

## **Motor Audi 3.0l V6 TFSI EA837** **4ª generación (evo)**

## Motores V6 de gasolina en Audi

Con el 3.2l FSI se presentó en el año 2004 el primer motor V6 con inyección directa de gasolina. En el año 2006 le siguió el primer representante con conmutación para la alzada de las válvulas Audi valvelift system y bomba de aceite regulada. Con el 3.0l V6 TFSI se lanzó en el año 2008 el primer motor Audi V6 con inyección directa y sobrealimentación, implantándose en numerosas series de vehículos, comenzando por el Audi S4.

Con el 3,0l V6 TFSI EA837 de 4ª generación (evo) se ha revisado una vez más a fondo el motor. Los datos de potencia y par se han mantenido sin cambio, igual que el comportamiento dinámico de la generación de carga.

En el nuevo motor y en el anterior transcurren unos 0,3 segundos hasta que se alcanza la presión máxima en el colector de admisión. Este breve intervalo es el que se traduce en el comportamiento de respuesta convincente y extremadamente espontáneo durante la marcha. Al conectarse subsidiariamente el compresor tampoco se comprueba ninguna pérdida en el comportamiento de respuesta.

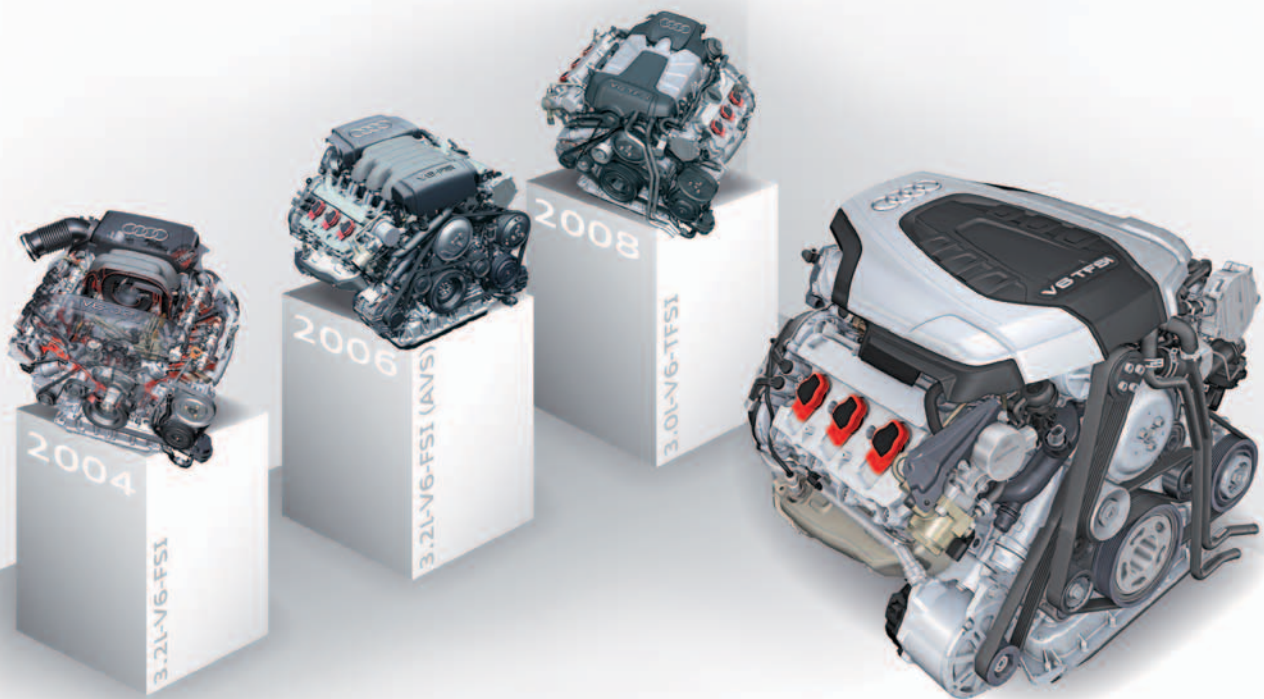
En comparación con el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación, en el Audi A8 se han podido reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de 205 a 183 g/km (10 %). El consumo de combustible ha bajado de 8,8 l a 7,8 l/100 km.

El objetivo planteado a la revisión del motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación consistió en obtener una clara reducción del consumo asociada a la conservación de las propiedades positivas habidas hasta ahora. Esto se ha conseguido por medio de las siguientes medidas principales:

- ▶ Reducción de las fricciones en el motor básico en un 9 %, mediante:
  - ▶ Accionamiento de cadena optimizado
  - ▶ Paquete optimizado de pistones y segmentos con una menor precarga y un mayor poder de llenado de los cilindros y un mejor comportamiento en el consumo de aceite
  - ▶ Alojamiento optimizado de los árboles de levas (proceso de acabado)
- ▶ Una solución de "supercharging on demand" para el sistema mecánico de sobrealimentación mediante implantación de un embrague electromagnético
- ▶ Una estrategia de inyección altamente adaptable, que permite el funcionamiento combinado de las inyecciones de alta y baja presiones
- ▶ Un procedimiento de combustión más desarrollado en sus elementos esenciales
- ▶ Una optimización en los detalles de componentes y sistemas de relevancia para el consumo



En este Programa didáctico (SSP) está contenido un código QR, con el que usted puede acceder a medios interactivos adicionales; vea "Información sobre códigos QR" en la página 47.



### Objetivos de este Programa autodidáctico:

Este Programa autodidáctico describe el diseño y funcionamiento del motor 3.0l V6 TFSI EA837 de 4ª generación (evo). Una vez estudiado este Programa autodidáctico, usted estará en condiciones de dar respuesta a las preguntas siguientes:

- ▶ ¿Qué modificaciones se han realizado en comparación con el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación?
- ▶ ¿Cómo funciona la desconexión del módulo de compresor?
- ▶ ¿Cómo está estructurada la inyección del combustible?
- ▶ ¿Qué diferencias hay en la alimentación de aceite y en el sistema de refrigeración?

624\_069

# Índice

## Introducción

Breve descripción técnica	4
---------------------------	---

## Mecánica del motor

Bloque motor y cárter de aceite	6
Brida de estanqueidad con filtro de aceite y radiador de aceite	8
Mecanismo del cigüeñal	9
Desaireación y aireación del cárter del cigüeñal	10
Alimentación de depresión	11
Accionamiento de correa	12
Distribución de cadena	13
Reglaje de los árboles de levas	14
Culata	15

## Alimentación de aceite

Introducción	18
Bomba de aceite	19
Radiador de aceite conmutable	20
Módulo de filtración de aceite	21

## Alimentación de aire y sobrealimentación

Cuadro general	22
Módulo compresor (supercargador Roots)	23
Embrague electromagnético del compresor N421	24
Sensor 1 del régimen del turbocompresor G688	27

## Sistema de refrigeración

Introducción	28
Estructura del sistema	29
Bomba de líquido refrigerante, conmutable	30
Termostato de líquido refrigerante	31
Válvula de cierre para líquido refrigerante del radiador de aceite del motor	32
Bombas eléctricas de líquido refrigerante y válvula de líquido refrigerante	33

## Sistema de combustible

Sistema de inyección dual en el motor	34
Estructura del sistema	36

## Gestión del motor

Cuadro del sistema (Audi A8 año de modelos 2014)	40
Sistema de aire secundario	42

## Servicio

Herramientas	44
Trabajos de mantenimiento	45

## Apéndice

Glosario	46
Programas autodidácticos	47
Información sobre los códigos QR	47

El Programa autodidáctico proporciona las bases relativas al diseño y funcionamiento de nuevos modelos de vehículos, nuevos componentes en vehículos o nuevas tecnologías.

**El Programa autodidáctico no es un manual de reparaciones. Los datos indicados sólo se proponen contribuir a facilitar la comprensión y están referidos al estado de los datos válido a la fecha de redacción del SSP. Los contenidos no se actualizan.**

Para trabajos de mantenimiento y reparación utilice en todo caso la documentación técnica de actualidad.

En el glosario que figura al final de este Programa autodidáctico hallará una explicación de los conceptos que vienen identificados en el texto con *letras cursivas* y una flecha ↗.



**Nota**



**Remisión**

# Introducción

## Breve descripción técnica

La descripción del motor 3.0l V6 TFSI EA837 de 4ª generación (evo) en este Programa autodidáctico se refiere primordialmente a la implantación en el Audi A8 (tipo 4H). El motor halla su primera implantación en este vehículo.

### Sumario de las características más importantes:

- ▶ Motor de 6 cilindros en V con sobrealimentación mecánica mediante compresor accionado por correa (supercargador Roots)
- ▶ Inyección combinada directa y en los conductos de admisión
- ▶ Reglaje continuo de los árboles de levas por los lados de admisión y escape

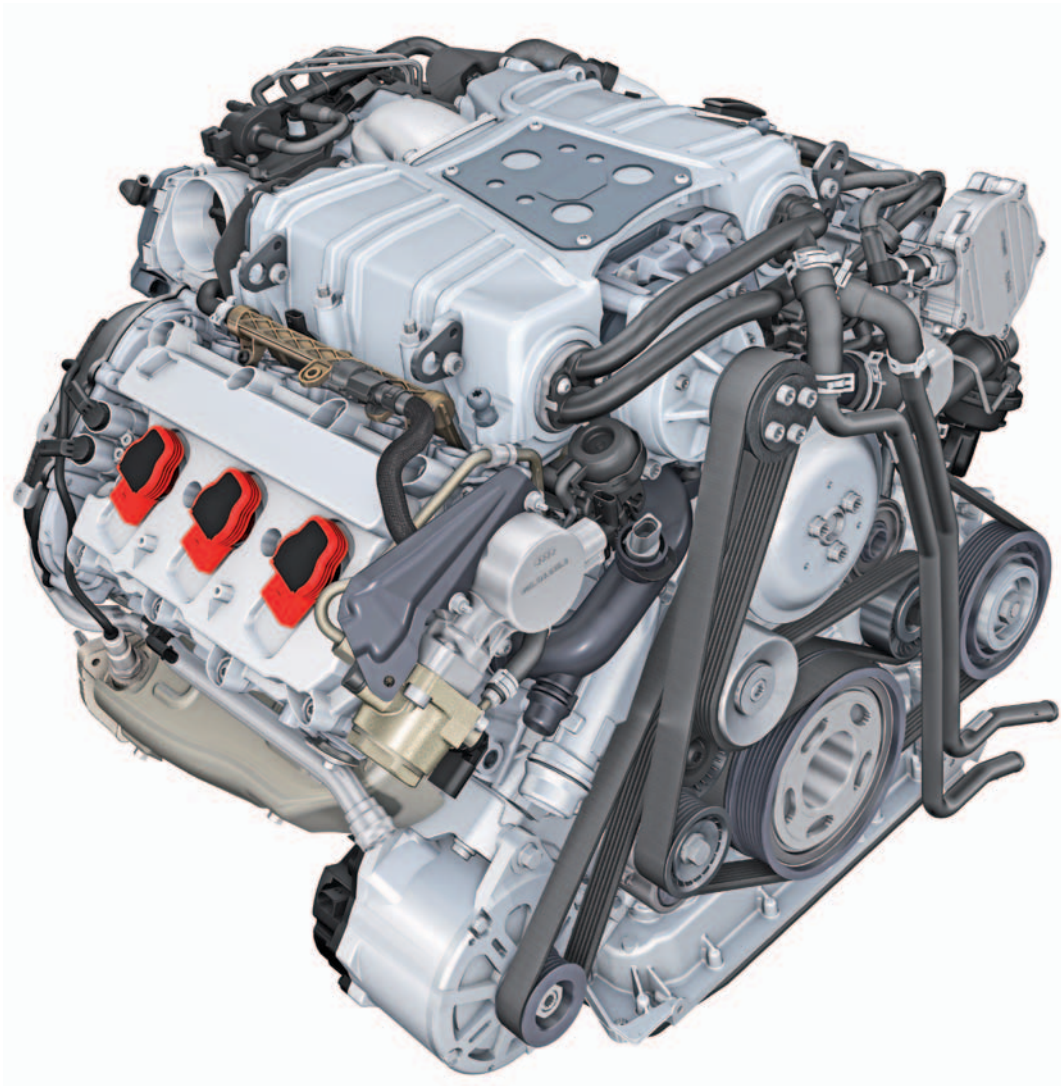
### Modificaciones más importantes frente al motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación:

- ▶ Camisas de los cilindros en fundición gris
- ▶ Compresor desconectable (supercargador Roots)
- ▶ Se ha agregado la inyección en los conductos de admisión
- ▶ Se ha agregado el reglaje de los árboles de levas por el lado de escape

- ▶ Cumplimiento de la norma sobre emisiones de escape EU 6 W
- ▶ Desplazamiento del radiador de aceite del motor (conmutable) hacia la parte posterior del motor
- ▶ Accionamiento de cadena con una trayectoria diferente
- ▶ Desaireación del cárter del cigüeñal por una sola bancada de cilindros
- ▶ Cubierta ininterrumpida del motor en diseño específico

### Se realizaron adaptaciones en:

- ▶ Geometría de los pistones
- ▶ Cárter de aceite y tapa posterior del motor (brida de estanqueidad)
- ▶ Cigüeñal con los muñones de biela ahuecados
- ▶ Bomba de líquido refrigerante con rodete modificado ("con collar obturador")
- ▶ Cubiertas de las cadenas de distribución recubiertas con *terophon* ↗
- ▶ Paquete de medidas para reducir la fricción y el peso



624\_004



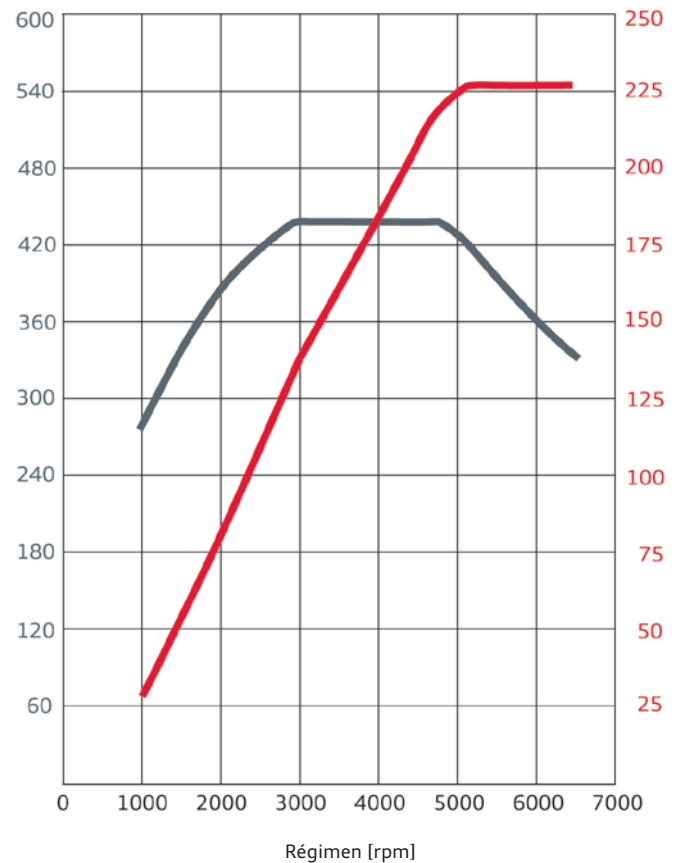
### Remisión

El diseño y funcionamiento del motor básico se describen en los Programas autodidácticos SSP 411 "Motor Audi 2.8l y 3.2l FSI con Audi valvelift system" y SSP 437 "Motor Audi 3.0l V6 TFSI con supercargador Roots".

## Datos técnicos

### Curva de par y potencia

— Potencia en kW  
— Par en Nm



624\_025

Características	Datos técnicos
Letras distintivas del motor	CREA
Arquitectura	Motor de 6 cilindros en V
Cilindrada en cc	2995
Carrera en mm	89
Diámetro de cilindros en mm	84,5
Válvulas por cilindro	4
Orden de encendido	1-4-3-6-2-5
Compresión	10,8 : 1
Potencia en kW a rpm	228 a 5.200 - 6.500
Par en Nm a rpm	440 a 2.900 - 4.750
Combustible	Súper sin plomo, 95 octanos <sup>1)</sup>
Sobrealimentación	Compresor desconectable (supercargador Roots)
Presión de sobrealimentación máxima en bares (absoluta)	1,8
Gestión del motor	Simos
Regulación de picado	2 sensores
Regulación lambda	2 sondas precatalizador 2 sondas postcatalizador
Formación de la mezcla	Inyección combinada (dual) directa (FSI) e inyección en los conductos de admisión (MPI)
Norma sobre emisiones de escape	EU 6
Emisiones de CO <sub>2</sub> en g/km	183 g/km

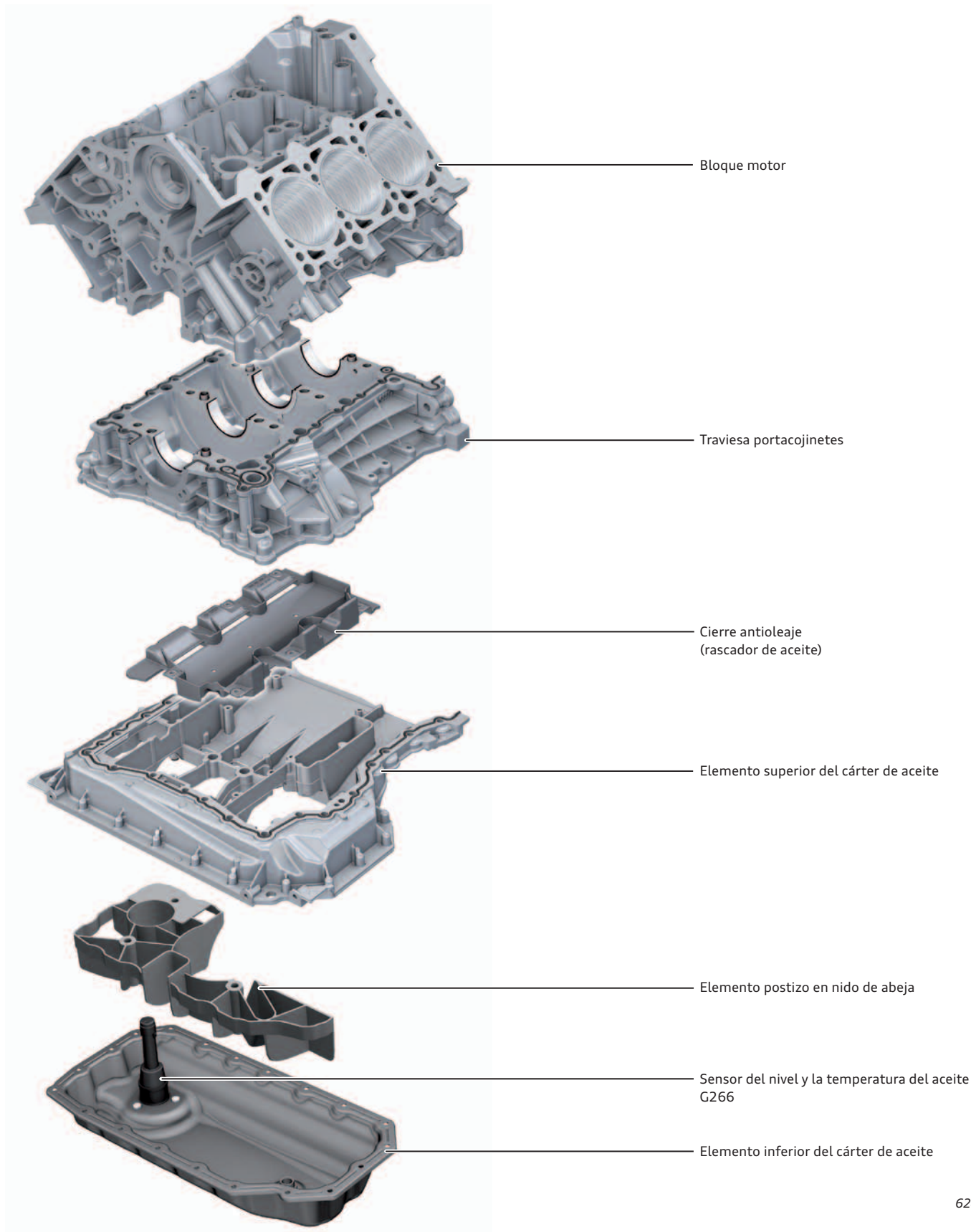
<sup>1)</sup> También se admite gasolina normal sin plomo de 91 octanos (Research), pero con una menor potencia.

