. Sin compresor, no existe producción de frío.

FUNCIONES BÁSICAS DEL COMPRESOR

- El compresor realiza tres funciones básicas:
- **Aspira** el refrigerante en estado gaseoso y baja presión desde el evaporador.
  - **Comprime** el gas, elevando su presión y temperatura.
  - **Impulsa** el refrigerante hacia el condensador. Este proceso permite que el refrigerante libere calor en el condensador y posteriormente genere frío en el evaporador.

TIPOS DE COMPRESORES





8.3. COMPRESOR ALTERNATIVO DE CILINDRADA VARIABLE

Un **compresor de A/A de cilindrada variable** es un tipo de compresor utilizado en sistemas de climatización de automóviles que **ajusta automáticamente su capacidad de compresión** según la demanda térmica, sin necesidad de conectar y desconectar mediante embrague electromagnético, aunque hay algunos compresores que disponen también de embrague electromagnético.

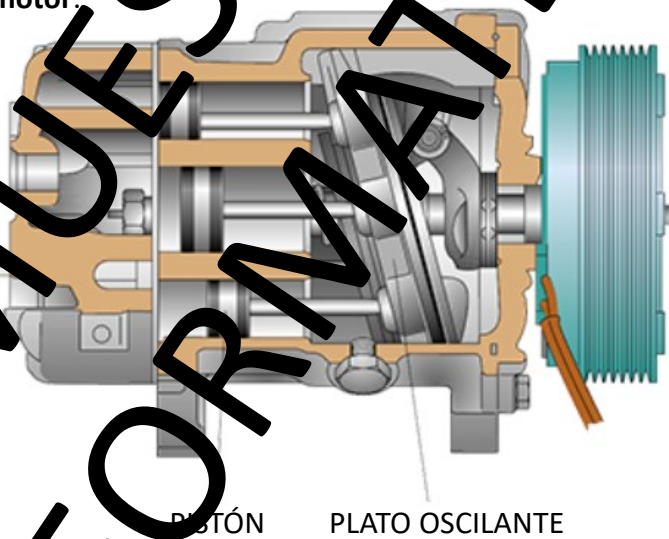
A diferencia del compresor de cilindrada fija, este compresor **varía la carrera efectiva de los pistones**, modificando así el caudal de refrigerante que comprime.

Esto se logra mediante un **plato oscilante (swash plate)** o **plato inclinado**, cuyo ángulo cambia. Al variar el ángulo, cambia la carrera del pistón, por tanto, cambia la cilindrada.

- **Mayor ángulo** = mayor cilindrada = más capacidad frigorífica.
- **Menor ángulo** = menor cilindrada = menor consumo.

En cuanto a la **regulación** se realiza mediante una **válvula de control** (mecánica o electrónica). Esta válvula actúa sobre la **presión en el cárter del compresor**. El equilibrio entre presión de aspiración, presión de descarga y presión del cárter determina el ángulo del plato.

En versiones modernas, la válvula es **electrónica (señal PWM)** y está controlada por la **unidad de climatización o ECU del motor**.



| VENTAJAS                                                                                                                                                                                                                                   | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Mayor eficiencia energética.</li><li>■ Confort térmico más estable.</li><li>■ Menor desgaste mecánico.</li><li>■ Menos ruido y vibraciones.</li><li>■ Mayor durabilidad del sistema A/A.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Mayor complejidad mecánica y electrónica.</li><li>■ Coste de reparación más elevado.</li><li>■ Diagnóstico más complicado.</li><li>■ Sensibilidad a la contaminación del aceite.</li><li>■ Dependencia de la gestión electrónica.</li></ul> |





8.4. COMPRESOR SCROLL

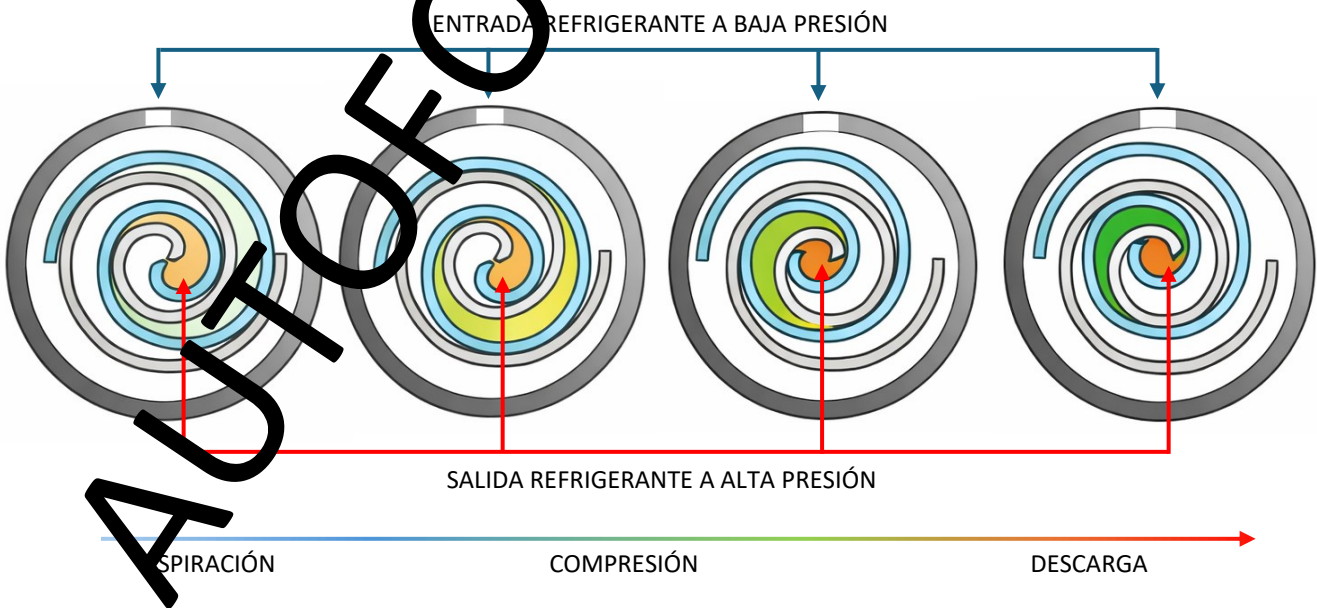
El **compresor scroll** es un compresor volumétrico rotativo que comprime el refrigerante mediante el **movimiento relativo de dos espirales (scrolls)**:

- **Scroll fijo**: permanece estático.
- **Scroll móvil (orbitante)**: gira de forma excéntrica sin rotar sobre su eje.

Este movimiento crea **cámaras de volumen decreciente**, donde el refrigerante es aspirado, comprimido y finalmente descargado a alta presión.

| CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS                                                                                                                                                                                                                | CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Dos espirales de geometría involuta.</li><li>■ Movimiento suave y continuo.</li><li>■ Menor número de piezas móviles que un compresor alternativo.</li><li>■ Alta precisión de mecanizado.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Alta eficiencia volumétrica.</b></li><li>■ Compresión progresiva y continua.</li><li>■ Funcionamiento <b>mucho más silencioso</b> y con bajas vibraciones.</li><li>■ Excelente estanqueidad interna.</li></ul> |

| FASES DEL CICLO DE FUNCIONAMIENTO                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ASPIRACIÓN</b></p> <p>El refrigerante en estado gaseoso entra por la <b>zona periférica</b> del compresor. Queda atrapado entre las espirales fija y móvil.</p>                                                                                              |
| <p><b>COMPRESIÓN</b></p> <p>El scroll móvil realiza un movimiento <b>orbital</b>. Las cámaras de gas se desplazan hacia el centro.</p> <p>El volumen disminuye progresivamente → <b>aumento de presión y temperatura.</b></p>                                      |
| <p><b>DESCARGA</b></p> <p>El gas ya comprimido se libera por el <b>orificio central de descarga</b>. Sale hacia el condensador del sistema de climatización.</p> <p><i>No existen válvulas de aspiración ni de descarga, lo que reduce pérdidas y averías.</i></p> |



## 10. FILTRO DESHIDRATADOR

El **filtro deshidratador** es un componente del sistema de aire acondicionado en automoción, situado en el **circuito de alta presión**, cuya función principal es **eliminar la humedad y las impurezas** del refrigerante antes de que llegue al dispositivo de expansión.

Se encuentra **después del condensador**, antes de la **válvula de expansión** u **orificio calibrado** y forma parte del **lado de alta presión** del sistema.



FILTRO  
DESHIDRATADOR

### FUNCIONES DEL FILTRO DESHIDRATADOR

- **Absorber la humedad** presente en el refrigerante mediante un material desecante.
- **Retener partículas sólidas** (restos metálicos, suciedad, desgaste del compresor).
- **Evitar la formación de hielo** en la válvula de expansión.
- **Prevenir la corrosión interna** del circuito.
- **Proteger el compresor y el resto de componentes** del sistema.