# Mecánica del motor

## Bloque motor y cárter de aceite

En el caso de estos componentes se trata, básicamente, de diseños nuevos. Resultaron necesarios, principalmente por crear espacio necesario para la integración de una dirección electromecánica. Dentro del marco de estas medidas también se cambió la posición de unas partes de la alimentación del aceite, especialmente del radiador de aceite, pero también del sistema de refrigeración, hacia otras partes del motor.

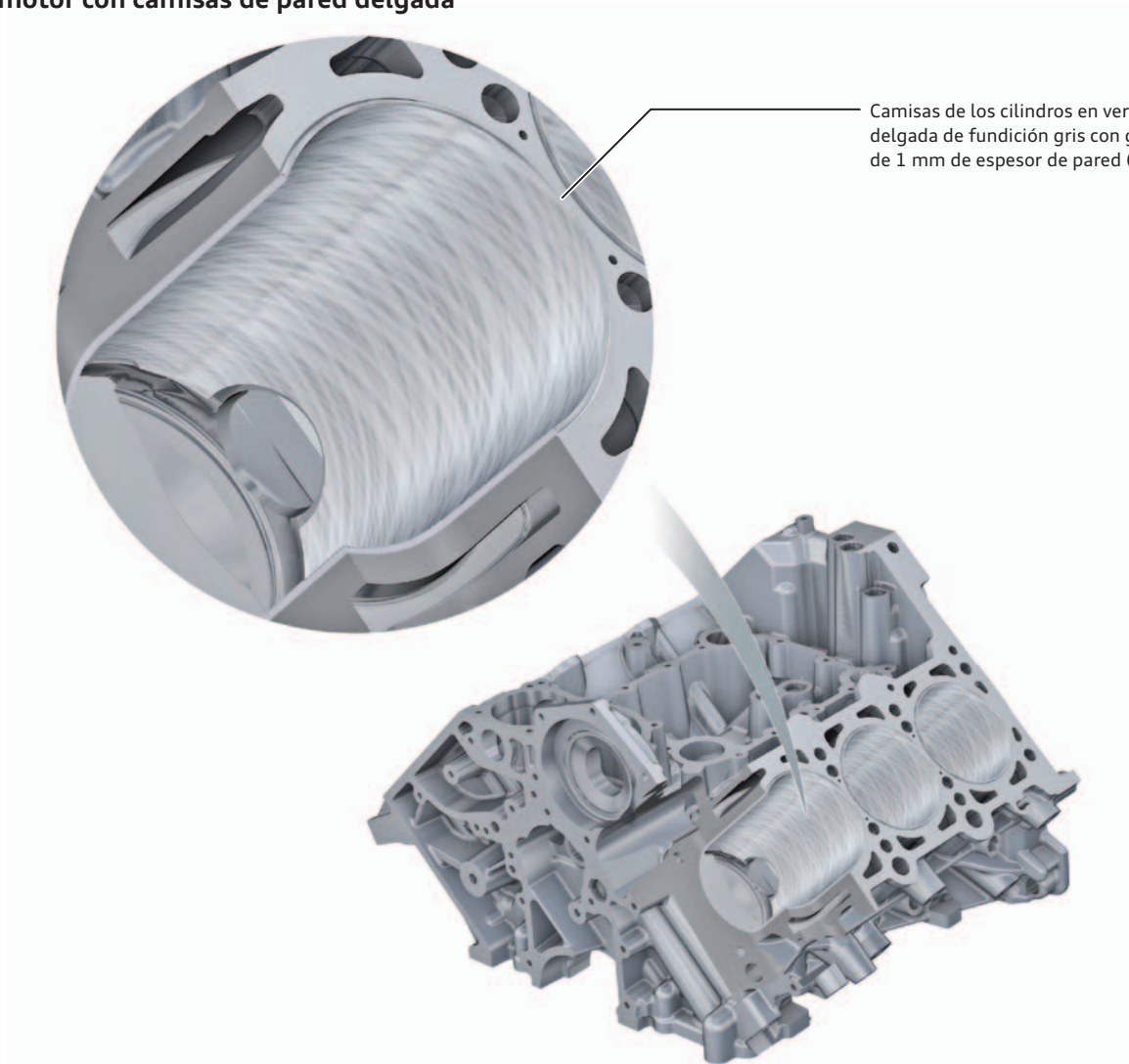
El elemento postizo en nido de abeja del cárter de aceite es para asegurar que la bomba pueda aspirar fiablemente el aceite al intervenir aceleraciones transversales intensas.



## Sumario de componentes y modificaciones

Componente	Características y funciones asignadas
Bloque motor	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Arquitectura de cabeza cerrada</li><li>▶ Camisas de los cilindros en versiones de pared delgada de fundición gris con grafito laminar de 1 mm de espesor de pared</li><li>▶ Material: aleación de aluminio-silicio</li></ul>
Travesía portacojinetes	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Alojamiento de la bomba de aceite</li><li>▶ Material: aleación de aluminio-silicio</li></ul>
Cierre antioleaje	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Atornillado en el elemento superior del cárter de aceite</li><li>▶ Reduce la formación de espuma en el aceite provocada por el cigüeñal</li><li>▶ Material: plástico poliamida (PA)</li></ul>
Elemento superior del cárter de aceite	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Adaptación geométrica para posibilitar la implantación de la dirección electromecánica</li><li>▶ Intensifica la rigidez del bloque motor</li><li>▶ Alojamiento del cierre antioleaje</li><li>▶ Pegado con sello líquido</li><li>▶ Material: aleación de aluminio-silicio</li></ul>
Elemento postizo en nido de abeja	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Asegura que la bomba de aceite también pueda aspirar el aceite al conducirse de forma deportiva</li><li>▶ Atornillado con el elemento superior del cárter de aceite</li><li>▶ Material: plástico poliamida (PA)</li></ul>
Elemento inferior del cárter de aceite	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Un mayor margen de medición del sensor del nivel y la temperatura del aceite G266 para establecer su compatibilidad con los combustibles con contenido de etanol (E25 - E85)</li><li>▶ Espesor uniforme del material para optimizar el peso y reducir las deformaciones del componente (estanqueidad)</li><li>▶ Estanqueización con sello líquido</li><li>▶ Material: chapa de acero</li></ul>

## Bloque motor con camisas de pared delgada



## Brida de estanqueidad con filtro de aceite y radiador de aceite

La brida de estanqueidad (tapa de la caja de distribución) de fundición a presión de aluminio (Alusil) en la parte posterior del motor también se ha modificado, para crear en el vano motor un espacio correspondiente para la implantación de una dirección electromecánica. Por ser menor el piñón de accionamiento para la bomba de aceite, esta zona de la brida de estanqueidad también se ha podido configurar con unas dimensiones más compactas.

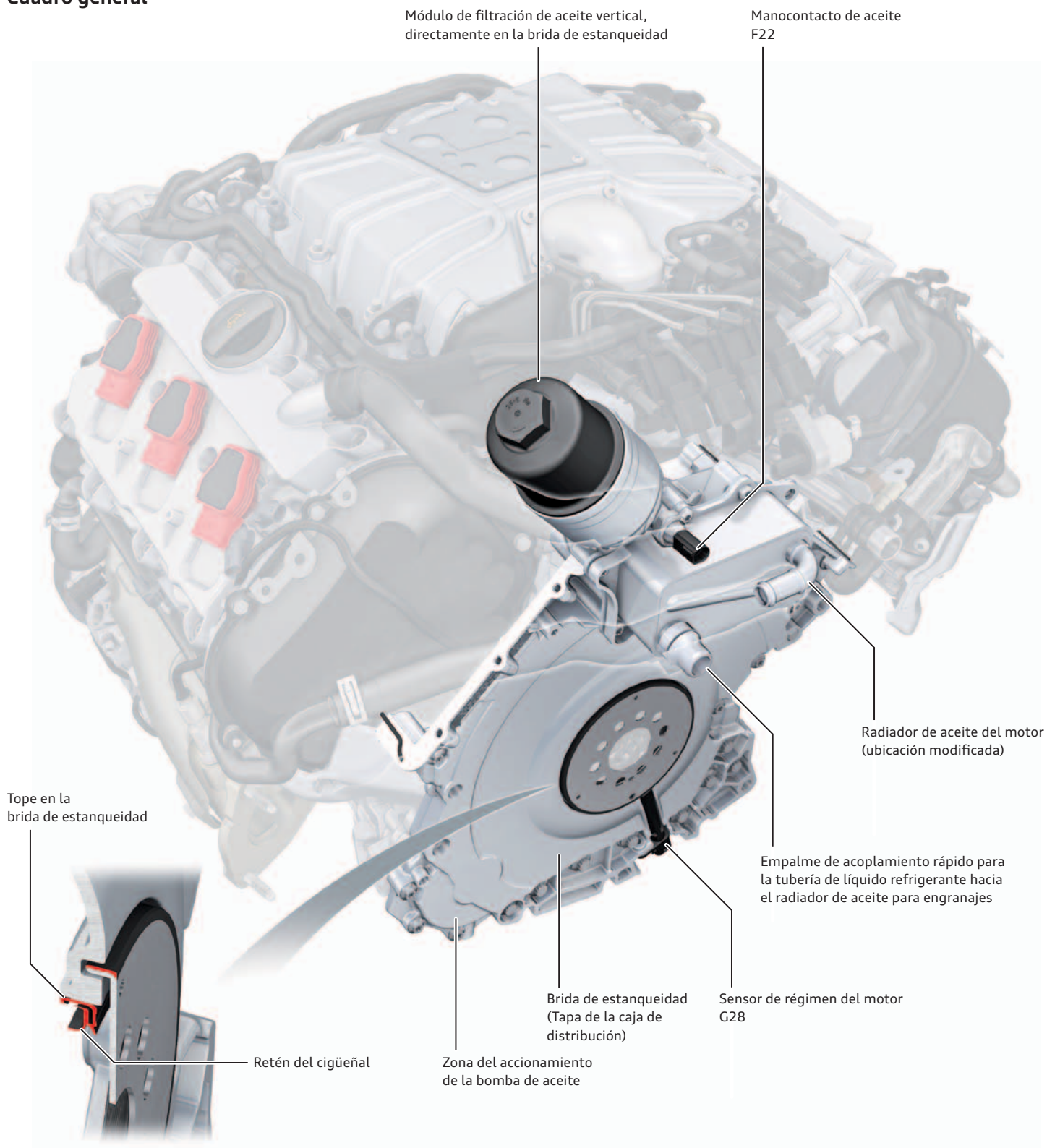
La brida de estanqueidad va fijada por el lado del cambio al bloque motor y a la travesa portacojinetes. Cierra con ello la caja de la cadena y cubre la distribución con respecto a la transmisión.

### Cuadro general

El módulo del filtro de aceite vertical es ahora un componente directo de la brida de estanqueidad. La ubicación del radiador de aceite del motor ha cambiado del elemento superior del cárter de aceite en la brida de estanqueidad hacia las proximidades inmediatas del filtro de aceite.

En el propio filtro de aceite del motor se encuentra un empalme de acoplamiento rápido para la tubería de líquido refrigerante que va hacia el radiador de aceite para engranajes.

En el cárter del cigüeñal reina una depresión un tanto más intensa que en el motor de 3ª generación. Esto podría tirar del retén del cigüeñal hacia dentro. Para evitar ese fenómeno hay un tope en la brida de estanqueidad.





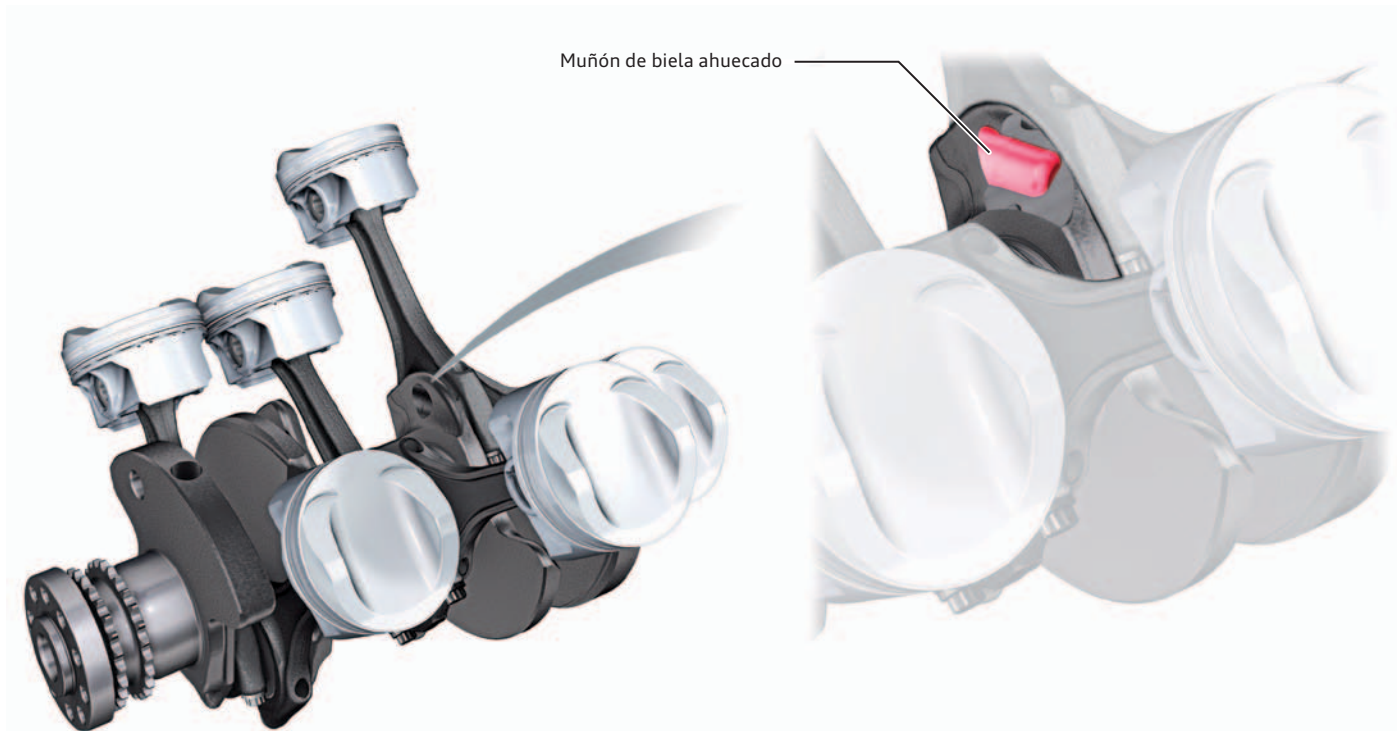
## Mecanismo del cigüeñal

El cigüeñal se fabrica a partir de una pieza en bruto forjada. El objetivo de este desarrollo consistió en obtener una clara reducción del peso.

Para ello se han reducido las dimensiones de las gualderas y se ha practicado un taladro en los muñones para las bielas. Con estas medidas se ha logrado reducir el peso del cigüeñal, en general, en 1.670 gramos.

## Bielas

Se aplican *bielas partidas* ↗ con un casquillo de biela de bronce.



## Pistón

El nuevo pistón forma parte del nuevo diseño de la cámara de combustión. Los objetivos planteados al desarrollo consistieron en reducir el peso y reducir el consumo de combustible y las emisiones de escape, y aquí sobre todo las de partículas.

Se han implantado en este contexto las modificaciones siguientes:

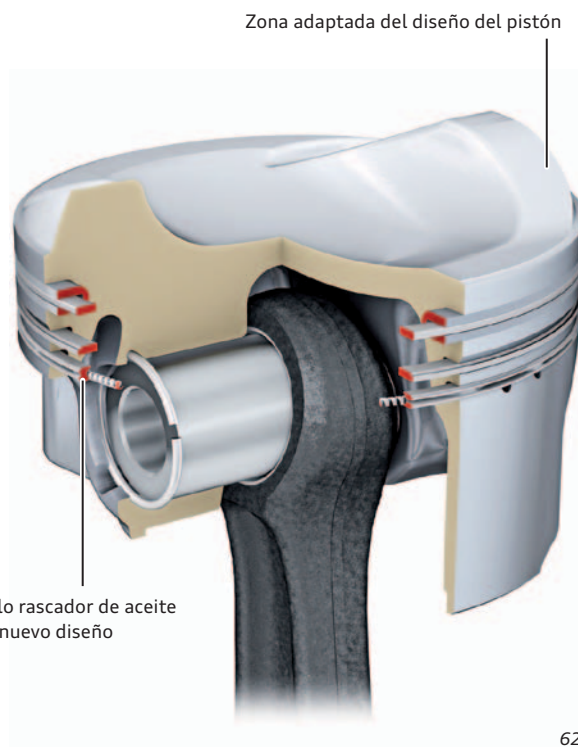
- ▶ Reducción de peso del pistón mediante nuevo diseño de la pieza bruta
  - ▶ Reducción de las masas oscilantes
- ▶ Reducción de los bordes de supercompresión (distancia entre la cabeza y el saliente del pistón con respecto a la culata)
  - ▶ Compresión aumentada a 10,8 (motor de 3ª gen.: 10,3)
  - ▶ Reducción del consumo de combustible
- ▶ Reducción de las fuerzas tangenciales en los segmentos de los pistones
  - ▶ Reducción de la fricción
  - ▶ Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>
- ▶ Nuevo diseño del segmento rascador de aceite
  - ▶ Reducción del consumo de aceite
- ▶ Recubrimiento de grafito
  - ▶ Necesario para las pistas de los cilindros en fundición gris
  - ▶ Reducción de la fricción
  - ▶ Propiedades mejoradas para el funcionamiento de emergencia

↗ Ver "Glosario" en página 46.