### HUMEDAD EN CIRCUITO

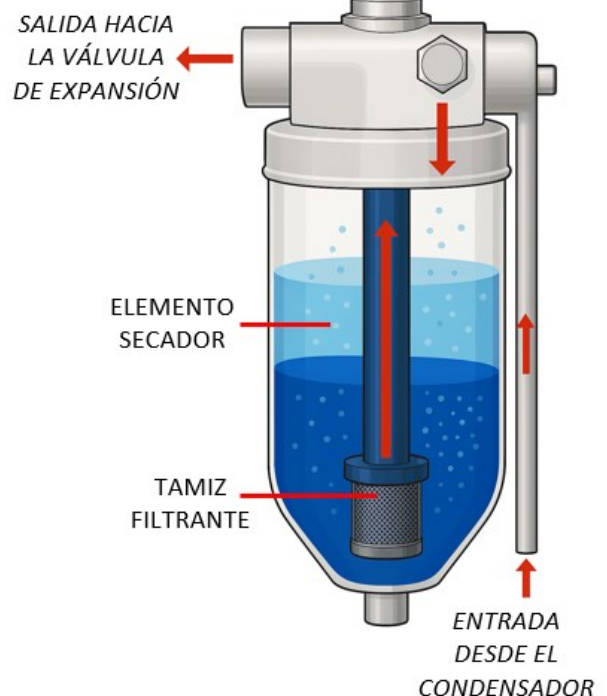
La presencia de humedad en el circuito puede provocar:

- **Congelación** en la válvula de expansión.
- **Aumento de presiones** anormales.
- **Daños en el compresor**.
- **Pérdida de rendimiento** del aire acondicionado.

### SUSTITUCIÓN

El **filtro deshidratador** debe **sustituirse** siempre que:

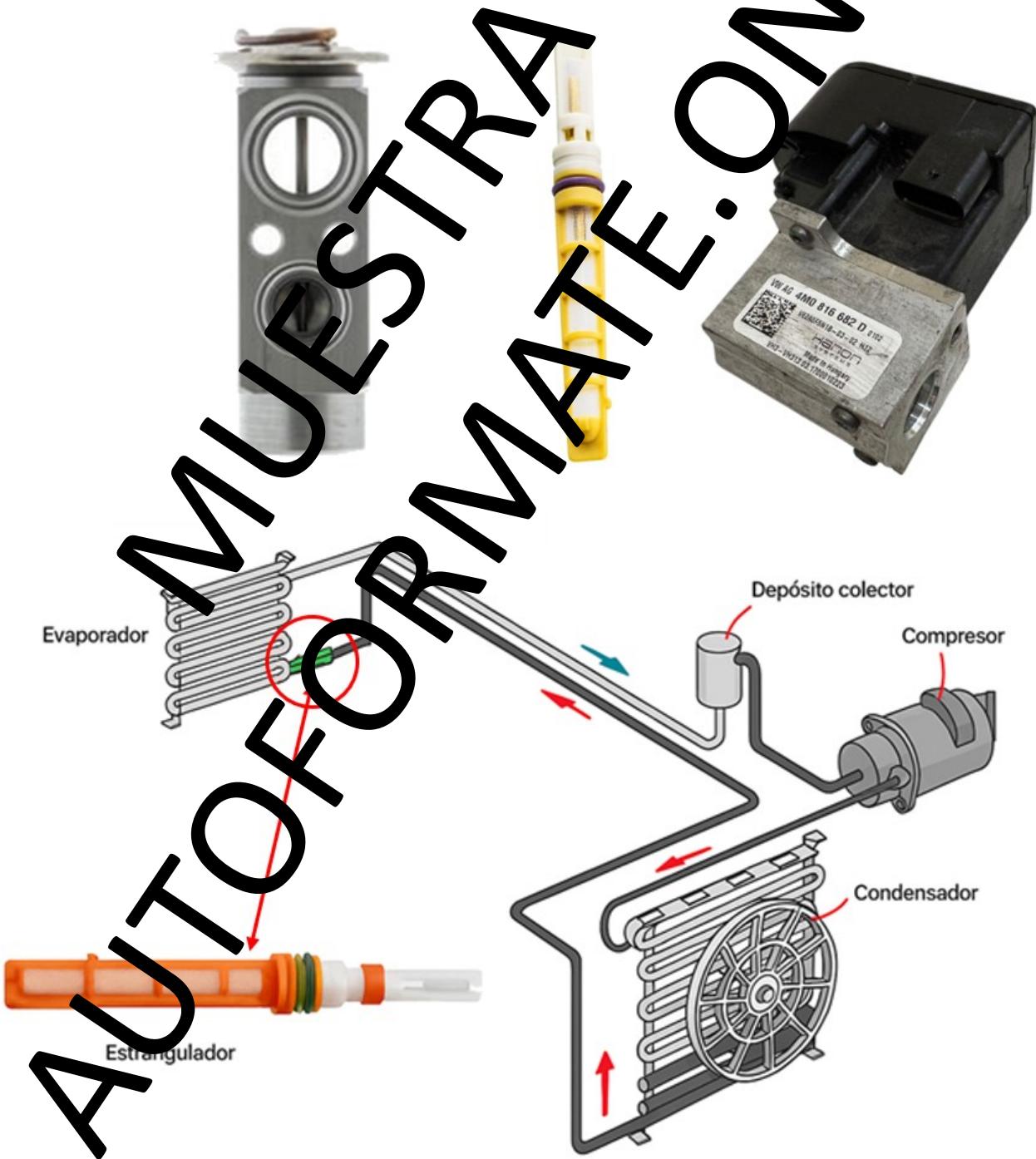
- Se abre el circuito.
- Se cambia el compresor.
- Se detecta contaminación interna.
- El fabricante lo indique por mantenimiento.





12. LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

|                      | TERMOSTÁTICA               | ORIFICIO FIJO         | ELECTRÓNICA                      |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| REGULACIÓN DEL FLUJO | Automática por temperatura | Fija, sin regulación. | Controlada por sensores y la ECU |
| EFICIENCIA           | Media / Alta               | Baja                  | Muy alta                         |
| COSTE                | Medio.                     | Bajo                  | Alto                             |
| PRECISIÓN            | Alta                       | Baja                  | Muy alta                         |
| USOS                 | Gama media y alta          | Gama baja y media     | Eléctrica, híbrida y gama alta   |



### 13. EL EVAPORADOR

El refrigerante **entra al evaporador en estado líquido** o mezcla líquido-vapor.

La **presión** es aproximadamente de **2,5–3 bar** y con una temperatura alrededor de **–10 a –15 °C**.

El refrigerante llega desde la **válvula de expansión**, que ha reducido bruscamente la presión. Al bajar la presión, también baja la temperatura del refrigerante.

El refrigerante circula por los tubos del evaporador y **un ventilador impulsa aire** del habitáculo a través de las aletas. El aire está más caliente que el refrigerante y realiza un intercambio térmico.

El refrigerante **absorbe calor** del aire y el aire se enfría y sale hacia el interior del vehículo. El refrigerante comienza a **evaporarse** (cambio de líquido a gas).

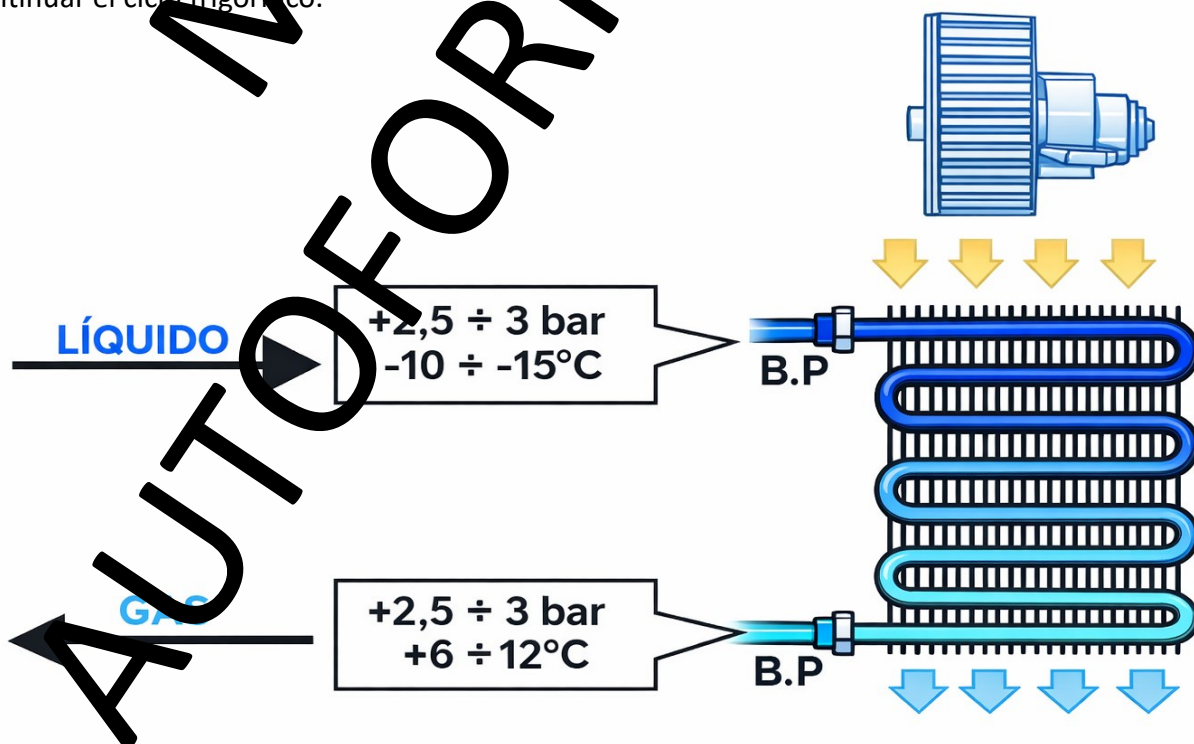
#### RECORRIDO POR EL EVAPORADOR

- El refrigerante **pasa de líquido a gas**.
- Este cambio de estado es lo que realmente produce el enfriamiento.
- La presión se mantiene prácticamente constante (baja presión).