## Datos relativos a los cojinetes

Característica	Datos técnicos
Semicojinetes	Cojinete de 3 componentes: Lomo de acero con capa funcional de bronce y con una capa de bismuto aplicada por galvanización Cojinete de bancada: cojinete de 2 componentes (recubierto)
Diámetro de los cojinetes de bancada	65 mm
Diámetro de los cojinetes de biela	56 mm

624\_002



624\_005

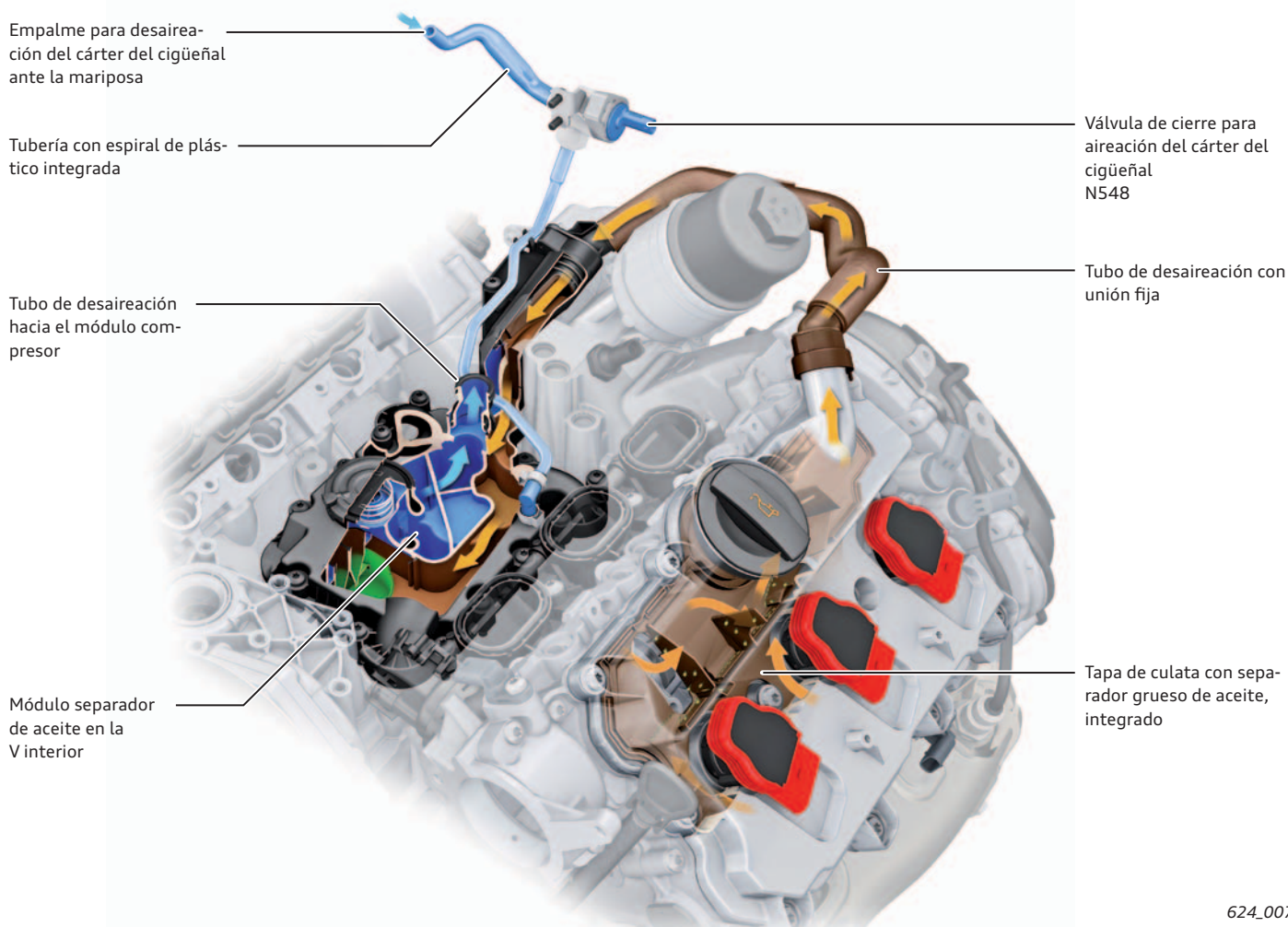
## Desaireación y aireación del cárter del cigüeñal

La desaireación del cárter del cigüeñal se ha revisado una vez más a fondo. El criterio determinante consistió en optimizar el comportamiento de la separación de las sustancias. La desaireación se realiza a través de una sola bancada de cilindros.

La separación gruesa sucede en un laberinto de la tapa de culata. El tubo de desaireación entre el separador grueso y el módulo separador del aceite va dotado de un aislamiento.

De esta forma, los hidrocarburos contenidos en los gases fugados (blow-by) de los cilindros no pueden condensarse en los componentes. El separador de aceite nebulizado con válvula reguladora de presión integrada en la V interior se ha adoptado en una gran medida del motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación. El sistema está diseñado para una depresión de 150 mbares.

Otras funciones más de la desaireación del cárter del cigüeñal se describen en el Programa autodidáctico (SSP) 411 "Motor Audi 2.8l y 3.2l FSI con Audi valvelift system".



624\_007



### Nota

En el tubo de desaireación hay una unión fija hacia la tapa de la culata, es decir, una unión no separable, para cumplir así con las exigencias planteadas por CARB (California Air Resource Board). El tubo de desaireación es igual para todas las variantes por países (reducción de variantes).

## Aireación del cárter del cigüeñal (PCV)

Para la limpieza del cárter del cigüeñal se extrae aire del tramo de aire puro (después del filtro). Este se alimenta hacia el cárter del cigüeñal a través de un empalme de tubería en el separador de aceite nebulizado.

Con el desarrollo ulterior del sistema se han conseguido los objetivos siguientes:

- ▶ Reducción de las emisiones sonoras
- ▶ Mejora del comportamiento de la marcha al ralentí del motor

Para mejorar el comportamiento a la sonoridad se ha implantado una espiral de material plástico en el sistema de la tubería. Un alto contenido de hidrocarburos en el cárter del cigüeñal podría estropear el comportamiento al ralentí del motor. La mejora del comportamiento al ralentí se realiza con ayuda de la válvula de cierre para aireación del cárter del cigüeñal N548. Durante la marcha al ralentí, esta válvula cierra la tubería de aireación, cuando la regulación lambda detecta un contenido excesivo de hidrocarburos en la desaireación del cárter del cigüeñal. La excitación de la válvula de cierre para aireación del cárter del cigüeñal N548 corre a cargo de la unidad de control del motor, por medio de una señal PWM  $\nearrow$ . En estado sin corriente se encuentra completamente abierta ("posición fail safe").

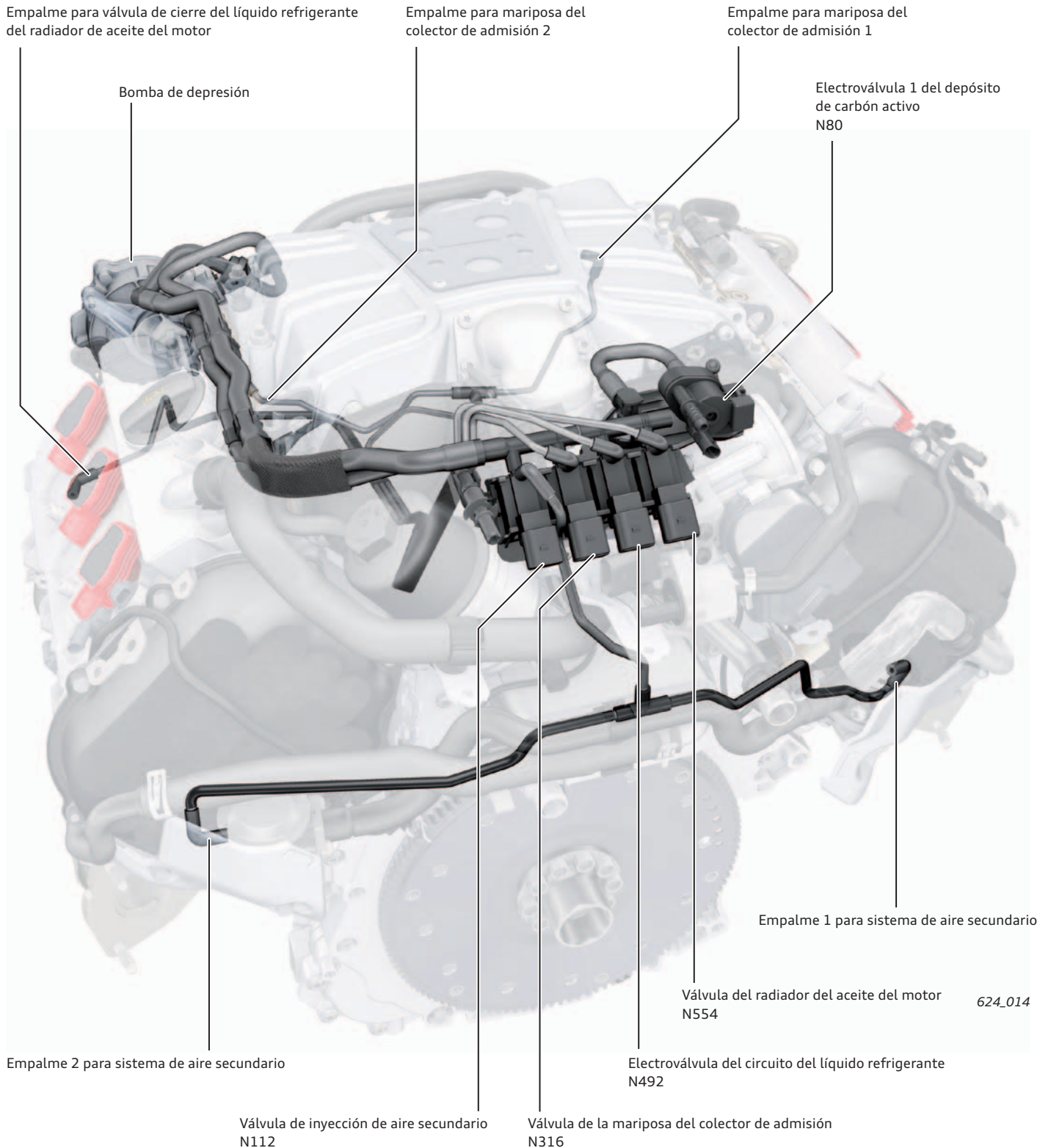
$\nearrow$  Ver "Glosario" en página 46.

## Alimentación de depresión

Para establecer la alimentación fiable de la depresión hay una bomba de depresión en la parte delantera del motor. Se acciona por medio del árbol de levas de admisión en la bancada de cilindros de la izquierda. Las válvulas electromagnéticas para la gestión de los consumidores de depresión se disponen por la parte posterior del motor.

Los sistemas indicados a continuación se excitan por depresión:

- ▶ Sistema de aire secundario (2 válvulas combinadas)
- ▶ Mariposas del colector de admisión
- ▶ Sistema de refrigeración
  - ▶ Radiador de aceite de motor, conmutable
  - ▶ Bomba de líquido refrigerante, conmutable



### Nota

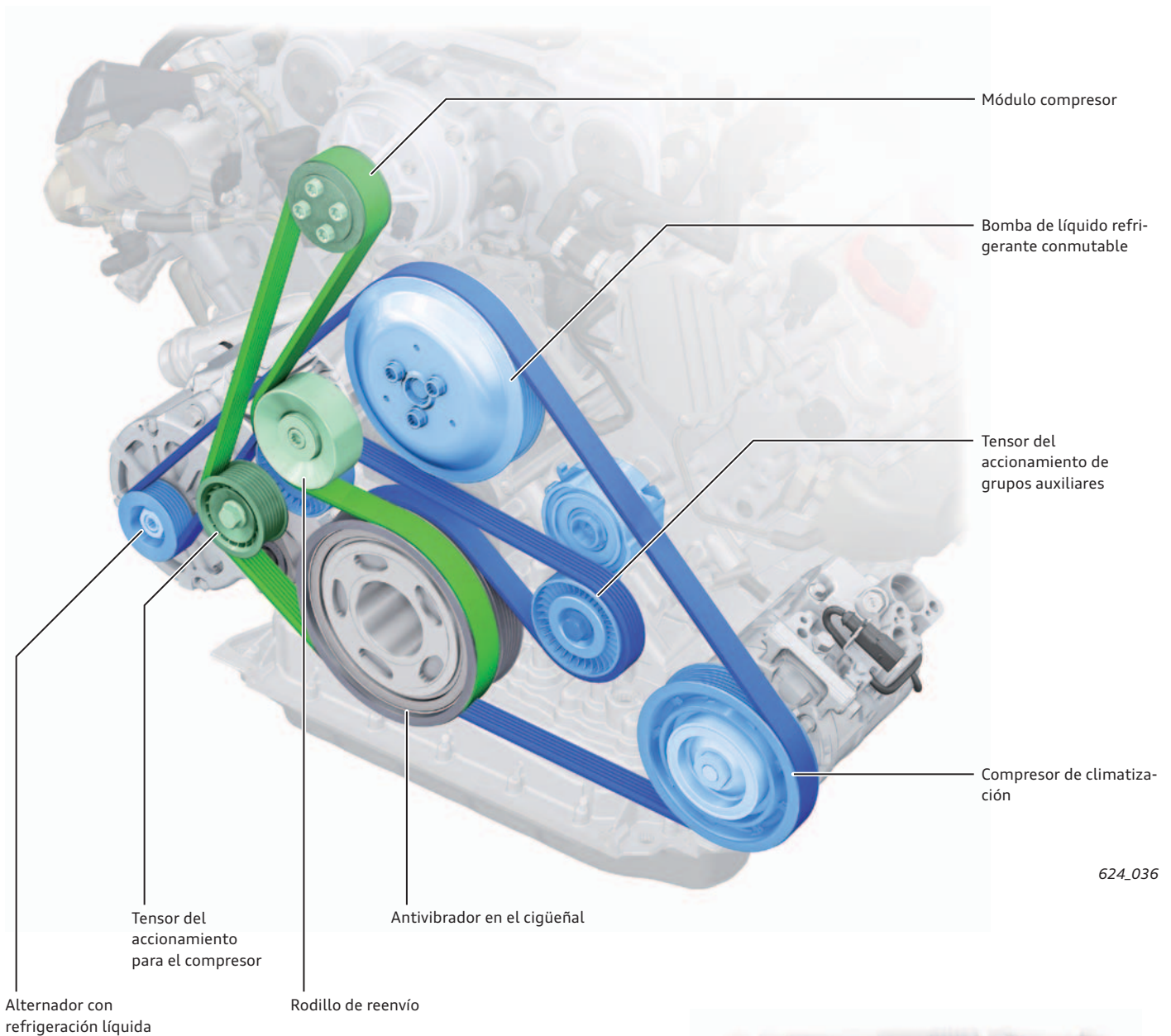
Los tubos de depresión y los conectores eléctricos deben estar asignados siempre de forma correcta y no se los debe confundir por ningún motivo.

## Accionamiento de correa

Para el accionamiento de los grupos auxiliares el motor dispone de 2 ramales de correa por separado. El ramal para los grupos auxiliares se encarga de accionar el alternador, la bomba de líquido refrigerante conmutable y el compresor de climatización. El accionamiento del compresor de sobrealimentación corre a cargo de un ramal de cadena por separado.

### Legenda:

- Accionamiento de grupos auxiliares
- Accionamiento del compresor



624\_036

## Accionamiento del compresor

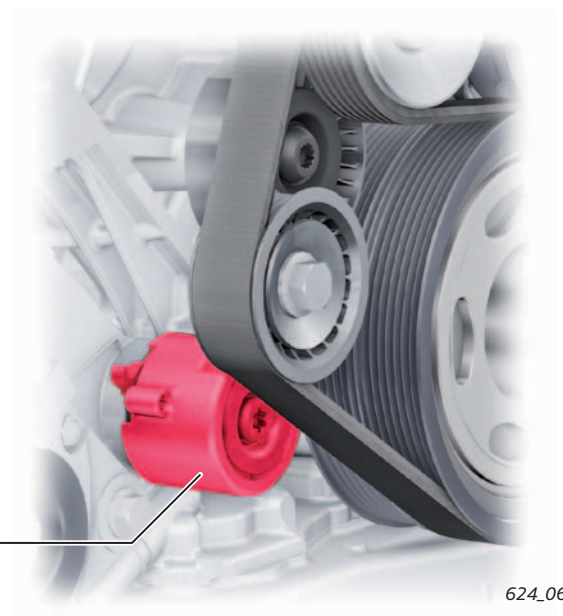
En el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación también se aplica aquí un segundo ramal de cadena para el accionamiento del compresor. Debido a la necesidad de poder conmutar el compresor, sin embargo, se necesita aquí una mayor fuerza del ramal (fuerza de tensado) en el tensor de la correa.

La correa poli-V para el compresor está sujeta a un intervalo de sustitución especificado; véase la tabla de los trabajos de mantenimiento en la página 45. Tenga en cuenta a este respecto siempre las tablas de mantenimiento actuales.

### Características:

- ▶ Fuerza del ramal 290 N (eran: 219 N)
- ▶ Relación de transmisión de la correa  $i = 2,5$

Tensor del accionamiento para el compresor



624\_067

## Distribución de cadena

La distribución de cadena se ha derivado de los motores V6 de gasolina actuales en lo que respecta al diseño. Los objetivos planteados al desarrollo ulterior de la distribución de cadena consistieron en reducir fricciones, peso y costes.

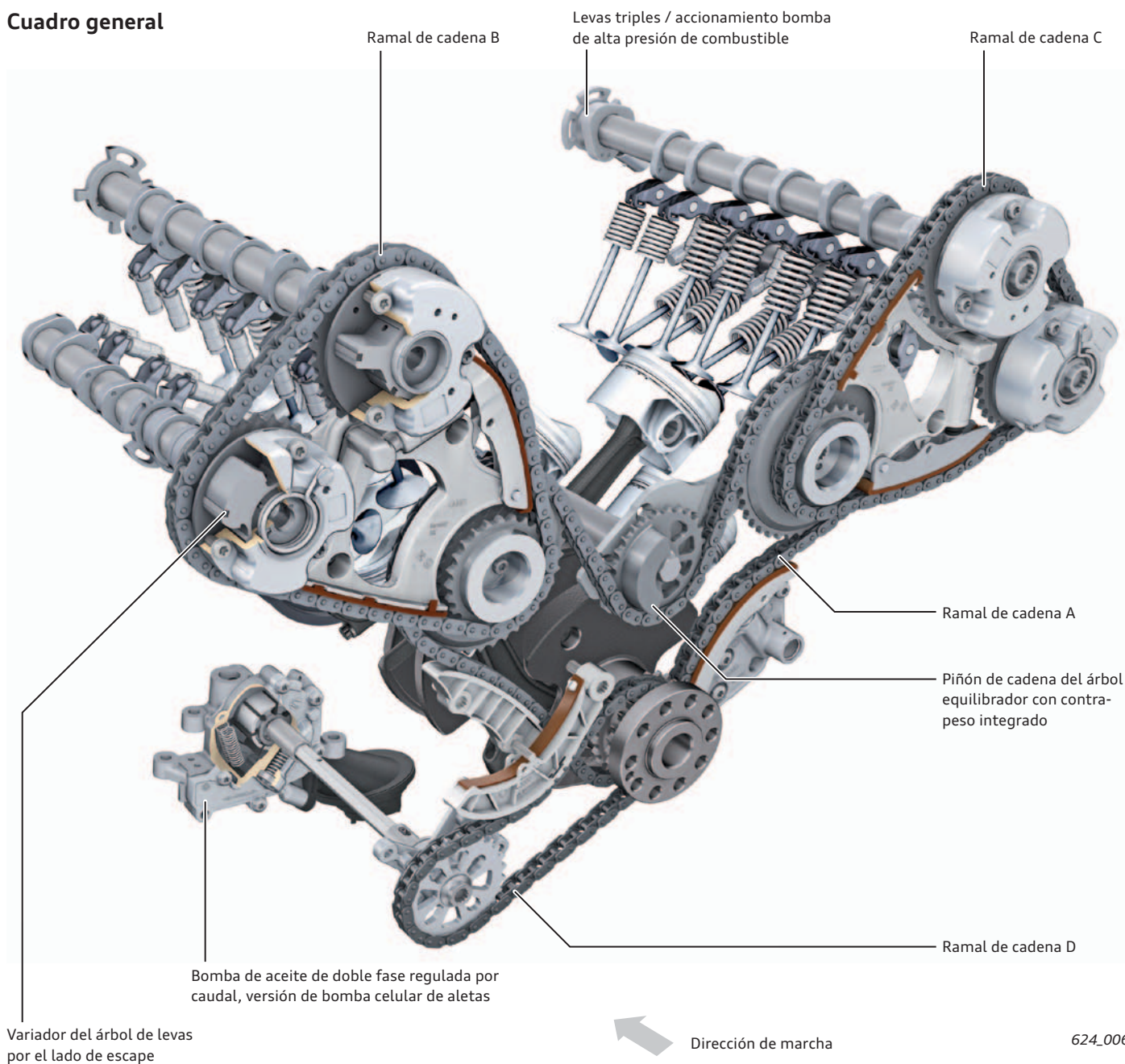
Frente al motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación se han modificado las trayectorias de los ramales de cadena A (acciona adicionalmente al árbol equilibrador) y del ramal de cadena D (ya sólo acciona la bomba de aceite). Esto hace que ambas cadenas dispongan de una menor cantidad de eslabones, lo cual se ha traducido en una reducción del peso.

Los tensores de los ramales de cadena A, B y C son versiones mecánicas de muelle con apoyo hidráulico, igual que en el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación.

Las carcasas de los tensores de cadena para los ramales B y C son versiones optimizadas en peso. Los carriles guía cortos van integrados en la tapa de la culata. El tensor de cadena del ramal D es una versión mecánica de muelle, sin apoyo hidráulico. El tensado corre a cargo de un paquete de ballestas. El motor dispone asimismo de un árbol equilibrador situado en la V interior. Sin embargo, ahora se aplica una rueda de cadena sinterizada con el contrapeso integrado. El propio eje es una versión "amasada" exenta de ranura para el segmento de aceite en ambos cojinetes.

Aparte de los árboles de levas de admisión ahora también los árboles de levas de escape disponen de un reglaje de distribución variable.

## Cuadro general



### Nota

Las modificaciones implantadas en la distribución de la cadena también han implicado modificaciones en los trabajos de montaje. Tenga en cuenta el Manual de Reparaciones a este respecto.

## Reglaje de los árboles de levas

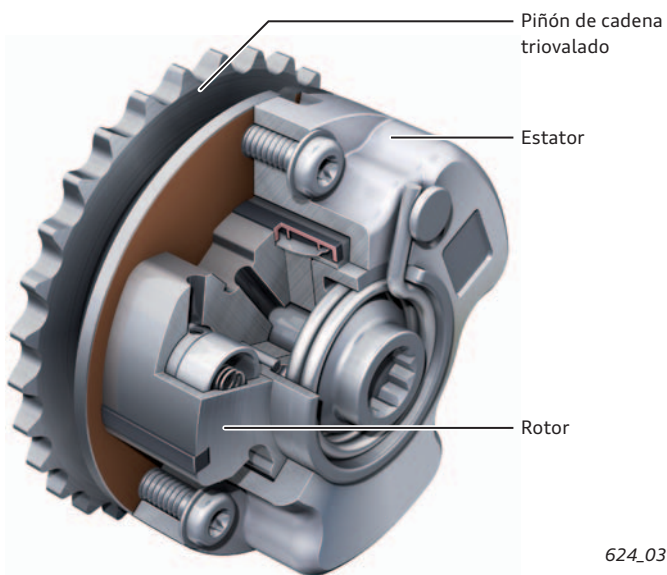
La misión del reglaje de los árboles de levas consiste en realizar una optimización de las entregas de potencia y par sobre toda la gama de regímenes a base de desfasar los tiempos de distribución de admisión y escape. El reglaje de los árboles de levas se realiza por medio de variadores hidráulicos en los piñones de las cadenas.

El bloqueo de los variadores de los árboles de levas se lleva a cabo en estado sin presión. De esta forma no se producen ruidos de golpe a tope al arrancar el motor. El bloqueo se realiza por medio de pasadores sometidos a fuerza de muelle. Comunican al estator con el rotor.

### Estructura del reglaje de los árboles de levas

#### Características técnicas

- ▶ Adopción de la arquitectura de 3ª generación del motor 3.0l V6 TFSI (fugas reducidas, construcción aligerada)
- ▶ 50° cig. margen de reglaje lado admisión (generación 3: 42°)
- ▶ 42° cig. margen de reglaje lado escape (actuador agregado nuevo)
- ▶ Piñones de cadena triovalados
- ▶ Válvulas de reglaje de los árboles de levas con insertos de tamices robustos contra rotura por vibraciones (adopción del motor 4.0l V8 TFSI)



624\_037

Todas las válvulas para el reglaje de los árboles de levas se encuentran sin corriente para esos efectos. Al no estar aplicada la corriente al electroimán, los árboles de levas de admisión se encuentran en posición retrasada y, por su parte, los árboles de levas de escape se encuentran en posición avanzada.

El ajuste básico de los árboles de levas de escape en la posición avanzada se lleva a cabo con ayuda de un muelle. Los piñones para la cadena en los variadores de los árboles de levas son versiones triovaladas.



624\_074

### Superficies estructuradas por láser

Para obtener una mejor transmisión del par con la unión atornillada, la superficie frontal de los árboles de levas es una versión estructurada por láser. En la primera unión atornillada con el variador de aluminio para el árbol de levas se produce allí una estructura correspondiente. Después de soltar la unión atornillada deberá tenerse en cuenta en todo caso la necesidad de emplear tornillos nuevos, ver Manual de Reparaciones.



624\_075



624\_038



#### Remisión

La estructura y el funcionamiento fundamentales del reglaje de los árboles de levas están descritos en el Programa autodidáctico (SSP) 267 "El motor Audi 6.0 l W12 en el Audi A8 – parte 1".

## Culata

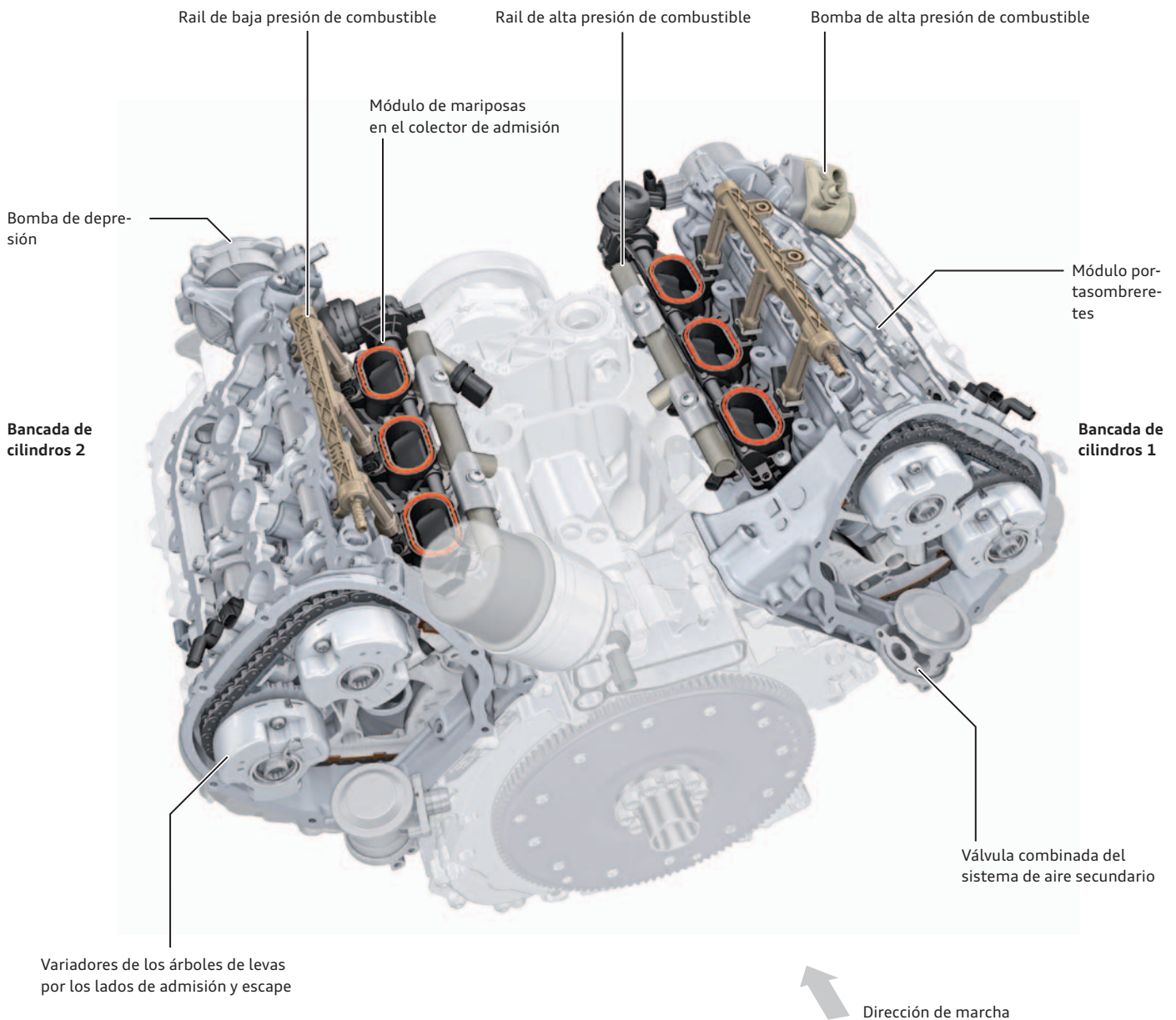
En las culatas se han implantado numerosas medidas de desarrollo. A continuación se resumen las modificaciones más importantes:

- ▶ Adaptación a la nueva geometría de la cámara de combustión
- ▶ Fijación modificada para el compresor
- ▶ Integración del sistema de inyección dual
  - ▶ Instalación de inyectores adicionales de baja presión
  - ▶ Tendido de las tuberías de combustible
- ▶ Circuito de refrigeración adaptado (taladro X)
- ▶ Variadores adicionales en los árboles de levas de escape
- ▶ Mando de válvulas más resistente al desgaste
- ▶ Nuevo anillo de asiento de las válvulas de admisión (adecuado para combustibles con contenido de etanol, E25)
- ▶ Guías de las válvulas de escape resistentes al desgaste
- ▶ Módulo portasombbreretes con alojamiento de las válvulas 1+2 para el reglaje de los árboles de levas
- ▶ Nuevas válvulas combinadas (sistema de aire secundario) con fijación modificada

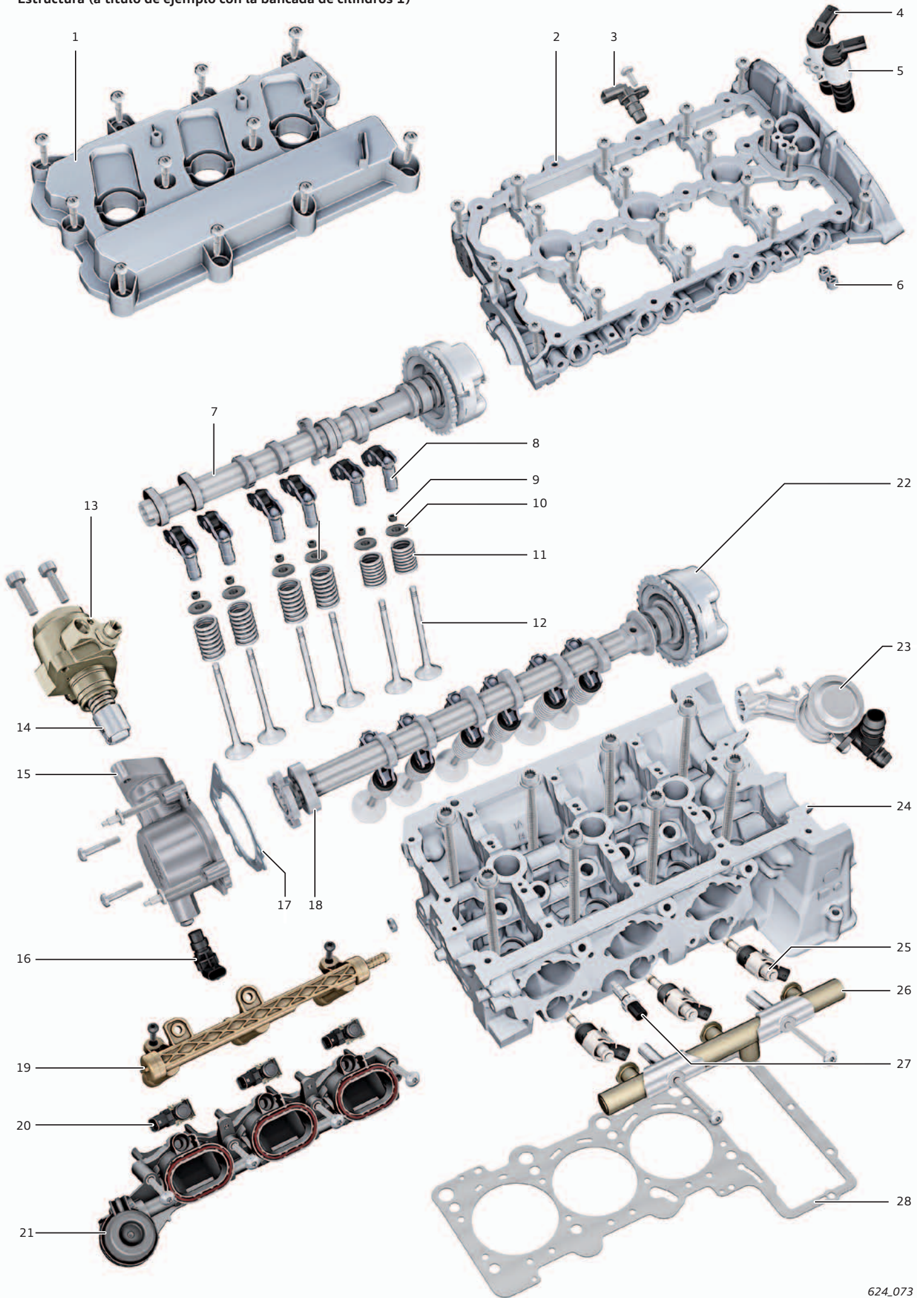
Se ha obtenido una reducción del peso de las culatas a base de optimizar los componentes pesados, p. ej. la pieza terminal del empalme para el variador del árbol de levas.

Se han podido reducir los efectos de fricción de los árboles de levas, especialmente al comienzo de la vida útil del motor, mediante un *procedimiento de afinado*  $\nearrow$  en los cojinetes de los árboles de levas.

No se deben reparar los anillos de asiento de las válvulas. Las válvulas se pueden sustituir y asentar.



Estructura (a título de ejemplo con la bancada de cilindros 1)





Leyenda relativa a la figura de la página 16:

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | Tapa de la culata  | 16 | Sensor Hall 2 G163   |
| 2  | Módulo portacojinetes de los árboles de levas                      | 17 | Junta  |
| 3  | Sensor Hall G40  | 18 | Leva de accionamiento para bomba de alta presión de combustible        |
| 4  | Válvula 1 para distribución variable N205                          | 19 | Rail de baja presión de combustible                                    |
| 5  | Válvula 1 para la distribución variable (escape) N318              | 20 | Inyectores 2 para cilindros 1 – 3 (baja presión) N532 – N534           |
| 6  | Válvulas antirretorno  | 21 | Módulo de mariposas en el colector de admisión                         |
| 7  | Árbol de levas de escape con variador del árbol de levas           | 22 | Árbol de levas de admisión con variador del árbol de levas             |
| 8  | Balancín flotante de rodillo con elemento de apoyo                 | 23 | Válvula combinada del sistema de aire secundario                       |
| 9  | Conos de la válvula  | 24 | Culata   |
| 10 | Platillo para muelle de válvula                                    | 25 | Inyectores para cilindros 1 – 3 (alta presión) N30 – N32               |
| 11 | Muelle de válvula  | 26 | Rail de alta presión de combustible                                    |
| 12 | Válvula de escape  | 27 | Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694 |
| 13 | Bomba de alta presión de combustible                               | 28 | Junta de la culata   |
| 14 | Taqué de rodillo   |    |  |
| 15 | Carcasa de accionamiento para bomba de alta presión de combustible |    |  |

## Cubiertas para las cadenas de distribución

Las cubiertas para las cadenas de distribución van atornilladas con las culatas y se hermetizan con sello líquido.

Son de chapa de aluminio con un espesor de pared de 0,8 mm, lo cual se traduce en una reducción de peso de aprox. 400 g. La geometría de las cubiertas se ha adaptado a la nueva configuración del sistema de aire secundario. Ambas cubiertas corresponden al mismo diseño.

Las cubiertas van revestidas por la parte exterior con material insonorizante y resistente a altas temperaturas *terophon* <sup>↗</sup>, para reducir la sonoridad de las cadenas. El recubrimiento de *terophon* aplicado con aerógrafo tiene un espesor aproximado de 3 mm.



Recubrimiento de terophon

# Alimentación de aceite

## Introducción

El sistema de alimentación de aceite ha sido adaptado a las nuevas condiciones dadas. A ello pertenece un nuevo cárter de aceite con un menor volumen.

El radiador de aceite se ha mudado hacia la parte posterior del motor en la brida de estanqueidad (tapa de la caja de distribución) y va atornillado allí. El módulo de filtración de aceite en posición vertical constituye un componente completo conjuntamente con la brida de estanqueidad.

Las culatas han sido adaptadas en lo que respecta al circuito de aceite. Aquí se abastece aceite a presión para los variadores adicionales de los árboles de levas de escape.

En el bloque motor se instalan eyectores de refrigeración de los pistones. Su presión de apertura es alrededor de los 2,5 bares; la presión de cierre es de aprox. 2 bares. La gestión se realiza por medio de válvulas de bola sometidas a fuerza de muelle.