**No enfría por estar frío, enfría porque absorbe calor al evaporarse.**

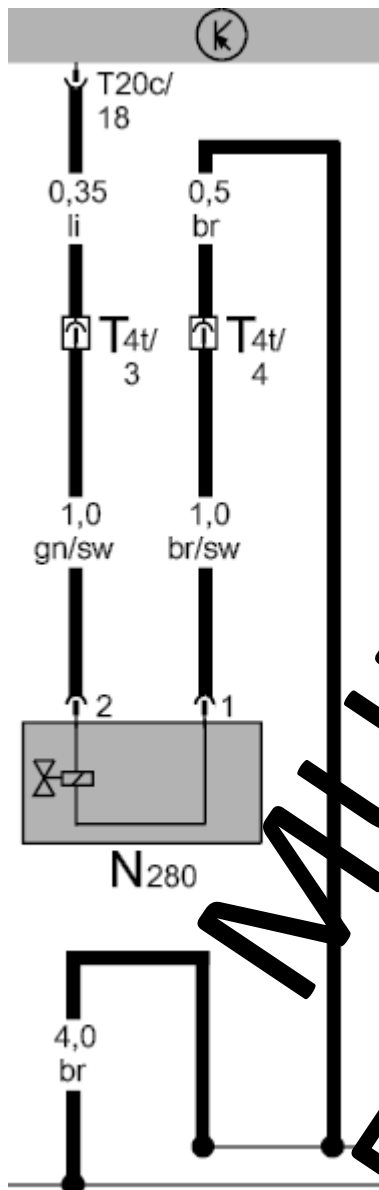
El refrigerante **sale completamente en forma de gas** del evaporador pero sigue a una presión de **2,5-3 bar** pero la temperatura ha subido a **unos 6-12 °C**. Esta subida de temperatura indica que el refrigerante ya ha absorbido calor suficiente.

El gas sale por la línea de **baja presión** y se dirige al **compresor**, donde será comprimido para continuar el ciclo frigorífico.



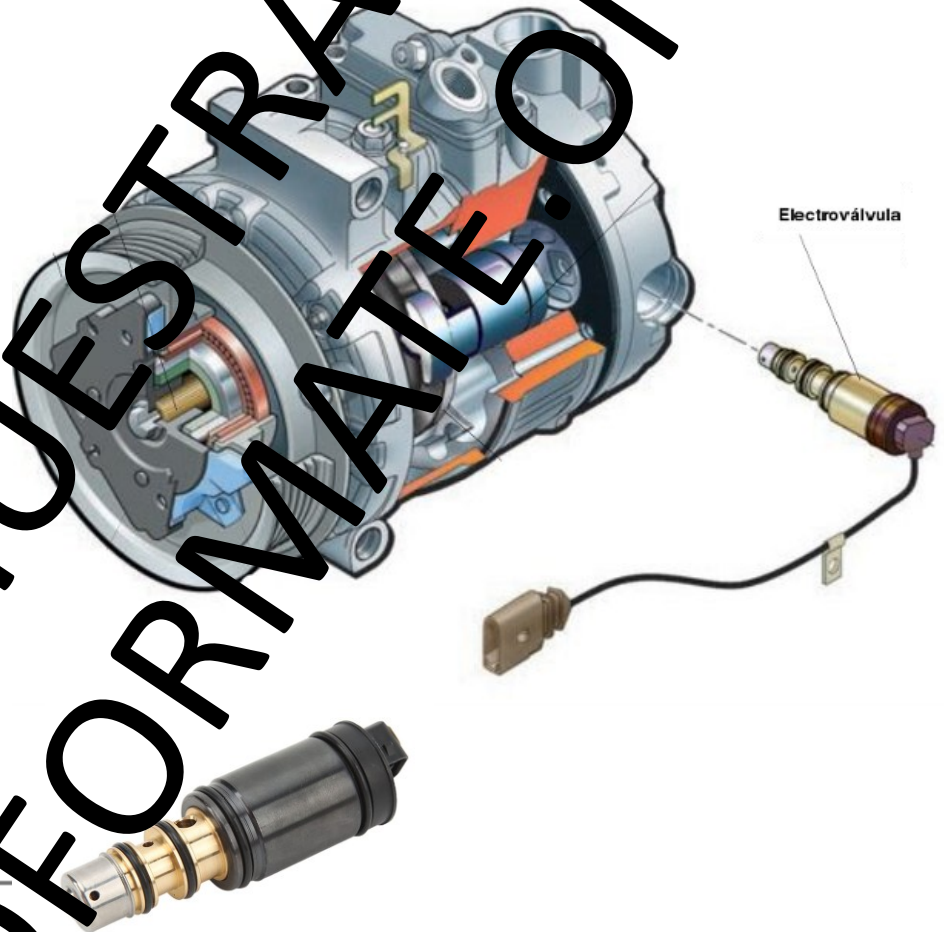
## 15. ELECTROVÁLVULA DE CONTROL DEL COMPRESOR

Su misión es **regular la cilindrada del compresor**, es decir, la cantidad de refrigerante que comprime, **sin necesidad de embrague electromagnético** o complementándolo. Lo hace **controlando la presión** en la cámara de control del plato oscilante del compresor.



La **unidad de control del motor o climatizador (ECU)** envía una señal eléctrica (normalmente **PWM**) a la electroválvula. La válvula **abre o cierra pasos internos de refrigerante** y modifica la presión que actúa sobre el **plato oscilante**.

- Más presión → menor inclinación → menor compresión.
- Menos presión → mayor inclinación → mayor compresión.



### COMPROBACIONES ELÉCTRICAS

**Resistencia típica:** 8–15  $\Omega$  (ver datos del fabricante).

**Comprobar:**

- Continuidad.
- Cortocircuito.
- Señal PWM con osciloscopio.
- Activación forzada con máquina de diagnóstico (si el sistema lo permite).

17. SENSOR DE PRESIÓN

El **sensor de presión del circuito de A/A** es un componente electrónico que **mide la presión del refrigerante** (R134a, R1234yf, etc.) en el sistema y **envía esta información a la ECU** (unidad de control del motor o del climatizador).



**FUNCIONES PRINCIPALES**

**PROTECCIÓN DEL SISTEMA**

- Evita el funcionamiento del compresor con **presión baja** (alta de gas).
- Evita **sobrepresiones** que podrían dañar el compresor o las tuberías.

**GESTIÓN DEL COMPRESOR**

- Autoriza o bloquea el embrague del compresor.
- Regula compresores de **cilindrada variable**.

**CONTROL TÉRMICO**

- Activa los **electrotermostatos** del radiador/condensador según la presión.
- Optimiza el rendimiento del climatizador.

**INFORMACIÓN PARA DIAGNOSIS**

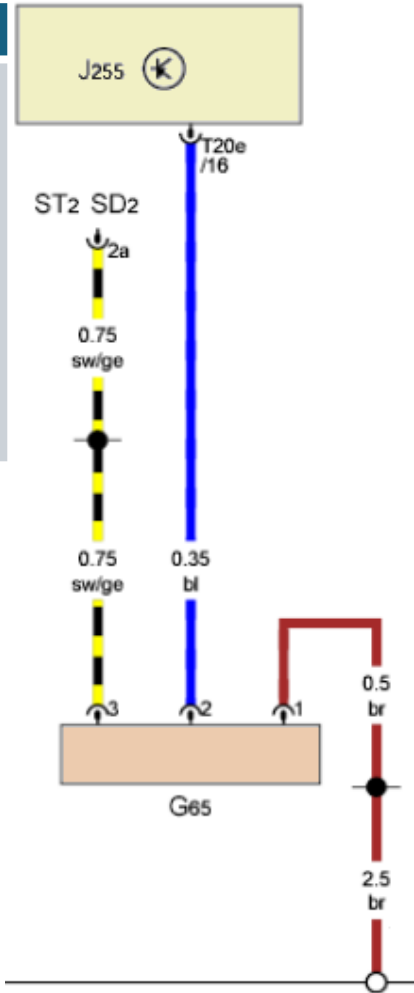
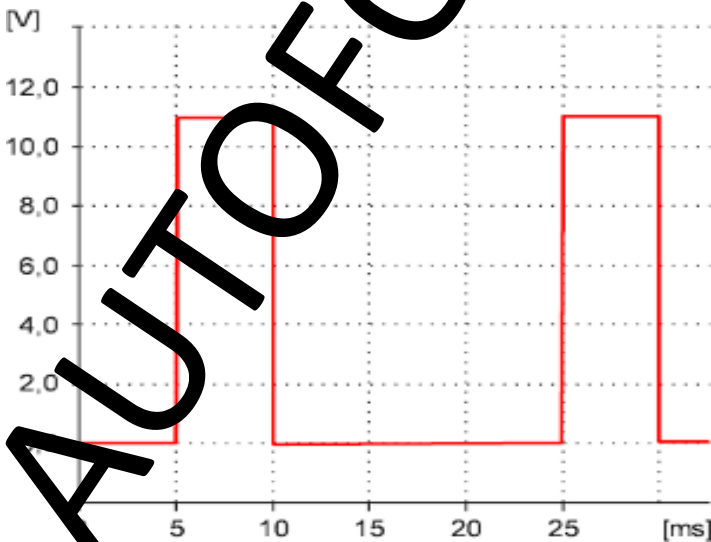
- Permite conocer el estado real del circuito sin manómetros externos.