## Cuadro general del circuito de aceite

Conductos de aceite para abastecer los árboles de levas y los elementos de apoyo

Válvula 1 para distribución variable (escape) N318

Manocontacto de aceite para control de la presión reducida F378

Válvula 1 para distribución variable N205

Radiador de aceite del motor

Filtro de aceite

Manocontacto de aceite F22

Tensor de cadena

Válvula 2 para distribución variable N208

Válvula 2 para distribución variable (escape) N319

Galería de aceite del cigüeñal

Surtidor de refrigeración del pistón

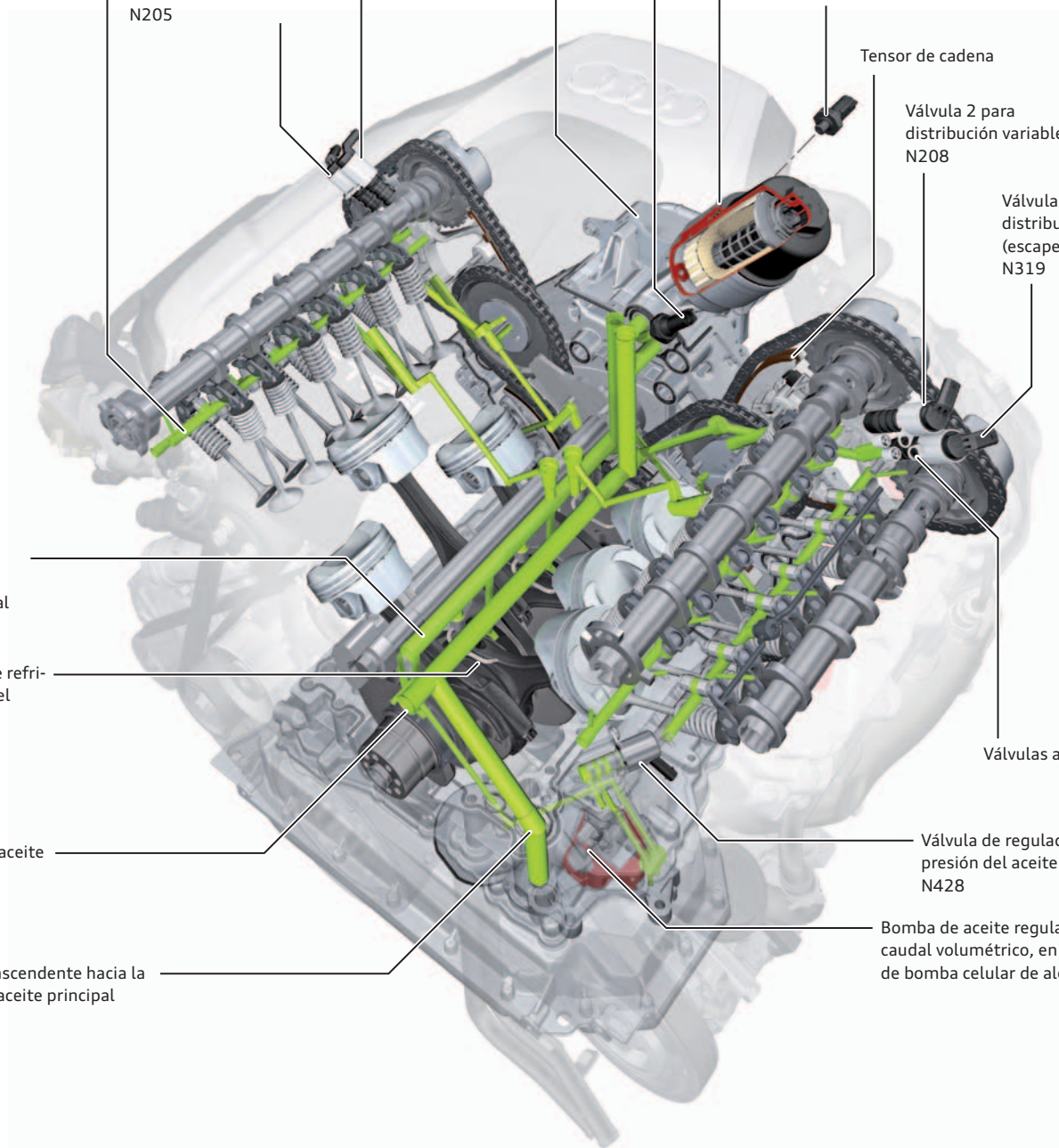
Galería de aceite principal

Conducto ascendente hacia la galería de aceite principal

Válvulas antirretorno

Válvula de regulación de la presión del aceite N428

Bomba de aceite regulada por caudal volumétrico, en forma de bomba celular de aletas



## Bomba de aceite

La bomba de aceite es una versión celular de aletas de 2 fases con corredera de regulación.

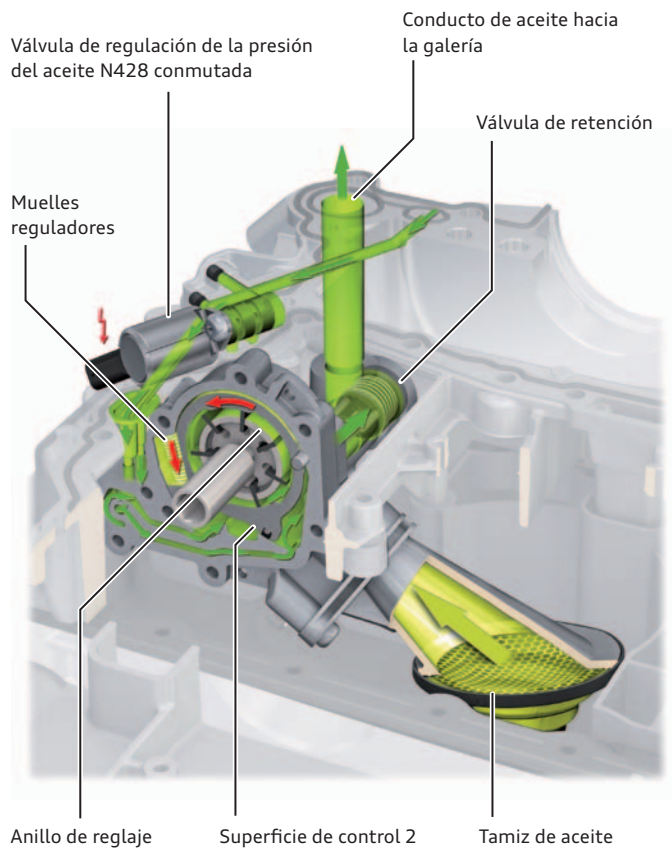
### Bajo nivel de presión

La válvula de regulación de la presión del aceite N428 es conectada por la unidad de control del motor. Esto hace que abra el conducto hacia la superficie de control 2. La presión de aceite generada por la bomba actúa ahora sobre ambas superficies de control y decala más intensamente el anillo de reglaje.

La cámara de la bomba decrece. Con ello se impele una menor cantidad de aceite. La presión del aceite disminuye. La bomba de aceite trabaja con una menor potencia de accionamiento. De ahí resulta una ventaja de consumo.

La presión del aceite en la etapa de alimentación baja es de aprox. 1,5 bares.

Si se avería la excitación eléctrica de la válvula de regulación de la presión del aceite N428, la bomba impele permanentemente el aceite a alto nivel de presión.



624\_024

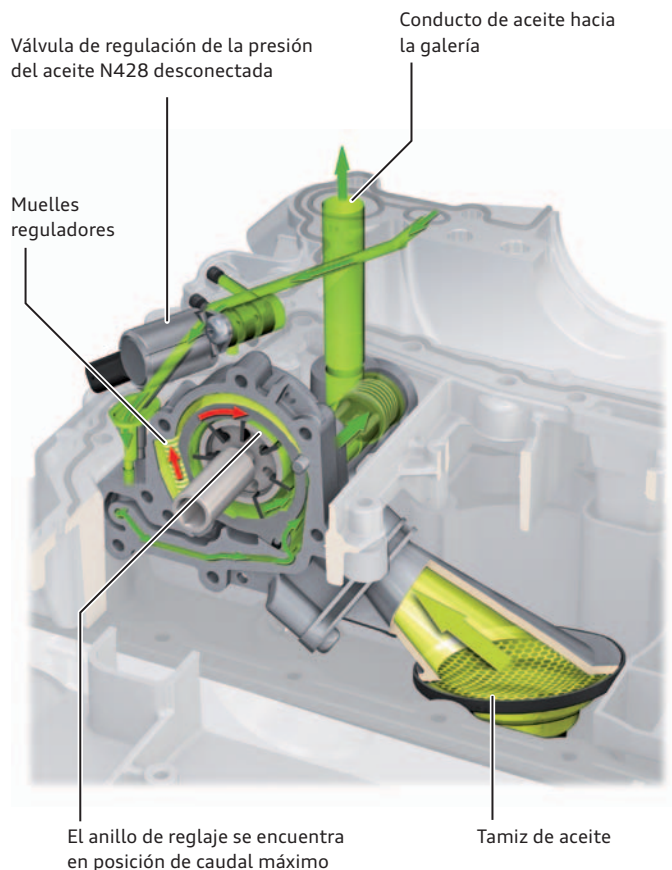
### Alto nivel de presión

A un régimen de 4600 rpm se conmuta a la etapa de presión superior. Para ello se desconecta la válvula de regulación de la presión del aceite N428.

Esto interrumpe el flujo del aceite sobre la superficie de control 2 del anillo de reglaje. Los muelles reguladores oprimen ahora el anillo de reglaje en retorno. Con ello crece la cámara interior de la bomba. El caudal impelido por la bomba aumenta y la presión del aceite es regulada al alto nivel. El aceite devuelto por la superficie de control 2 pasa al cárter de aceite, gestionado por la N428. La conmutación al nivel de presión inferior sucede cuando el régimen de motor desciende por debajo de las 4.300 rpm, con un retardo de 5 segundos.

La presión del aceite en la etapa alta es de aprox. 3,3 bares.

Como protección del sistema contra una presión excesiva del aceite, p. ej. al estar el aceite muy frío y espeso, hay una válvula de descarga integrada en la bomba. Abre alrededor de los 11 bares (relativos).



624\_028



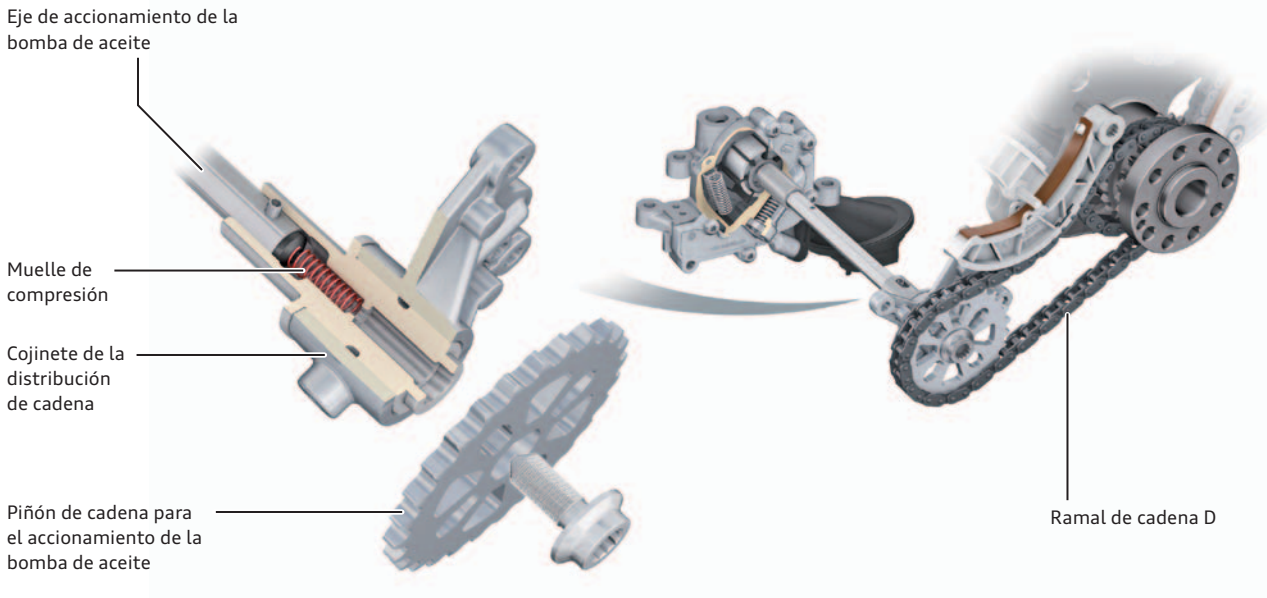
### Remisión

La función de la bomba de aceite de caudal regulado se describe en el Programa autodidáctico (SSP) 607 "Motor Audi 4.0L V8 TFSI con sobrealimentación biturbo".

## Accionamiento de la bomba de aceite

La bomba de aceite va atornillada en el cárter de aceite superior, igual que en los motores predecesores. El accionamiento de la bomba de aceite se realiza a través del eje específico. Se impulsa a partir del cigüeñal a través del ramal de cadena D.

La relación de transmisión es de  $i = 1,08$ . Para poder desmontar la bomba de aceite sin desmontar la distribución de cadena, el eje de accionamiento para la bomba de aceite es una versión desplazable axialmente, en contra de la fuerza que ejerce un muelle de compresión.



624\_043

## Radiador de aceite conmutable

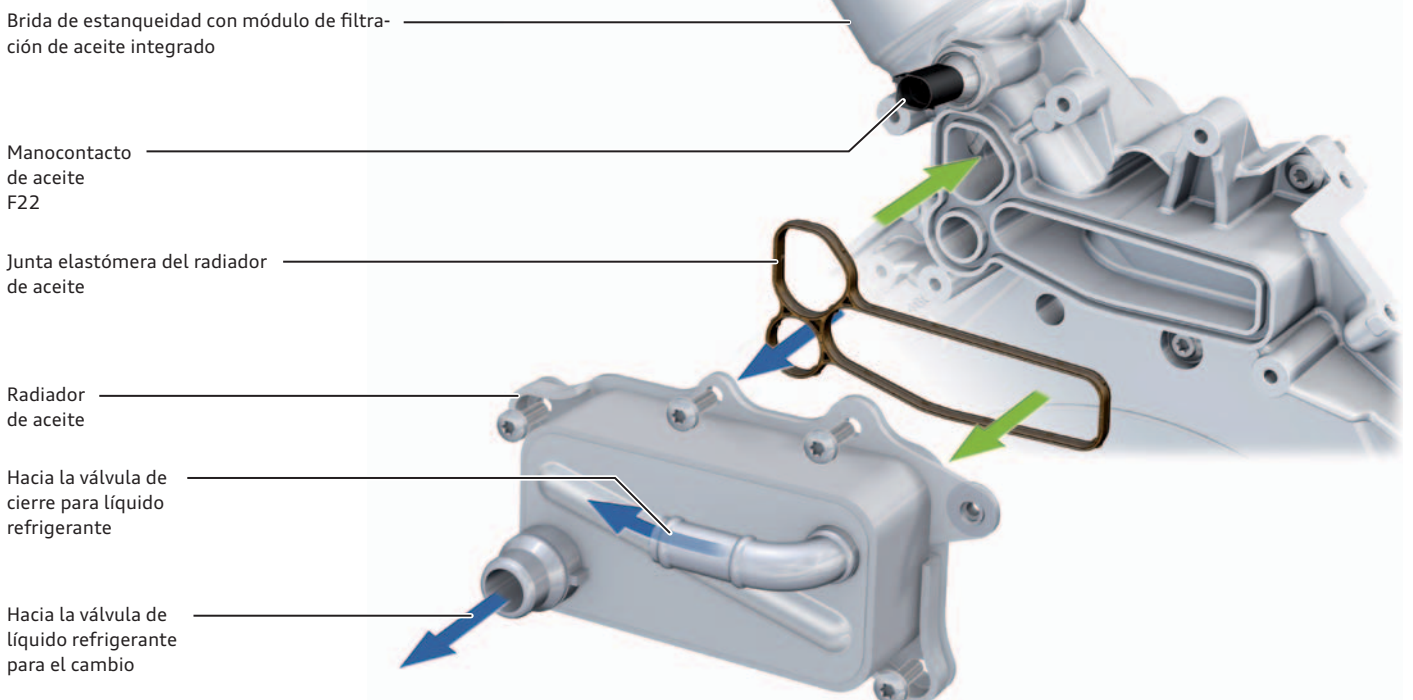
En comparación con el motor de 3ª generación se ha modificado la ubicación del radiador de aceite. Se encuentra ahora en la brida de estanqueidad (tapa de la caja de distribución) en las inmediaciones del módulo de filtración de aceite.

El radiador de aceite va atornillado a la brida de estanqueidad. El sellado de los conductos de aceite se realiza por medio de una junta preformada de material *elastómero*  $\curvearrowright$ .

El flujo del líquido refrigerante a través del radiador de aceite se regula en función de las necesidades por medio de un actuador excitado por depresión, ver "Sistema de refrigeración" en la página 28.

### Legenda:

- Líquido refrigerante
- Aceite de motor – aceite bruto
- Aceite de motor – aceite depurado



$\curvearrowright$  Ver "Glosario" en página 46.

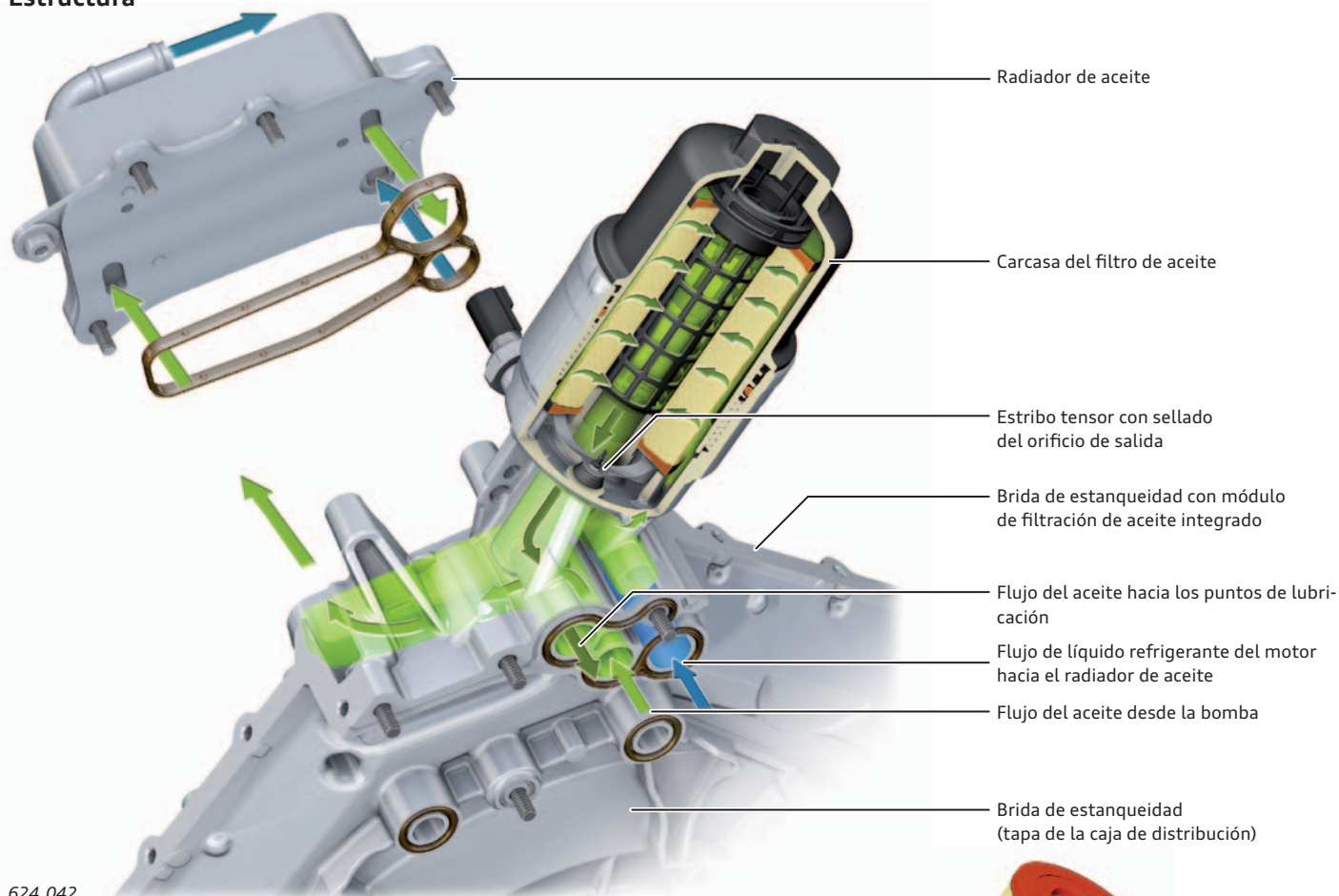
624\_044

## Módulo de filtración de aceite

El módulo de filtración de aceite forma parte de la brida de estanqueidad (tapa de la caja de distribución) en la parte posterior del motor. Para las intervenciones en el área de Servicio viene dado un acceso adecuado, para poder cambiar fácilmente el cartucho del filtro.