**CARACTERÍSTICAS SENSOR DIGITAL**

- **Tipo de sensor:** Digital.
- **Señal de salida:** PWM.
- **Alimentación:** 12V.
- **Rango de presión:** 0 a 30bar.
- **Ubicación:** Tubería del condensador o tubería de deshidratadora.

**Conexiones:**

- 1 – Masa.
- 2 – Señal (analizar con osciloscopio).
- 3 – Alimentación.



19. SENSORES DE TEMPERATURA

En el sistema de climatización de un vehículo, los sensores de temperatura son fundamentales para regular automáticamente el confort térmico y proteger los componentes.

| SENSOR         | FUNCIÓN PRINCIPAL  | UBICACIÓN               |
|----------------|--------------------|-------------------------|
| Interior       | Control confort    | Salpicadero             |
| Exterior       | Corrección térmica | Paragolpes / Retrovisor |
| Evaporador     | Antihielo          | Módulo HVAC             |
| Aire impulsado | Ajuste fino        | Conductos               |
| Refrigerante   | Calefacción        | Motor                   |

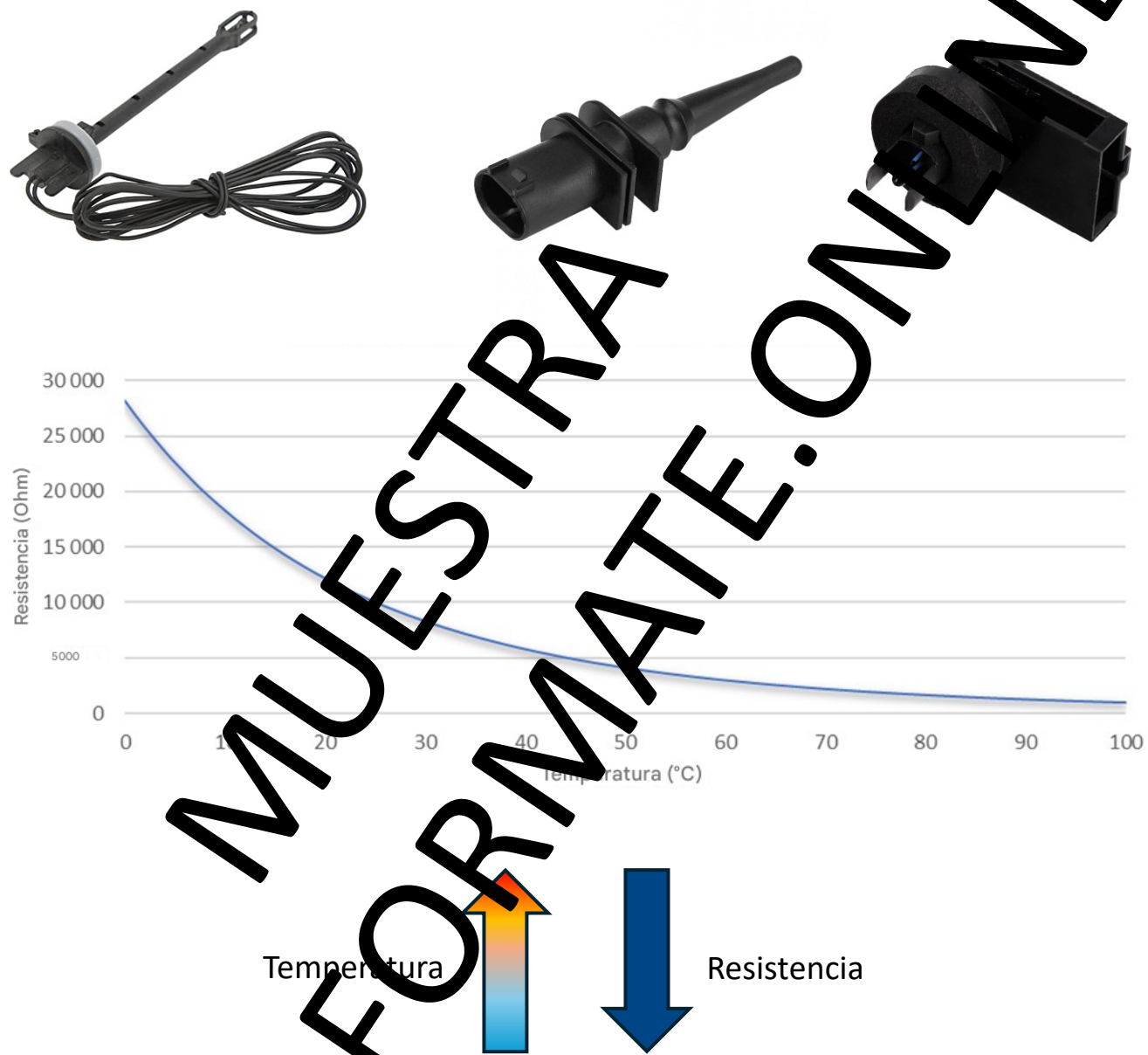
El sistema de climatización de un automóvil utiliza varios sensores de temperatura para mantener el confort térmico en el habitáculo y garantizar el correcto funcionamiento de los componentes.

- El **sensor de temperatura interior** mide la temperatura real del aire dentro del habitáculo. Esta información se compara con la temperatura seleccionada por el conductor para regular automáticamente la calefacción o el aire acondicionado. Suele instalarse en el salpicadero y normalmente incorpora un pequeño ventilador para aspirar el aire del interior.
- El **sensor de temperatura exterior** detecta la temperatura ambiente fuera del vehículo. Permite al sistema ajustar la potencia del climatizador y evitar cambios bruscos de temperatura. Se instala habitualmente en el paragolpes delantero o en el retrovisor, en una zona protegida del calor del motor.
- El **sensor de temperatura del evaporador** controla la temperatura del evaporador del aire acondicionado. Su función principal es evitar la formación de hielo; si detecta una temperatura demasiado baja, la unidad de control desconecta temporalmente el compresor. Se encuentra integrado en el módulo del climatizador.
- El **sensor de temperatura del aire impulsado** mide la temperatura del aire que sale por las toberas hacia el habitáculo. Permite realizar ajustes finos en los sistemas de climatización automática para mantener una temperatura estable.
- El **sensor de temperatura del refrigerante del motor**, aunque no pertenece directamente al climatizador, es fundamental para la calefacción. Informa de la temperatura del motor y determina cuándo es posible suministrar aire caliente al interior del vehículo.



19. SENSORES DE TEMPERATURA

La mayoría de estos sensores son **termistores NTC**, cuya resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura, y envían la información a la unidad de control del climatizador para garantizar un funcionamiento eficiente y confortable.



| VENTAJAS                                                                                                                                                                             | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Bajo coste.</li><li>■ Tamaño reducido.</li><li>■ Gran sensibilidad térmica.</li><li>■ Fácil integración en circuitos electrónicos.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Respuesta <b>no lineal</b>.</li><li>■ Envejecimiento del material con el tiempo.</li><li>■ Menor precisión que otros tipos de sensores.</li></ul> |

21. SERVOMOTORES DE TRAMPILLAS

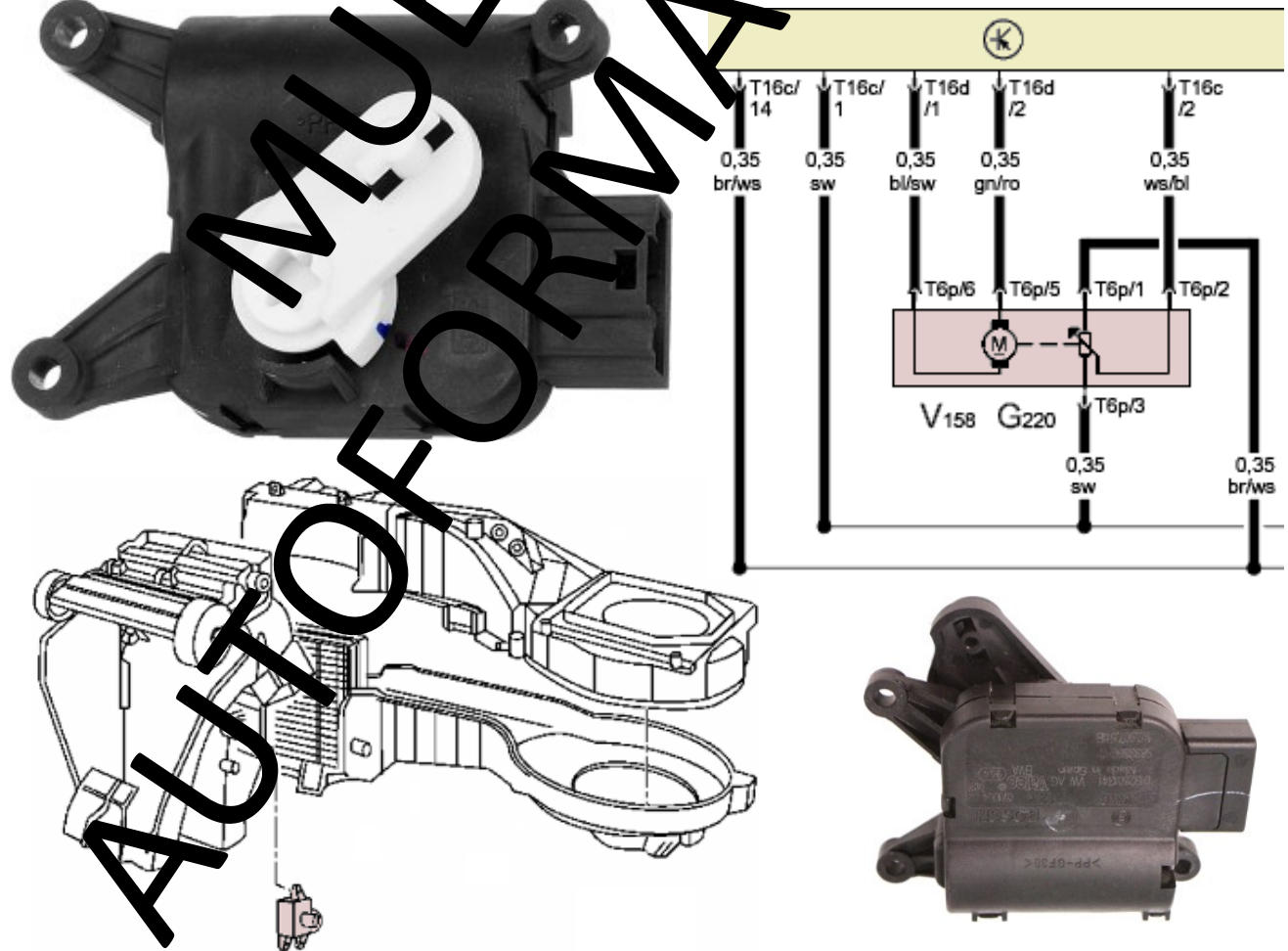
El **servomotor de la trampilla de temperatura** es el actuador encargado de regular la **mezcla de aire frío y aire caliente** en el sistema de climatización del vehículo, permitiendo alcanzar y mantener la temperatura seleccionada por el conductor o por el sistema automático.

Este servomotor actúa sobre la **trampilla de mezcla**, que dirige el aire a través del **radiador de calefacción** (aire caliente), del **evaporador** (aire frío) o de una combinación de ambos. Según la posición de la trampilla, el aire que entra al habitáculo será más frío o más caliente.

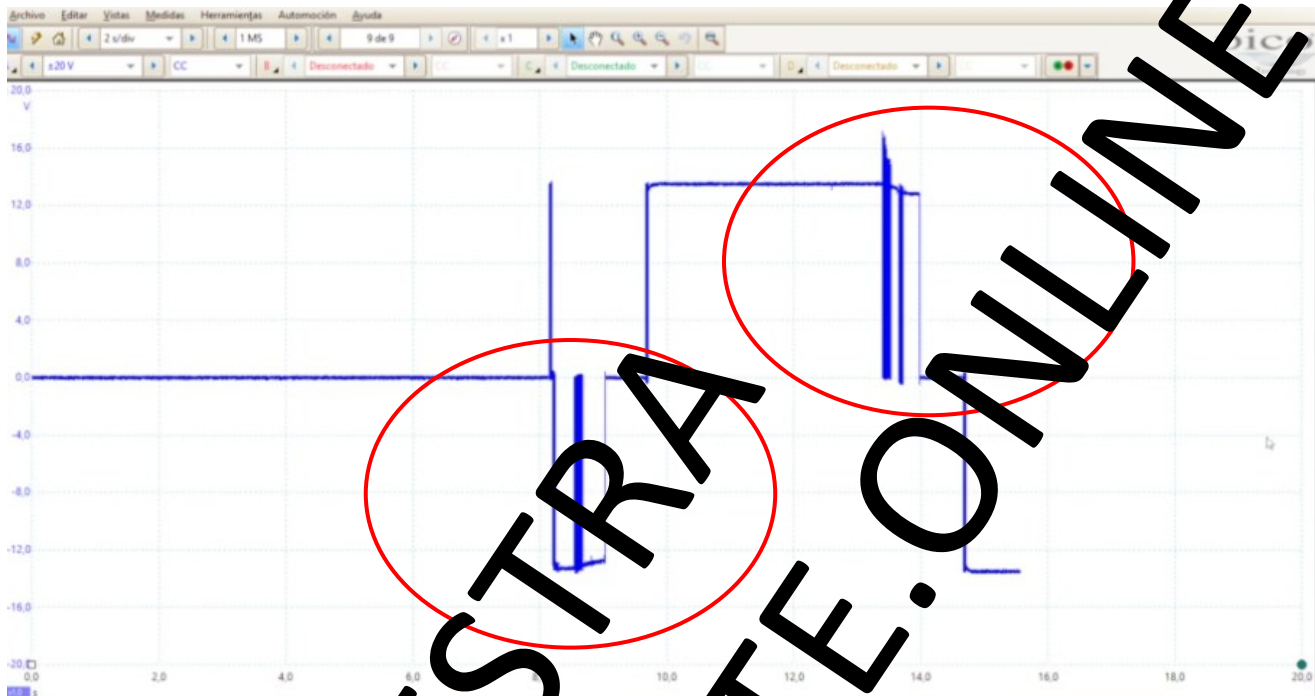
El servomotor está controlado por la **unidad electrónica del climatizador (HVAC)**, que tiene en cuenta las señales de los sensores de temperatura interior, exterior, del evaporador y de radiación solar. En función de estos datos, la unidad ordena al servomotor colocarse en la posición exacta necesaria.

Normalmente es un **motor eléctrico de corriente continua** con un **sistema de engranajes reductores** y un **potenciómetro interno** o sensor de posición que permite a la unidad de control conocer en todo momento la posición de la trampilla. En sistemas más modernos puede utilizarse un motor paso a paso.

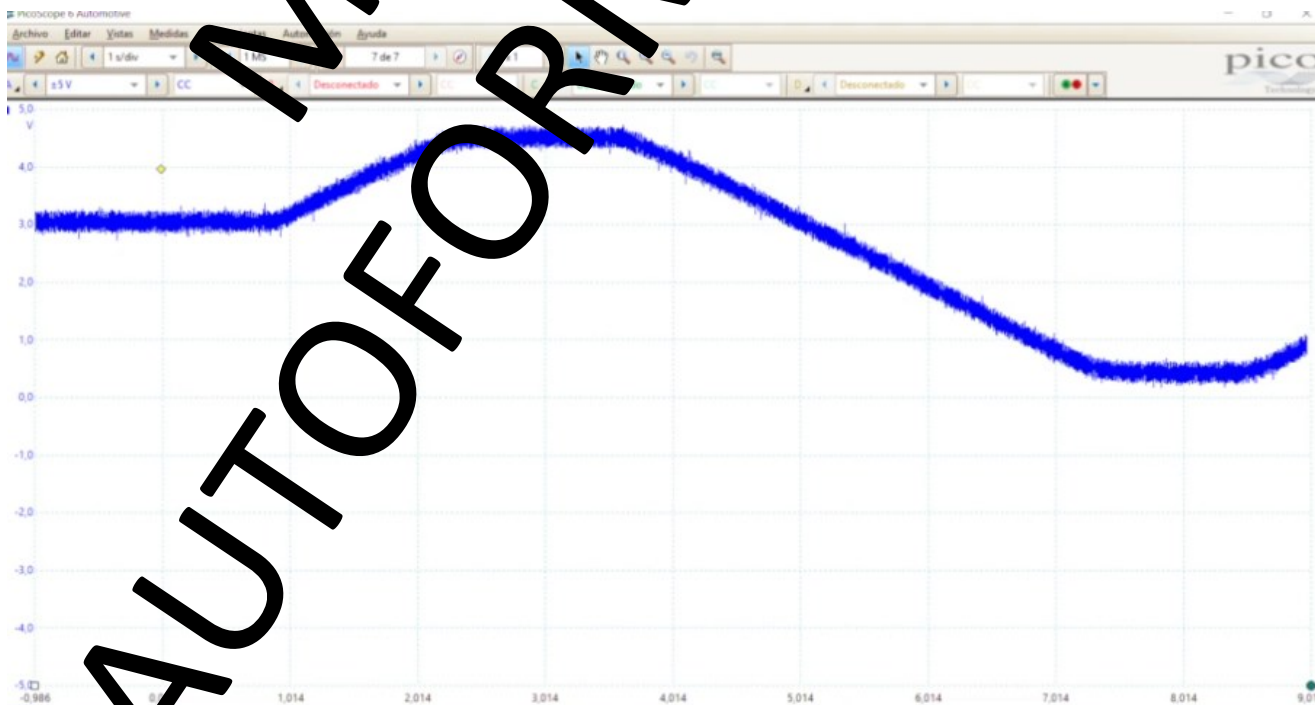
En los sistemas de **climatización manual**, el servomotor responde directamente al mando de temperatura del usuario. En la **climatización automática**, el movimiento es continuo y preciso para mantener una temperatura estable sin intervención del conductor.