El aceite procedente de la bomba fluye a través del radiador y se depura luego en el filtro de aceite. Después de ello se conduce hacia los puntos de lubricación del motor.

### Estructura

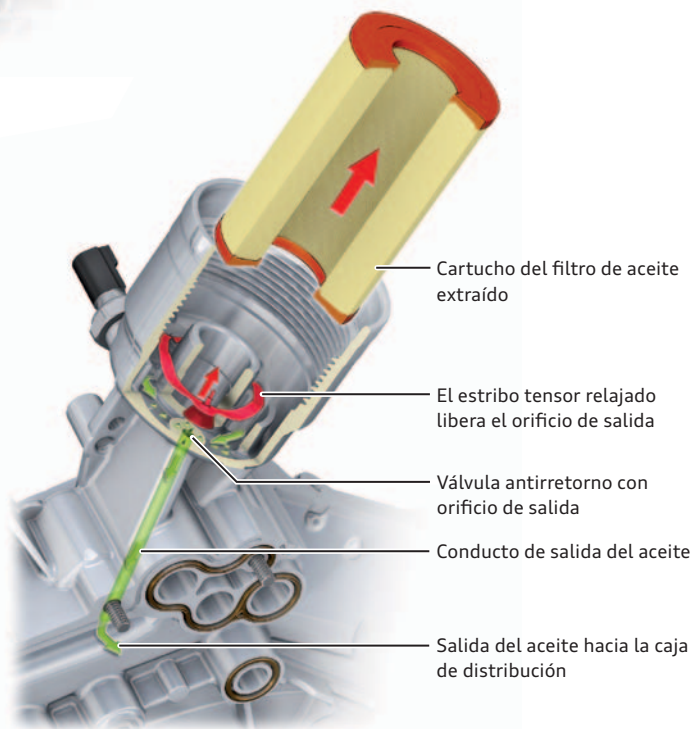


### Cambio de filtro de aceite

Deberá evitarse que se derrame aceite sobre el motor al cambiar el filtro de aceite. Para ello es necesario que el aceite que se encuentra en la carcasa del filtro pueda escapar hacia el cárter al cambiar el filtro.

Después de haber aflojado la carcasa del filtro de aceite por unas cuantas vueltas, una válvula antirretorno abre y libera un conducto, a través del cual el aceite puede escapar de la carcasa del filtro hacia el cárter. La válvula antirretorno se mantiene cerrada por un estribo tensor sometido a fuerza de muelle. El estribo tensor se tensa sobre el cartucho del filtro de aceite cuando la carcasa del filtro se atornilla fijamente con el módulo de filtración de aceite.

Por dentro del marco de un cambio de filtro de aceite, es decir, antes de montar el nuevo cartucho del filtro, se tiene que verificar que el estribo tensor asiente correctamente. Si la válvula antirretorno no sella correctamente a través del estribo tensor, no se podrá generar presión de aceite.



624\_041



#### Nota

Para el cambio de aceite hay que tener en cuenta las indicaciones que se proporcionan en el Manual de Reparaciones para el desmontaje y montaje del cartucho del filtro de aceite, y especialmente las relacionadas con el manejo del estribo tensor.

# Alimentación de aire y sobrealimentación

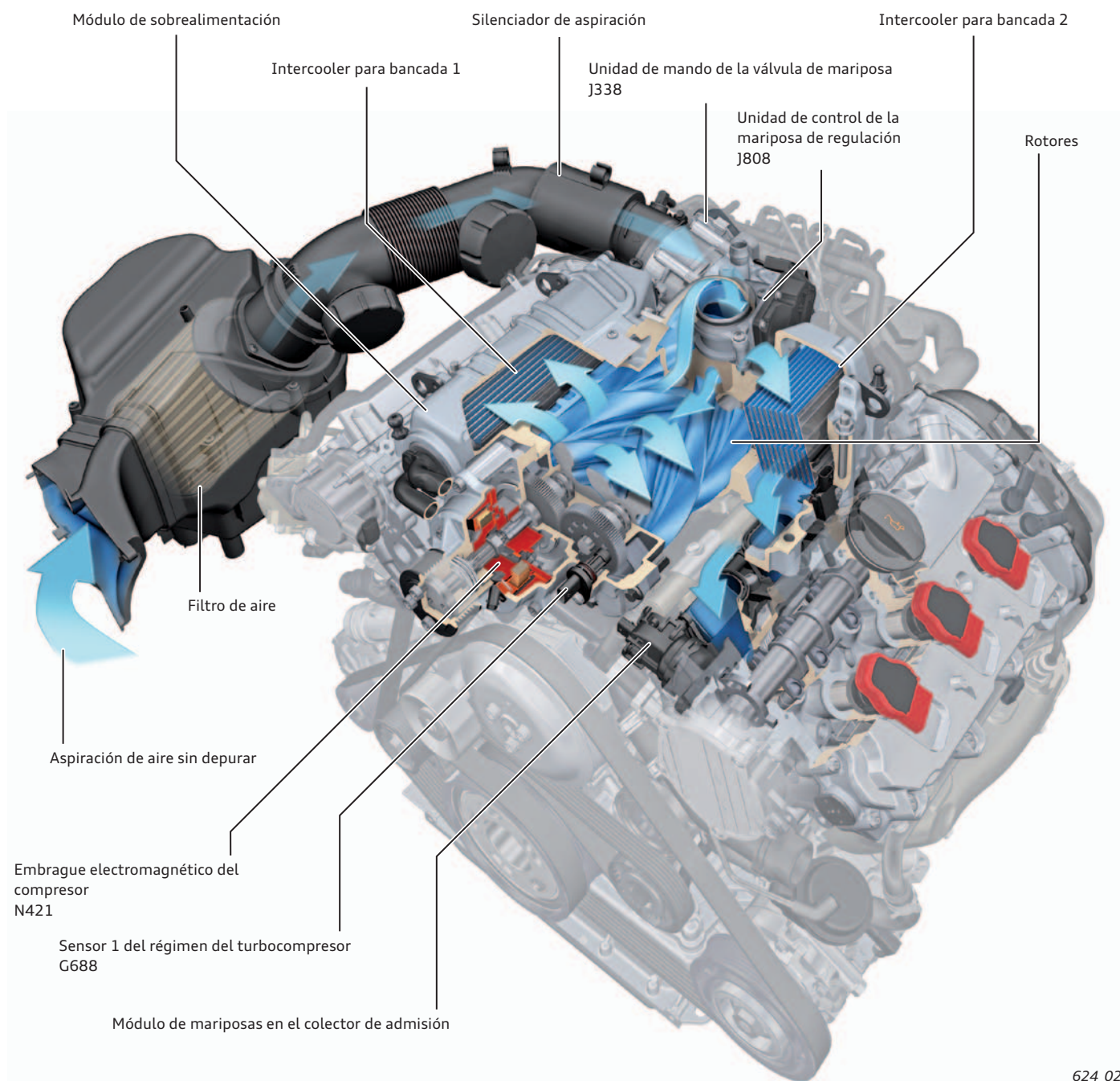
## Cuadro general

El sistema de alimentación de aire y sobrealimentación se ha revisado en numerosos detalles. Los ingenieros de desarrollo han visto aquí una posibilidad más para reducir el consumo de combustible del motor. Hasta ahora se accionaba permanentemente el compresor (supercargador Roots). La presión de sobrealimentación para el motor 3.0l TFSI de 3ª generación se gestionaba exclusivamente por medio de la válvula de mariposa y la chapaleta de regulación.

En el cabezal de accionamiento del compresor hay ahora un embrague electromagnético. Con éste se puede interrumpir el flujo de la fuerza hacia el compresor – exactamente en el momento en el que no se necesita sobrealimentación.

La implantación de la desconexión del compresor ha implicado una serie de adaptaciones. Éstas se describen en las páginas siguientes.

## Sistema general



624\_029

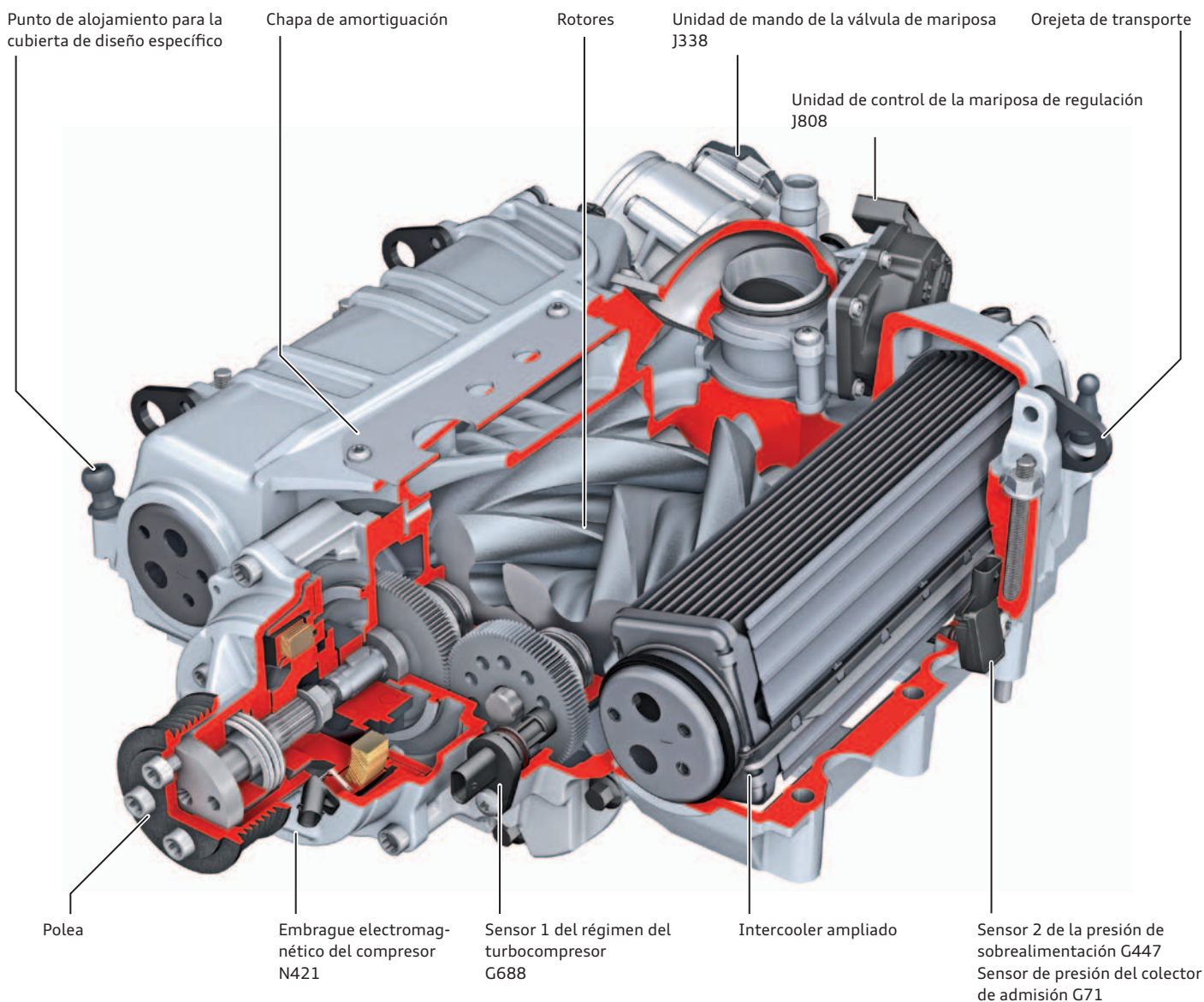
## Módulo compresor (supercargador Roots)

Aparte de la posibilidad de desconectar el compresor por medio del embrague electromagnético se han implantado más modificaciones en el módulo compresor:

- ▶ Sensor 2 de la presión de sobrealimentación G447 / sensor de presión del colector de admisión G71 modificados; son ahora sensores digitales con *protocolo de datos SENT ↗*, igual que en el motor EA888 de 3ª generación
- ▶ Puntos de alojamiento adicionales para la cubierta pasante de diseño específico (compresor no visible en el vano motor)
- ▶ Intercooler de mayores dimensiones y en disposición inclinada (un mayor rendimiento)
- ▶ Orejetas de transporte de mayores dimensiones
- ▶ Un mejor alojamiento de mariposas y trampillas (válvula de mariposa, trampilla de recirculación de aire)

La conmutabilidad del compresor supone mayores esfuerzos para la transmisión de correa. Por ello se aplica un tensor de correa más robusto, ver "Accionamiento de correa" en la página 12.

### Estructura



↗ Ver "Glosario" en página 46.

624\_001



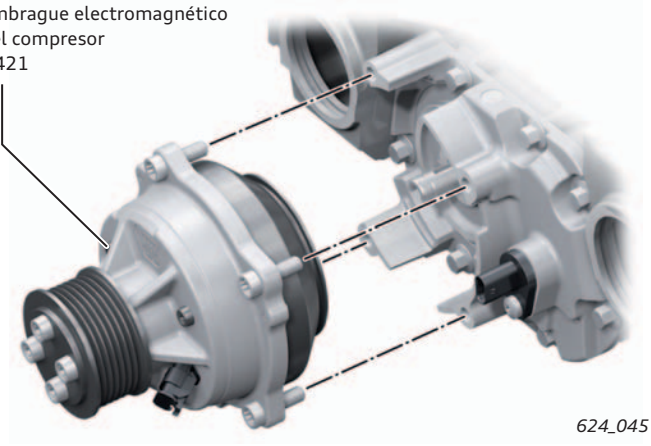
#### Remisión

En el Programa autodidáctico (SSP) 437 "Motor Audi 3.0l V6 TFSI con supercargador Roots" hallará información más detallada sobre los supercargadores Roots, la regulación de la presión de sobrealimentación y sobre la refrigeración del aire de sobrealimentación del motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación.

## Embrague electromagnético del compresor N421

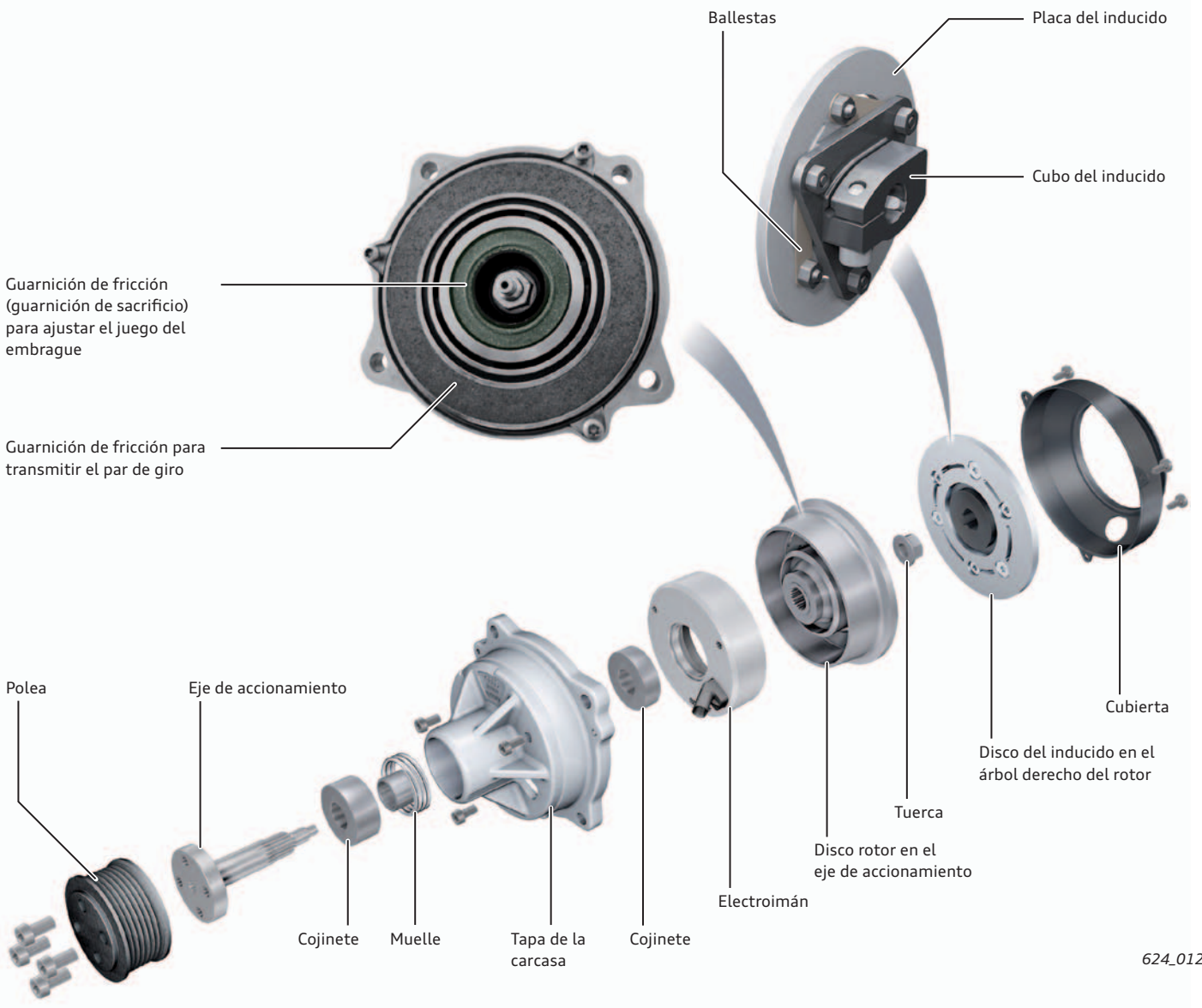
El embrague electromagnético del compresor N421 se atornilla como un módulo por separado, al compresor, ante el eje de rotor derecho. Se encarga de conectar y desactivar el compresor.