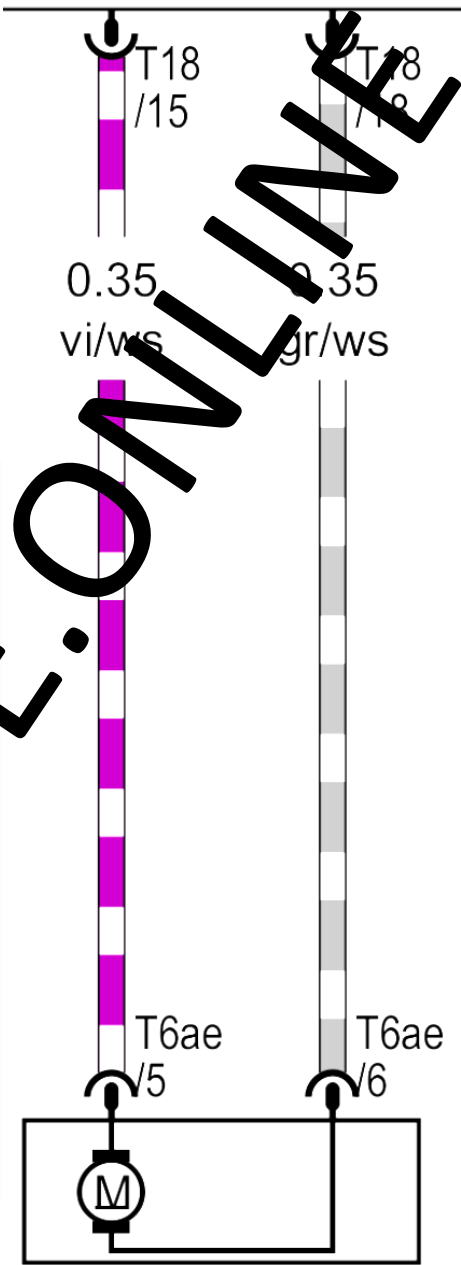
ACTIVACIÓN DE APERTURA Y CIERRE DE LA TRAMPILLA (SERVOMOTOR ELÉCTRICO)



SEÑAL POTENCIÓMETRO APERTURA Y CIERRE



| CONEXIONES       |              |
|------------------|--------------|
| 1 al 4           | No utilizada |
| 5                | Mando +      |
| 6                | Mando -      |
| Resistencia: 45Ω |              |



23. ESTACIÓN DE RECARGA DE AIRE ACONDICIONADO

La estación de recarga de aire acondicionado es un equipo fundamental en el mantenimiento y reparación de los sistemas de climatización de los vehículos. Su función principal es **gestionar de forma segura, precisa y automatizada el refrigerante** del circuito de aire acondicionado, garantizando tanto el correcto funcionamiento del sistema como el cumplimiento de la normativa medioambiental vigente.

Este equipo permite realizar operaciones clave como la **recuperación del refrigerante usado**, el **vacío del circuito**, la **detección de fugas**, la **recarga exacta de gas refrigerante** y la **dosificación del aceite del compresor**. Gracias a estos procesos, se asegura la eliminación de humedad y contaminantes, se optimiza el rendimiento del sistema y se prolonga la vida útil de los componentes.

Las estaciones de recarga modernas están diseñadas para trabajar con distintos tipos de refrigerantes, como **R134a o R1234yf**, incorporando sistemas electrónicos de control, balanzas de alta precisión y protocolos de seguridad que evitan errores de manipulación y emisiones a exterior.

El uso correcto de la estación de recarga no solo mejora la eficiencia del sistema de aire acondicionado, sino que también es esencial para **proteger el medio ambiente, garantizar la seguridad del técnico y cumplir la legislación sobre gases fluorados**. Por ello, su conocimiento y manejo adecuado es una competencia básica en el ámbito de la mecánica y la climatización del automóvil.



|                                            |                                     |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tipo de refrigerante                       | R134A / R1234YF                     |
| Potencia del compresor                     | 3/8 HP                              |
| Capacidad del compresor                    | 12,12cm³                            |
| Potencia de la bomba de vacío              | 180W                                |
| Velocidad de recuperación del refrigerante | 450g/ min (gas), 800g/min (liquido) |
| Tasa de recuperación                       | 99%                                 |
| Velocidad de carga de refrigerante         | >2 Kg/ min                          |
| Capacidad de la bomba de vacío             | 42l/min                             |
| Capacidad del tanque de refrigerante       | 12L                                 |
| Capacidad de la botella de aceite nuevo    | 300ml                               |
| Capacidad de la botella de aceite usado    | 500ml                               |
| Temperatura de trabajo                     | 10-50°C                             |
| Humedad relativa de trabajo                | <85%                                |
| Presión máxima de trabajo                  | 20 BAR                              |
| Medidas de la pantalla LCD                 | 800* 480mm                          |
| Rango del manómetro de alta presión        | -1 ~ 38bar                          |



23.3. LIMPIEZA / RECUPERACIÓN

Usando esta función podrá limpiar el aceite del sistema de A/C y recuperar el refrigerante que haya en el sistema.

Antes de realizar la operación de limpieza:

- Encienda el A/C y déjelo funcionar de 5 a 10 minutos.
- Configúrelo a la mínima temperatura y potencia media de salida de aire.
- Apague el A/C del vehículo.

Para conseguir un buen rendimiento de lavado, el tiempo de lavado debe ser superior a 30 minutos. El tiempo de lavado no incluye el tiempo del proceso de recuperación. Una vez finalizado el lavado, la máquina ejecutará automáticamente la función de recuperación.

| INTRODUCIR PARÁMETROS                                          |
|----------------------------------------------------------------|
| ■ Seleccione la función de limpieza y presione la tecla ENTER. |
| ■ Ajuste el tiempo de limpieza.                                |
| ■ Pulse la tecla ENTER para empezar.                           |
| ■ Cuando termine, se apagará automáticamente.                  |



¡Advertencia! No encienda el aire acondicionado durante el proceso de recarga. Podría estropear el sistema de A/C.

23.6. VACÍO

Esta función le permite eliminar el vapor de agua que se encuentra en el sistema de A/C.

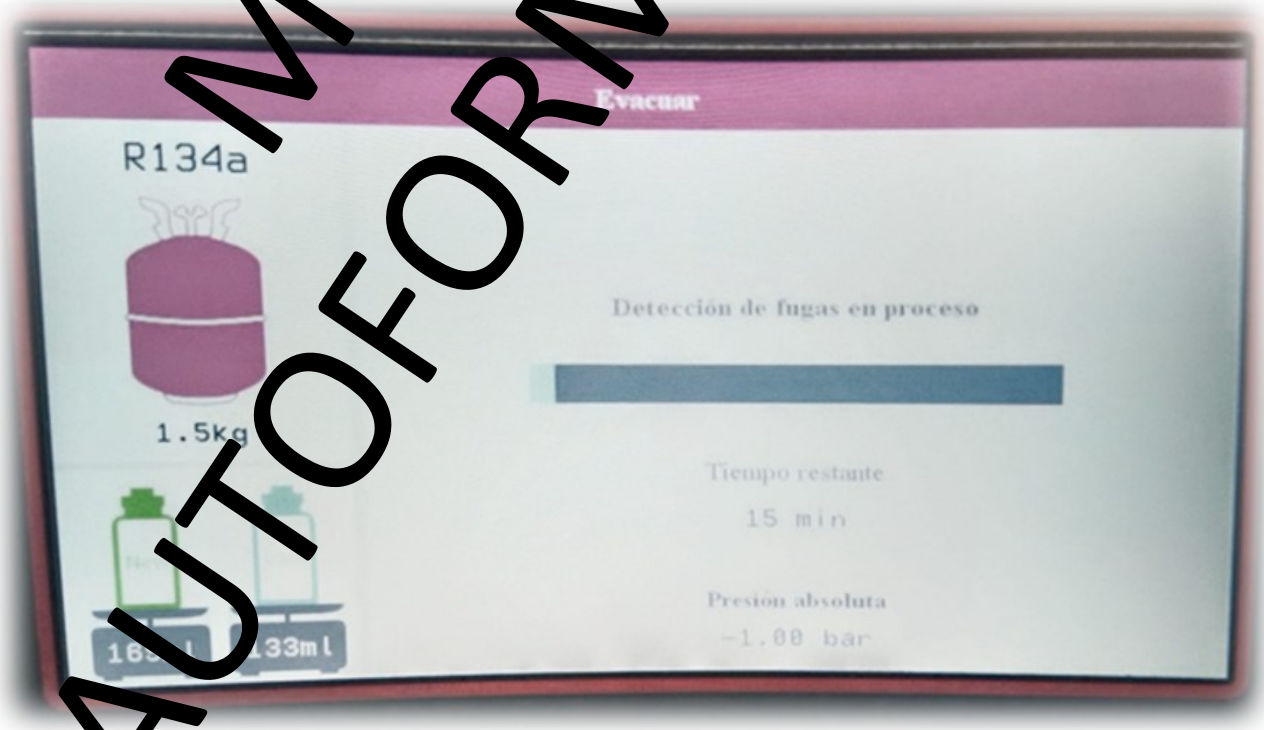
La duración de la operación debe ser mayor a 15 minutos. Generalmente se necesitan 15 minutos para sistemas de A/C frontal y 20 minutos para sistemas con A/C frontal y trasero.

| INTRODUCIR PARAMETROS                                       |
|-------------------------------------------------------------|
| ■ Seleccione la función de vacío y presione la tecla ENTER. |
| ■ Elija la duración de la operación de vacío.               |
| Presione ENTER para empezar.                                |

Cuando la operación haya terminado, la máquina se parará automáticamente.

Para analizar la estanqueidad del circuito A/C del vehículo, puede configurar el tiempo de test de fugas. Después de la operación de vacío (se recomienda mayor a 15 minutos), la máquina realizará el test de fugas.

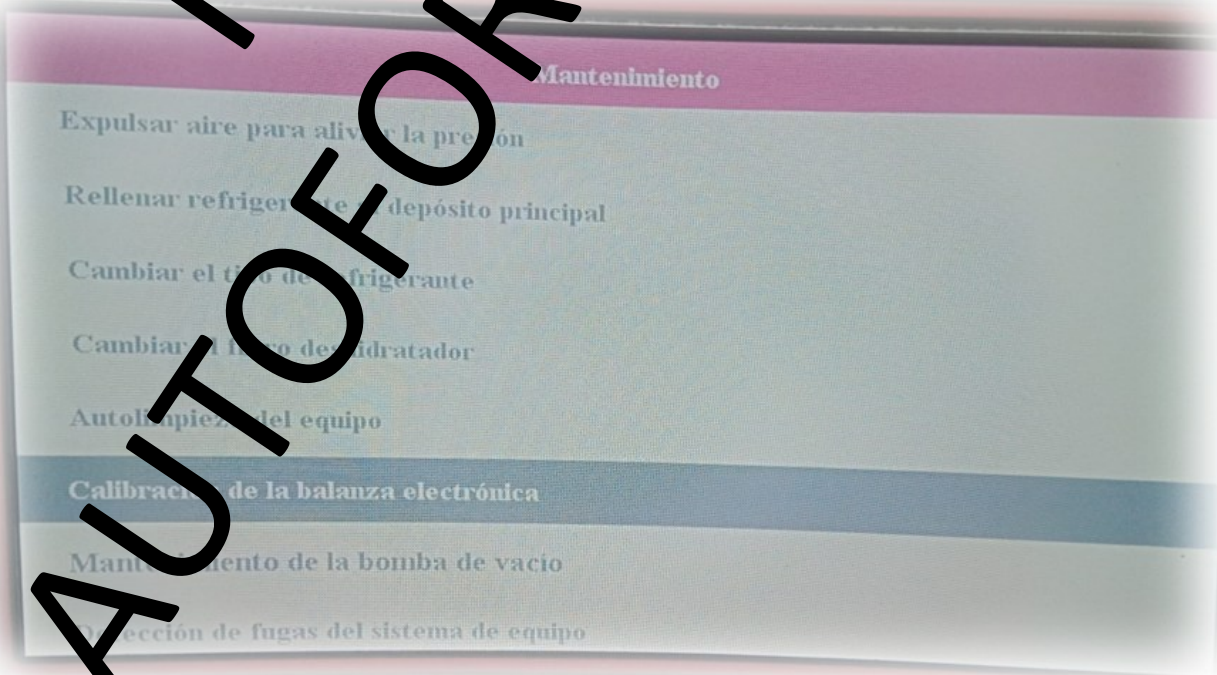
Si la presión aumenta más de 0.3 bar durante el test de fugas, se determina como fuga en el sistema y saltará una alarma.

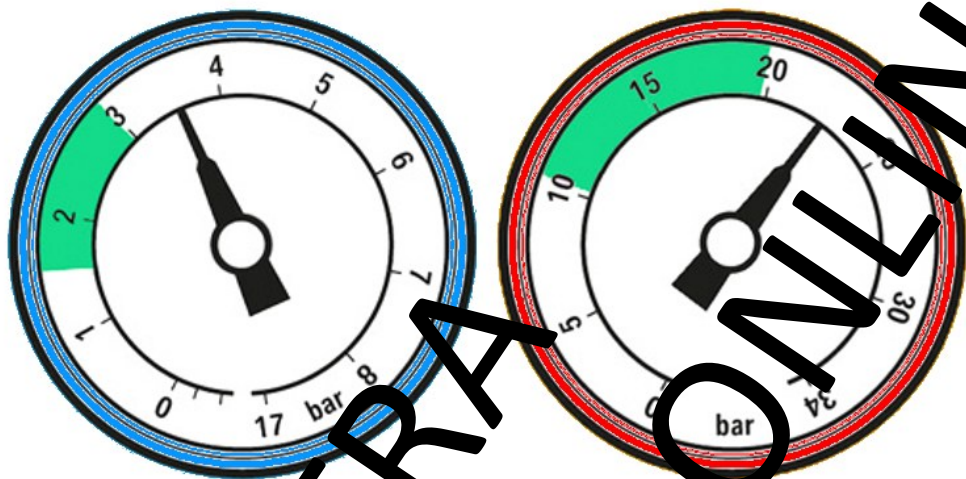


23.9. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

El mantenimiento adecuado de la estación de recarga de aire acondicionado es esencial para garantizar su correcto funcionamiento, la precisión en las operaciones y la seguridad del técnico. Un equipo mal mantenido puede provocar **errores en la cantidad de refrigerante, contaminación del sistema, averías internas y riesgos medioambientales**.

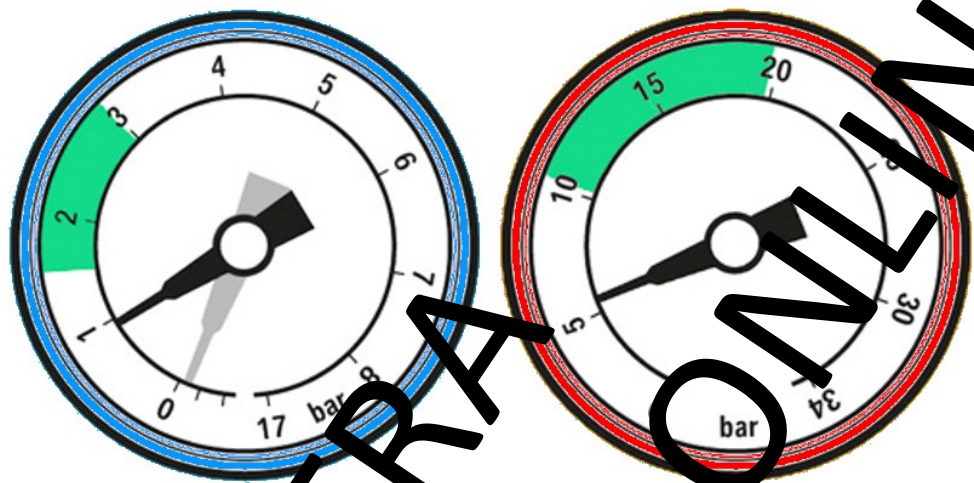
| MANTENIMIENTO PRINCIPALES                        |                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUSTITUCIÓN DE FILTROS                           | Los filtros deshidratadores y de partículas deben cambiarse según el número de servicios realizados o el tiempo indicado por el fabricante. Su función es eliminar humedad e impurezas del refrigerante recuperado. |
| CONTROL Y CAMBIO DEL ACEITE DE LA BOMBA DE VACÍO | El aceite debe mantenerse limpio y en el nivel correcto. Un aceite degradado reduce la capacidad de vacío y puede dañar la bomba.                                                                                   |
| CALIBRACIÓN DE LA BALANZA INTERNA                | La balanza garantiza la carga exacta de refrigerante. Una calibración incorrecta provoca recargas imprecisas y posibles fallos del sistema de climatización del vehículo.                                           |
| REVISIÓN DE MANGUERAS Y CONEXIONES               | Se deben comprobar posibles fugas, grietas o deterioros que puedan causar pérdidas de refrigerante o entradas de aire al circuito.                                                                                  |
| LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO                      | Mantener la máquina limpia evita acumulación de suciedad en ventiladores, sensores y elementos electrónicos.                                                                                                        |
| ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE (SI PROCEDA)          | Algunas estaciones incorporan sistemas electrónicos que requieren actualizaciones para mejorar funciones o adaptarse a nuevos refrigerantes.                                                                        |