Embrague electromagnético del compresor N421



624\_045

### Estructura



624\_012



#### Nota

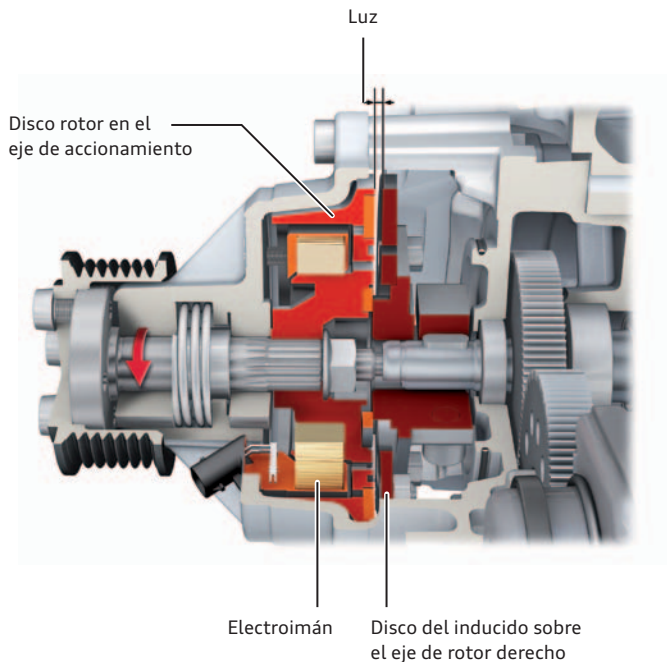
El embrague electromagnético se puede cambiar por separado dentro del marco de trabajos de reparación. Tenga en cuenta las indicaciones proporcionadas en el Manual de Reparaciones.



## Funcionamiento

### Embrague electromagnético abierto – compresor desactivado

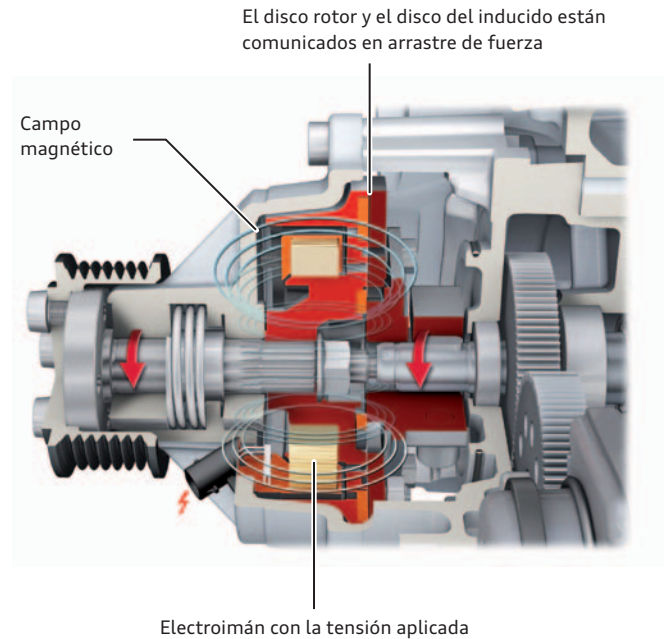
A regímenes inferiores y medios, así como a baja carga del motor no se excita el embrague electromagnético. Se encuentra, por tanto, abierto y con ello el compresor desactivado. Entre el disco del rotor y el disco del inducido hay luz. El flujo de la fuerza hacia los rotores se encuentra interrumpido. Además de ello se cierra la chapaleta de regulación. Todo el caudal de aire del motor fluye a través de los rotores. Éstos giran por ese motivo a un régimen bajo, acompañando el flujo.



624\_020

### Embrague electromagnético cerrado – compresor conectado

La unidad de control del motor excita el embrague electromagnético mediante una *señal PWM* (regulación de la corriente). La fuerza magnética tira del disco del inducido en contra de la fuerza de las ballestas, aplicándola contra la guarnición de fricción que tiene el disco rotor. El arrastre de fuerza queda establecido y se accionan los rotores del compresor.



624\_021



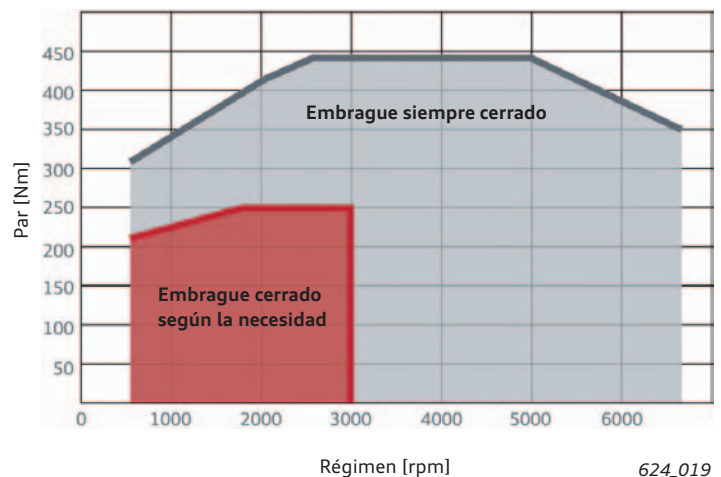
Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre el funcionamiento del embrague electromagnético.

## Conmutación del compresor

El diagrama contiguo muestra el mapa de características para la conmutación del compresor.

Mediante una estudiada estrategia de conexión y desconexión se ha asegurado la desconexión máxima por medio del mapa de características. El compresor se desacopla cuando el motor funciona a régimen de carga parcial. De aquí resulta una ventaja de consumo.

Los parámetros de cálculo más importantes son aquí, sobre todo, el régimen del motor y la entrega de par del motor solicitada por el conductor. Aparte de ello hay otros factores que influyen en el cálculo.



624\_019

## Confort de conmutación

El confort de conmutación constituyó un gran desafío planteado al desarrollo del embrague electromagnético. La conmutación no debe ser perceptible ni audible para el conductor al conectarse y desconectarse el compresor.

## Regulación de la corriente

Al conectar el compresor siempre se consume un par procedente del cigüeñal. Esta toma de par puede significar por corto tiempo un par dinámico máximo de hasta 70 Nm y el conductor lo percibiría como un tirón palpable en el vehículo.

## Funcionamiento

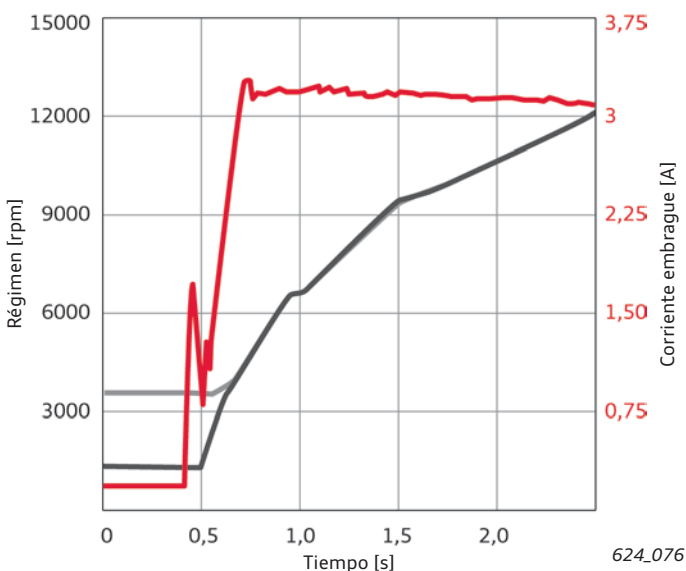
Cuando el inducido ingresa en el campo magnético, debido al fenómeno de autoinducción en la bobina, se produce una caída de corriente; véase la línea roja en el diagrama. La unidad de control del motor detecta esta particularidad con la ayuda de un sensor de corriente. En cuanto se detecta el contacto físico del inducido con el rotor comienza la regulación de la corriente. La corriente se regula en función de los regímenes teórico y efectivo del compresor. Para ello se utiliza como señal de entrada la del régimen de los rotores, captada a través de un sensor Hall en la etapa de engranajes de sincronización del compresor (sensor 1 del régimen del turbocompresor G688).

Para lograrlo se procede a conmutar el embrague, por una parte, de un modo lo más suave posible mediante una regulación de la corriente y, por otro, se conduce el caudal de aire a través de los rotores mediante una excitación específica de la válvula de mariposa y de la chapaleta de recirculación de aire, de modo que éstos se mantengan en movimiento. Esto hace más suave la conexión del compresor.

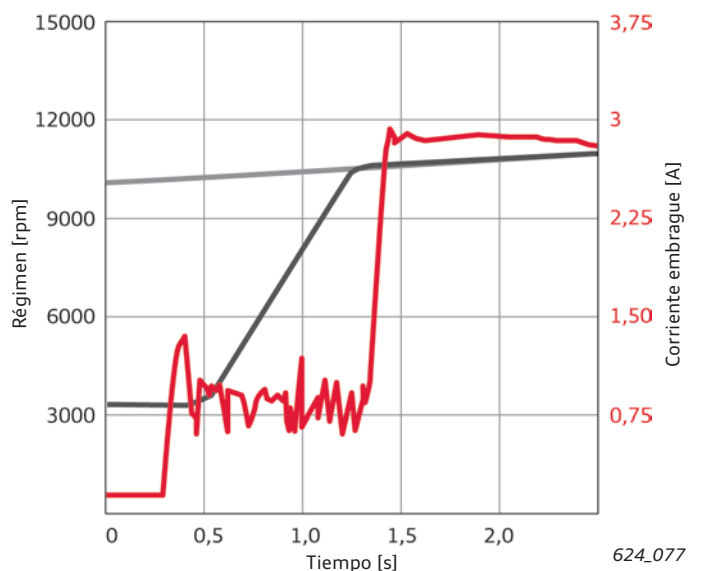
Para establecer el mayor confort de conducción posible en todos los puntos operativos, se ha implementado una conmutación regulada por *PWM* para el embrague. Con ello se pueden adaptar los tiempos de conmutación. Dependiendo de los deseos expresados por el conductor, el tiempo de conmutación varía dentro de un margen de 100 - 1500 ms. Al encontrarse el vehículo en una fase de aceleración dinámica se requiere por ello un tiempo de conmutación más breve.

Durante y después de la conmutación del embrague electromagnético se realiza un ascenso confortable del par motor mediante una excitación específica de la válvula de mariposa, la mariposa de bypass y un ascenso del régimen del compresor adaptado al estado operativo (confort = ascenso lento del régimen; dinámico = ascenso rápido del régimen).

### Conmutación corta (en kick-down)



### Conmutación larga (al sobrepasar el régimen límite)



### Leyenda:

- Régimen entrada embrague
- Régimen compresor
- Corriente embrague

## Sensor 1 del régimen del turbocompresor G688

El sensor de régimen del compresor es un sensor Hall. Se basa técnicamente en el sensor del régimen del motor G28 correspondiente al motor EA888 de 3ª generación. El módulo electrónico de sensor que se integra se ha adaptado a causa del régimen más elevado.

### Aplicaciones de la señal

Con ayuda de la señal del sensor, la unidad de control del motor capta el régimen del compresor al conmutar el embrague electro-magnético. Esta señal se utiliza para calcular los tiempos de conmutación del embrague y para vigilar la función del embrague.

### Diagnosis

Aparte de las posibilidades de diagnosis habituales para el sensor, en lo que respecta a interrupción o cortocircuito y a la señal, también se pueden detectar los siguientes estados anómalos del embrague:

- ▶ Plausibilidad del régimen del compresor en comparación con el régimen del cigüeñal (relación de transmisión:  $i = 2,5$ ) en caso de avería MIL y EPC
- ▶ En caso de ausentarse la señal, MIL

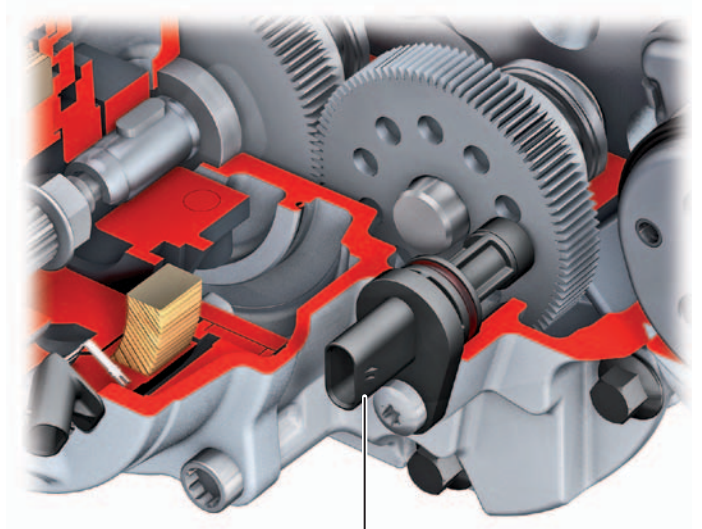
### Avería del sensor

En caso de avería, el embrague no se conecta de forma regulada, es decir, que se conecta y desconecta de forma directa y seca. En caso de avería podría ser perceptible la conmutación del embrague.

## Protección del embrague

Si el embrague conmuta con una gran frecuencia, la fricción que interviene provoca una mayor aportación de calor. Las temperaturas demasiado altas podrían destruir los componentes del embrague. Sin embargo, no hay ningún sensor para vigilar las temperaturas.

Para proteger el embrague, la unidad de control del motor calcula un "factor de estrés", relacionado con un modelo matemático, a partir de la diferencia de regímenes y el tiempo de la aceleración.



Sensor 1 del régimen del turbocompresor G688

624\_046

De ahí se infiere la temperatura de los componentes. Si el factor de estrés pasa a ser inferior a un umbral definido, se sentencia una prohibición de desembrague durante un tiempo determinado. Los componentes acoplados giran y no se encuentran comunicados con la carcasa. Con ello se proporciona al embrague la posibilidad de disipar el calor absorbido.

# Sistema de refrigeración

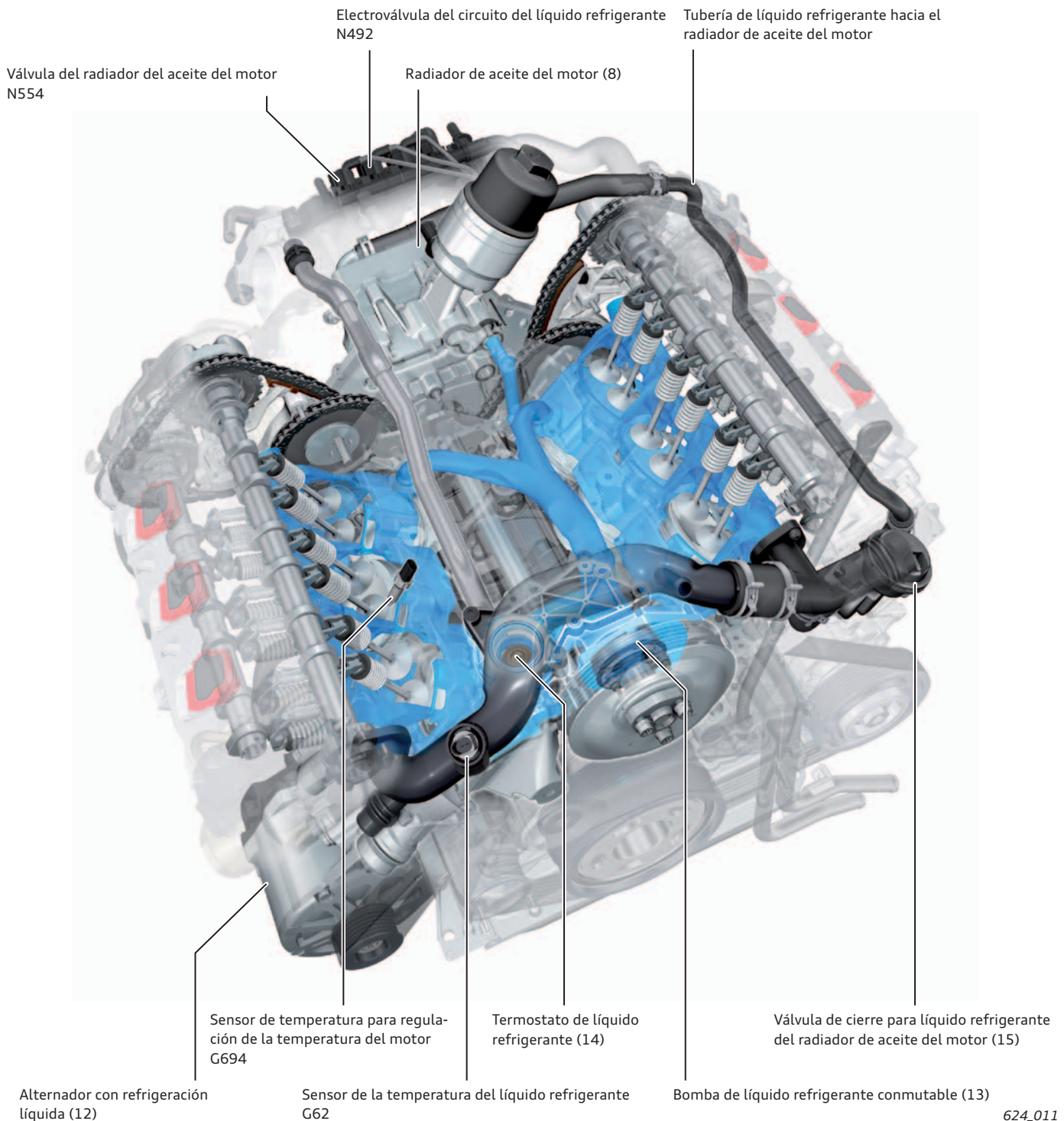
## Introducción

El circuito de líquido refrigerante sólo se ha modificado mínimamente en comparación con el del motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación. También aquí ya existía una bomba de líquido refrigerante conmutable, que posibilita la "inmovilidad del líquido refrigerante" dentro del marco de la gestión térmica de vanguardia.

Debido a que el radiador de aceite se encuentra por la parte posterior del motor y su afluencia de líquido refrigerante es desconectable, se han agregado las tuberías correspondientes y una válvula de cierre. La válvula de cierre para líquido refrigerante se acciona mediante depresión por parte de la válvula del radiador del aceite del motor N554.