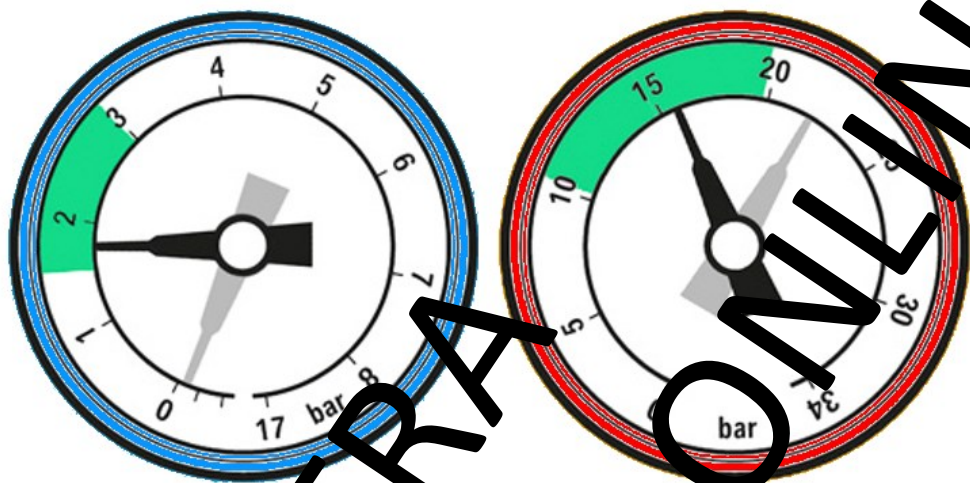
| SÍNTOMAS                                                                                                                                                                        | POSIBLES CAUSAS                                                                                                                                                                       | REPARACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Temperatura de soplado ligeramente fría, pero no demasiado.</li><li>■ Baja presión: elevada.</li><li>■ Alta presión: elevada.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Demasiado agente frigorífico en el circuito.</li><li>■ El condensador no refrigera.</li><li>■ La válvula de expansión no se cierra.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Evacuar el circuito y ajustar correctamente el nivel de agente.</li><li>■ Comprobar que las láminas del condensador no presenten daños ni suciedad.</li><li>■ Comprobar el funcionamiento del ventilador del condensador.</li><li>■ Sustituir la válvula de expansión.</li></ul> |





| SÍNTOMAS                                                                                                                                                                                                                                            | POSIBLES AVARÍAS                                                                                                                            | REPARACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Temperatura de soplado insuficientemente fría.</li><li>■ Las tuberías presentan congelaciones desde/hacia el secador.</li><li>■ Baja presión: baja ocluso depresión.</li><li>■ Alta presión: baja</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Válvula de expansión bloqueada, no se abre.</li><li>■ Obstrucción del secador/acumulador.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Sustituir la válvula de expansión (comprobar previamente el sensor de temperatura del evaporador, verificar que la válvula no presente suciedad ni virutas metálicas y limpiar toda la instalación si es necesario).</li><li>■ Sustituir el secador/acumulador (verificar que la válvula no presente suciedad ni virutas metálicas y limpiar toda la instalación si es necesario).</li></ul> |





| SÍNTOMAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | POSIBLES AVARÍAS                                                                                                                                                                                                                       | REPARACIÓN                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ Temperatura de soplado primero fría y después caliente.</li><li>■ La temperatura de soplado oscila continuamente.</li><li>■ El evaporador se congela antes de que se desconecte el compresor.</li><li>■ El compresor presenta ciclos de conexión lentos.</li><li>■ Baja presión: normal o baja.</li><li>■ Alta presión: normal o elevada</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Humedad en el circuito del aire acondicionado.</li><li>■ El sensor de temperatura del evaporador no mide correctamente.</li><li>■ Peña del sensor de presión del circuito defectuosa</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Purgar la instalación (30 min en vacío) y sustituir el secador.</li><li>■ Comprobar los sensores de presión y temperatura y sustituirlos si es necesario</li></ul> |



■ **Identificar** las tecnologías alternativas destinadas a sustituir o reducir el uso de gases fluorados en sistemas de climatización de vehículos.

■ **Reconocer** los principales refrigerantes de bajo impacto ambiental.

■ **Comparar** las características técnicas, ambientales y de seguridad.

1. SISTEMAS PARA REDUCIR LA CARGA DE GASES FLUORADOS DE EFECTO INVERNADERO Y AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La reducción del impacto ambiental de los sistemas de refrigeración y climatización se ha convertido en un objetivo prioritario a nivel internacional, especialmente en la Unión Europea, donde el **Reglamento (UE) sobre gases fluorados (F-Gas)** limita progresivamente el uso de refrigerantes con alto **Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA o GWP)**.

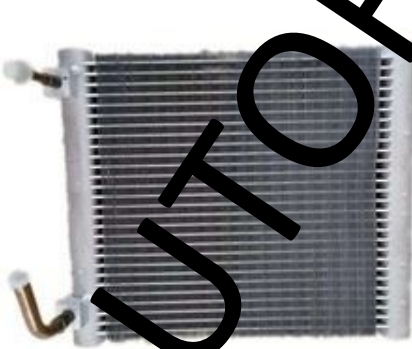
Para cumplir estos objetivos, la industria ha desarrollado múltiples estrategias tecnológicas orientadas tanto a la **reducción de la carga de refrigerante** como al **incremento de la eficiencia energética global del sistema**.

1.1. REDUCCIÓN DE LA CARGA DE REFRIGERANTE

Una de las medidas más eficaces para disminuir las emisiones indirectas y directas de gases fluorados es la reducción de la cantidad total de refrigerante contenida en el sistema.

DESARROLLOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA DE REFRIGERANTE

- **DISEÑO OPTIMIZADO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR**, como evaporadores y condensadores de microcanal, que ofrecen una mayor superficie de intercambio térmico con un volumen interno reducido.
- **SISTEMAS COMPACTOS E INTEGRADOS**, especialmente en aplicaciones comerciales y automotrices, donde se minimiza la longitud de tuberías y conexiones.
- **USO DE SISTEMAS INDIRECTOS O EN CASCADA**, en los que el refrigerante principal queda confinado en una sala técnica y se distribuye mediante un fluido secundario (agua glicolada, CO<sub>2</sub> secundario, etc.).
- **TECNOLOGÍA DE EXPANSIÓN DIRECTA OPTIMIZADA**, con válvulas electrónicas que ajustan con precisión el caudal de refrigerante, evitando sobrecargas innecesarias.



2. REGLAS Y NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE REFRIGERANTES INFLAMABLES, TÓXICOS O DE ALTA PRESIÓN

La transición hacia refrigerantes alternativos ha incrementado el uso de sustancias **inflamables (A2L, A3)**, **tóxicas (B)** o que operan a **altas presiones**, como el CO<sub>2</sub> (R-744). Esto exige una estricta aplicación de normas de seguridad para proteger a personas, instalaciones y medio ambiente.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD DE LOS REFRIGERANTES

Según la norma **UNE-EN ISO 817**, los refrigerantes se clasifican en función de:

- **TOXICIDAD:** Clase A (baja) o B (alta).
- **INFLAMABILIDAD:** Clase 1 (no inflamable), 2L (ligeramente inflamable), 2 (inflamable) y 3 (altamente inflamable).

- Ejemplos:
- R-134a: A1 (baja toxicidad, no inflamable)
  - R-1234yf: A2L (baja toxicidad, ligeramente inflamable)
  - R-290 (propano): A3 (altamente inflamable)
  - R-744 (CO<sub>2</sub>): A1, pero de alta presión

NORMAS DE SEGURIDAD EN EL USO E INSTALACIÓN

- Cumplimiento de normas como **EN 378**, **IEC 60335-2-40** y reglamentos nacionales de seguridad industrial.
- Ventilación adecuada en salas de máquinas y locales técnicos.
- Limitación de la carga máxima de refrigerante en función del volumen del recinto y del tipo de refrigerante.
- Instalación de **detectores de fugas**, especialmente en sistemas con refrigerantes inflamables o tóxicos.
- Uso de componentes certificados para el tipo de refrigerante y presión de trabajo.
- Formación específica del personal técnico, incluyendo certificación en gases fluorados y refrigerantes alternativos.

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE REFRIGERANTES

- Almacenamiento en **recipientes homologados**, claramente etiquetados y protegidos contra golpes y fuentes de calor.
- Separación de refrigerantes inflamables de sustancias oxidantes o fuentes de ignición.
- Transporte conforme a normativas ADR, con señalización adecuada y documentación obligatoria.
- Prohibición de almacenar botellas en espacios cerrados sin ventilación o en zonas habitadas.