## Cuadro general

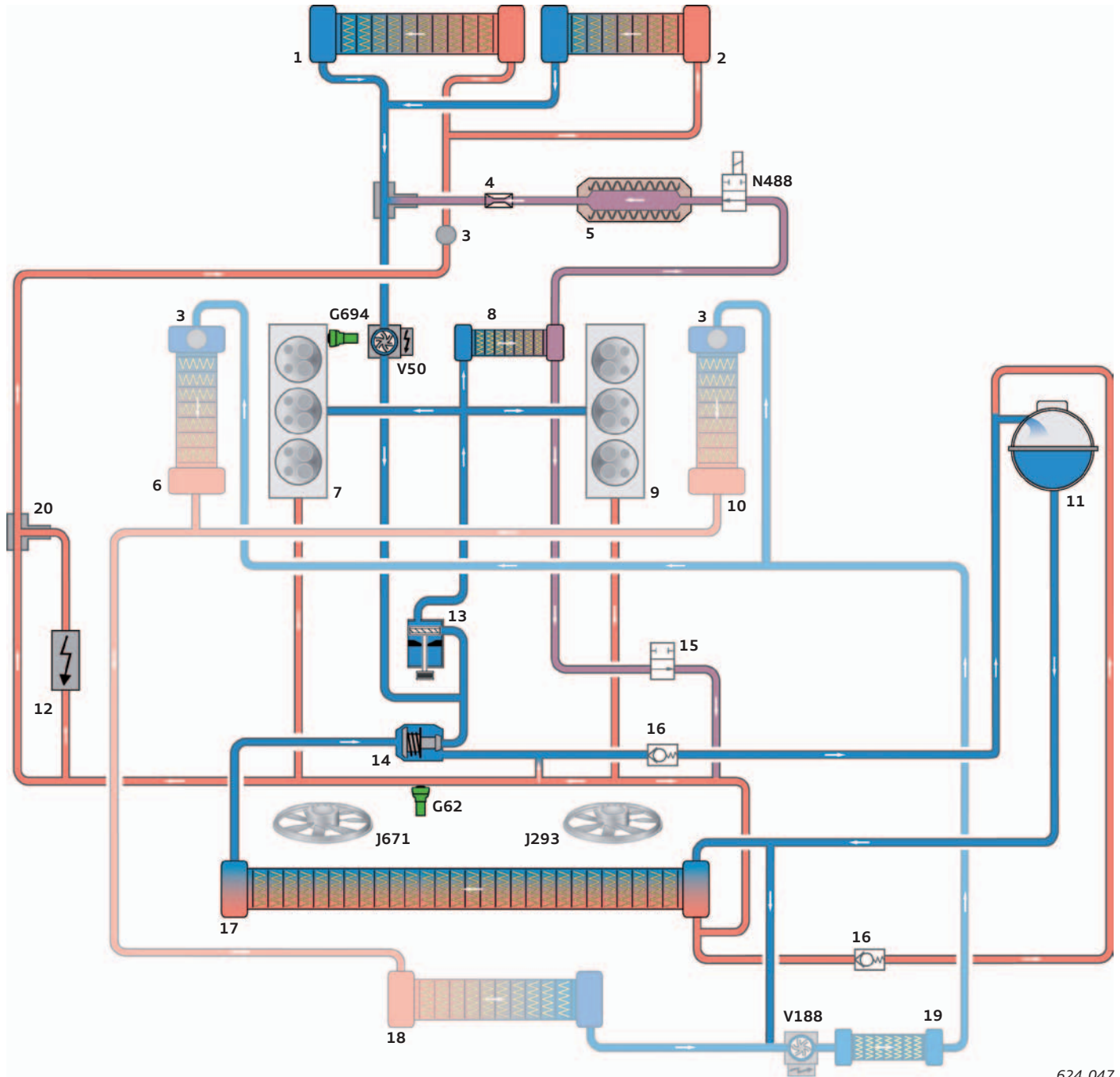
En la figura subyacente se representa en azul la camisa de líquido refrigerante en el bloque motor.



624\_011

Las cifras entre paréntesis indican la posición del componente en el cuadro general del sistema, de la página 29.

## Estructura del sistema



624\_047

### Leyenda:

- 1 Intercambiador de calor de la calefacción, delante
- 2 Intercambiador de calor de la calefacción, detrás
- 3 Tornillo de purga de aire
- 4 Paso calibrado
- 5 Radiador de ATF
- 6 Intercooler derecho
- 7 Culata bancada 1
- 8 Radiador de aceite del motor
- 9 Culata bancada 2
- 10 Intercooler izquierdo
- 11 Depósito de expansión del líquido refrigerante
- 12 Alternador con refrigeración líquida
- 13 Bomba de líquido refrigerante conmutable
- 14 Termostato de líquido refrigerante
- 15 Válvula de cierre para líquido refrigerante
- 16 Válvula de retención
- 17 Radiador de líquido refrigerante
- 18 Radiador delantero para circuito de intercooler
- 19 Radiador izquierdo para circuito de intercooler
- 20 Ejector

- G62 Sensor de la temperatura del líquido refrigerante
- G694 Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor
- J293 Unidad de control del ventilador del radiador
- J671 Unidad de control 2 para el ventilador del radiador
- N488 Válvula del líquido refrigerante para el cambio
- V50 Bomba para circulación del líquido refrigerante
- V188 Bomba del intercooler

- Líquido refrigerante enfriado
- Líquido refrigerante enfriado (refrigeración del aire de sobrealimentación)
- Líquido refrigerante caliente
- Líquido refrigerante caliente (refrigeración del aire de sobrealimentación)

## Bomba de líquido refrigerante, conmutable

Un motor de combustión alcanza la menor fricción interna cuando tiene su temperatura operativa. Para alcanzar ésta lo más rápidamente posible después del arranque del motor, la gestión térmica pone en vigor el "líquido refrigerante inmóvil" en la fase de calentamiento. La realización técnica se establece con ayuda de una bomba de líquido refrigerante en versión conmutable.

### Sin flujo del líquido refrigerante

Para ello se dispone un collar obturador sobre el rodete de la bomba. El desplazamiento se realiza mediante depresión, superando una fuerza de muelle. Los muelles alejan al collar del rodete, de modo que si ocurre un fallo en el sistema siempre esté dado el flujo del líquido refrigerante.

La condición para este estado de conmutación es que el líquido refrigerante tenga una temperatura inferior a 30 °C.

### Líquido refrigerante en fase impelente

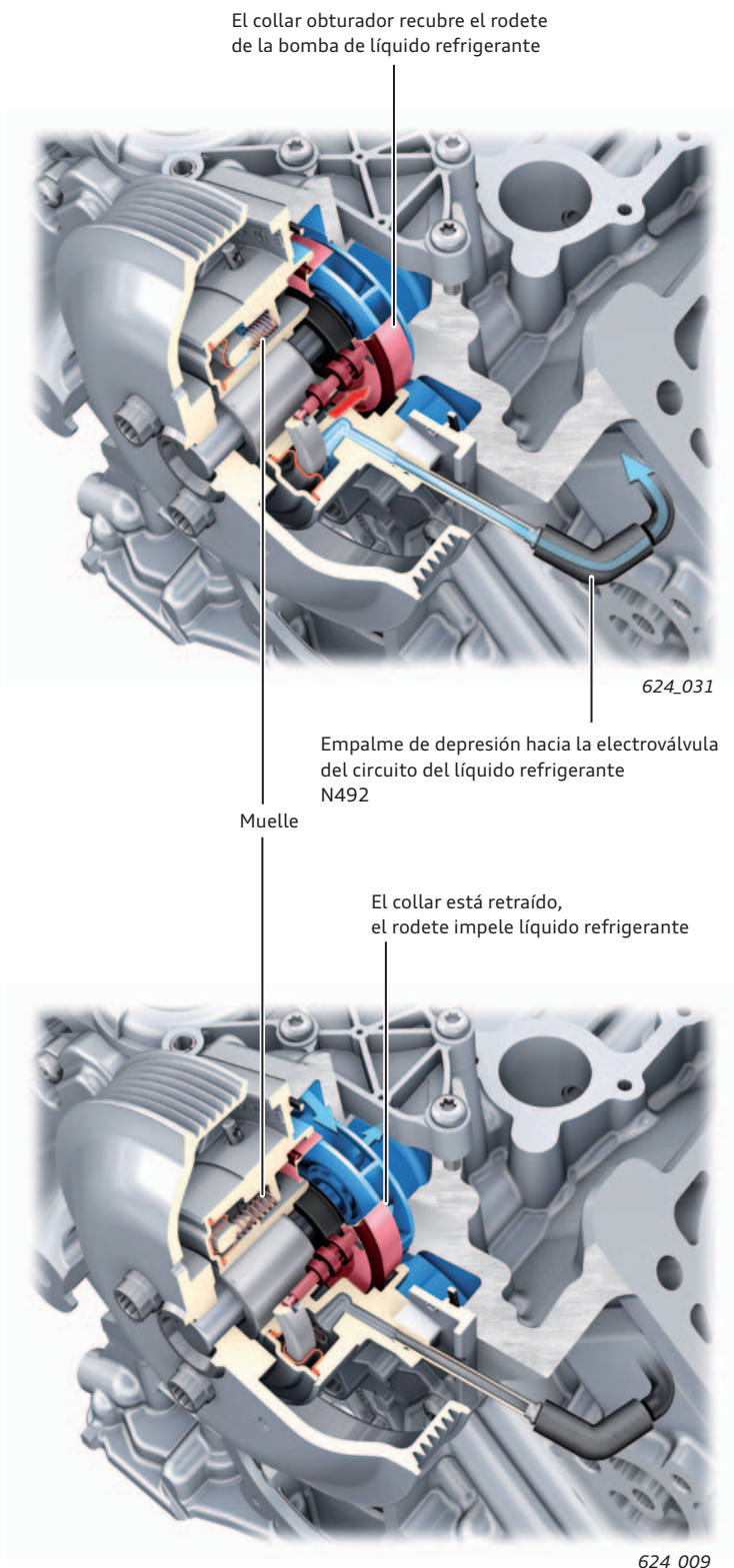
Para activar el flujo del líquido refrigerante se desaplica la depresión. El collar es retraído por fuerza de muelle.

Particularidades de la reconexión:

- ▶ Conexión y desconexión durante 1 segundo
- ▶ Este ciclo se produce varias veces consecutivas
- ▶ El intervalo entre los ciclos es de unos 7 segundos

El líquido refrigerante caliente, procedente del motor, se mezcla así lentamente con el líquido frío. Si se solicita calefacción se conecta la bomba de inmediato.

Se acciona permanentemente por una correa poli-V. En contraste con el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación, la bomba dispone de un rodete "con collar". Si se activa, el flujo del líquido refrigerante se inmoviliza en el motor.



## Excitación por depresión

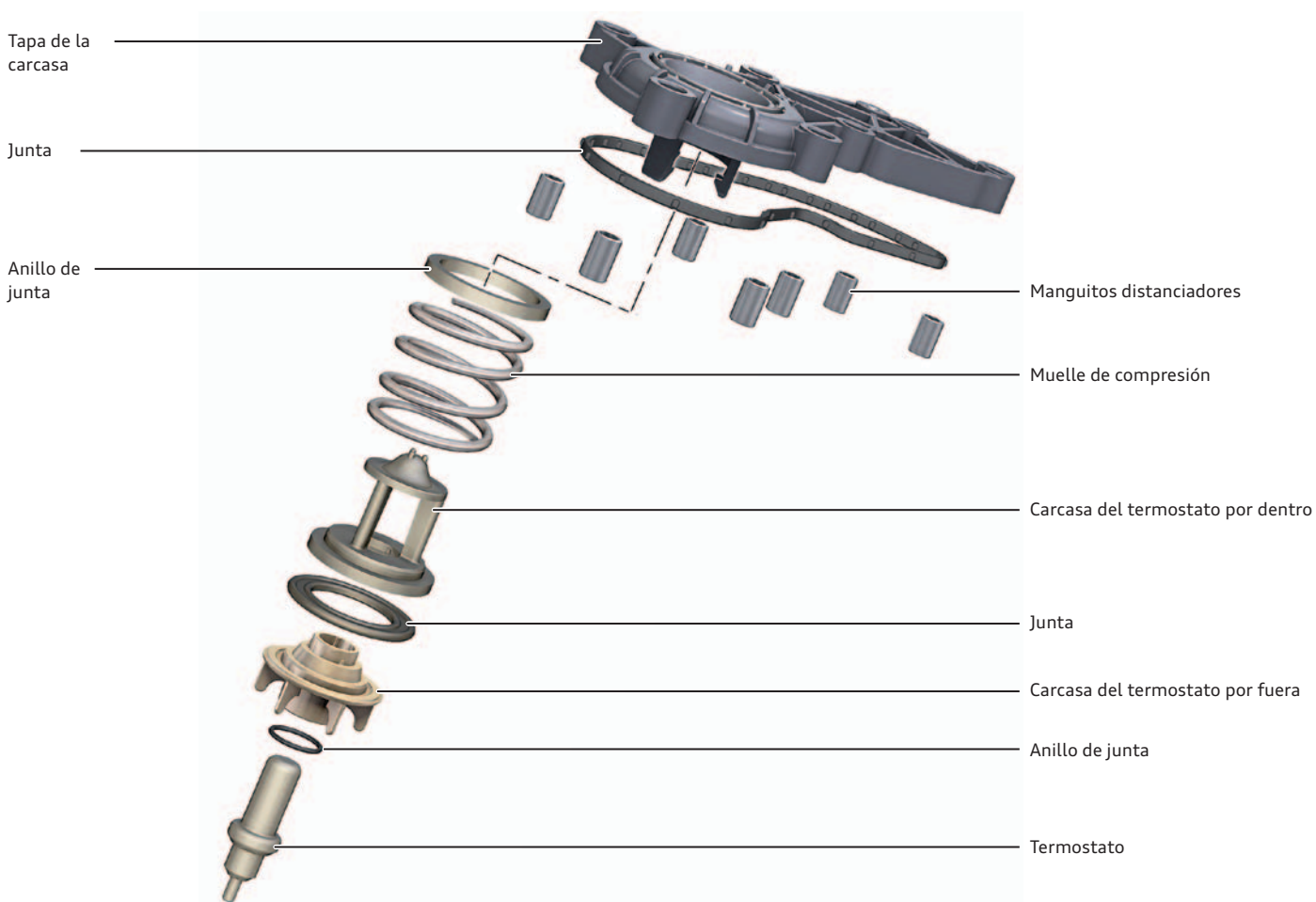
La conmutación de la depresión para la bomba de líquido refrigerante sucede con ayuda de la electroválvula del circuito del líquido refrigerante N492. La gestiona la unidad de control del motor (se calcula mediante mapa de características). La excitación se realiza con ayuda de una *señal PWM* ↗. Un collar se desplaza de forma no variable sobre el rodete de la bomba de líquido refrigerante. Únicamente se conecta y desconecta.

Sin corriente o si se avería la válvula no puede regularse el flujo del líquido refrigerante, porque el collar se mantiene retraído por la fuerza del muelle (caudal máximo de líquido refrigerante).

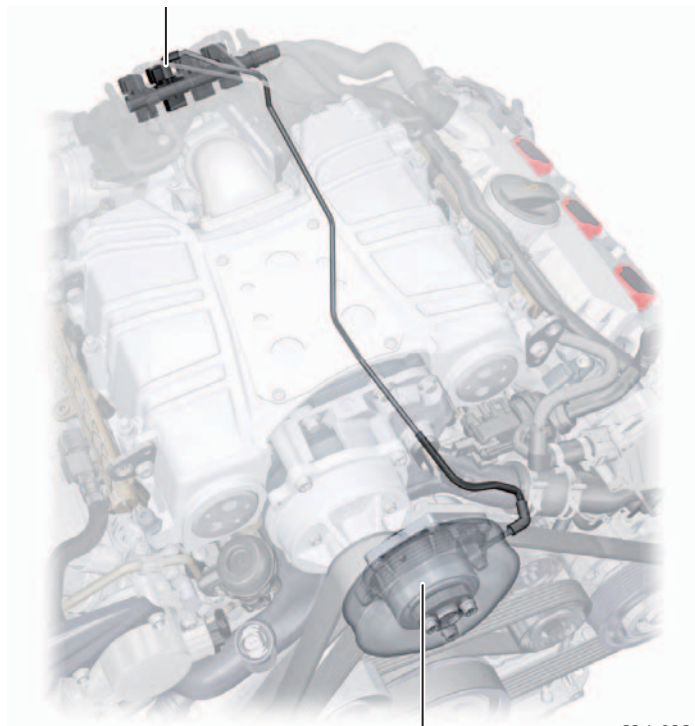
- ▶ **Avería en estado desconectado:** el motor alcanza más lentamente la temperatura operativa.
- ▶ **Avería en estado conectado:** la temperatura del líquido refrigerante aumenta de forma indebidamente alta, porque la bomba no puede impulsar. El testigo luminoso de la temperatura del líquido refrigerante y el testigo de emisiones de escape K83 se encienden.

## Termostato de líquido refrigerante

El termostato regula la temperatura del líquido refrigerante a la entrada del motor, a base de abrir alternadamente el subcircuito de refrigeración mayor y uno menor.



Electroválvula del circuito del líquido refrigerante N492

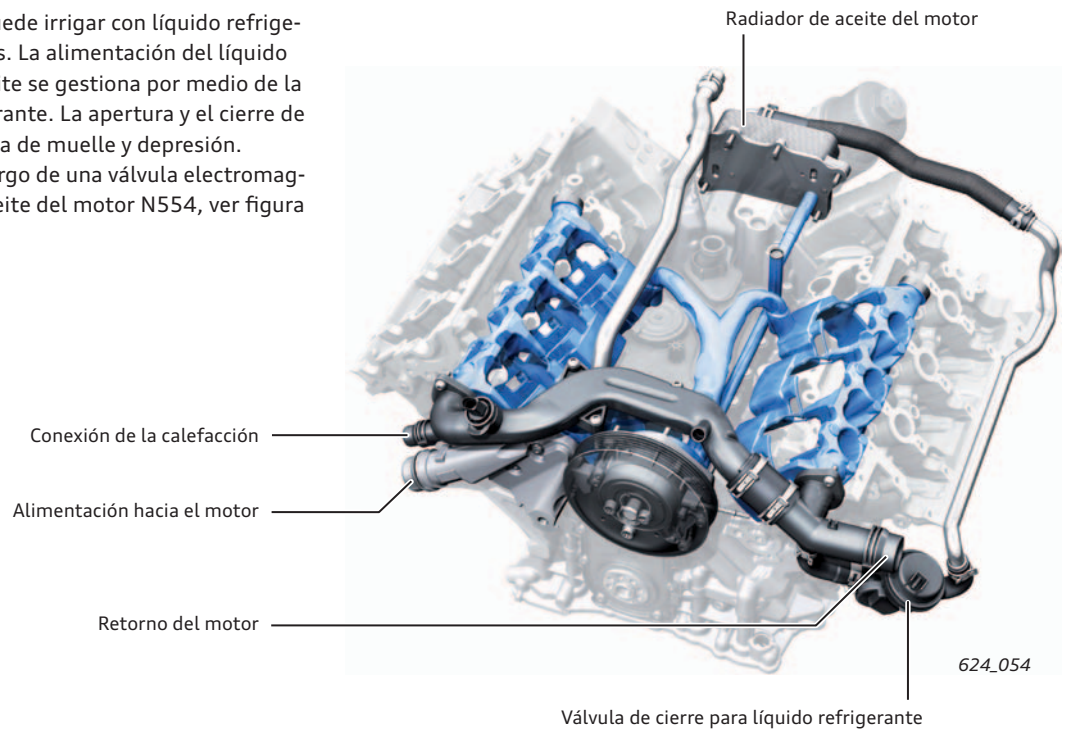


624\_032

Bomba de líquido refrigerante conmutable

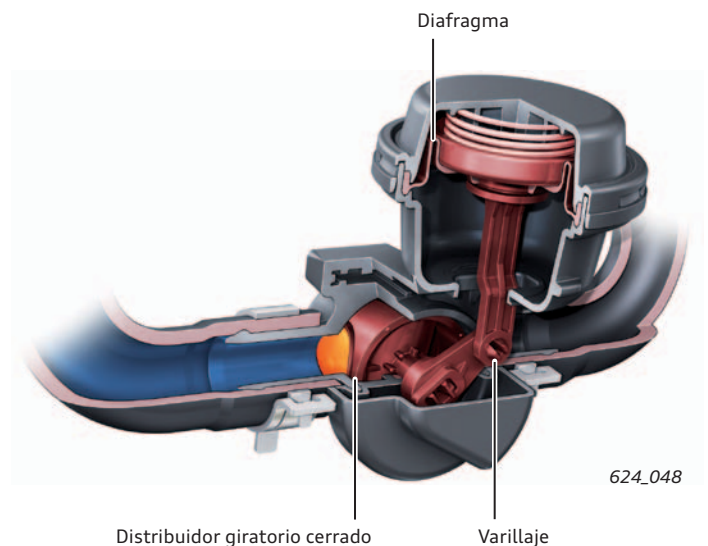
## Válvula de cierre para líquido refrigerante del radiador de aceite del motor

El radiador de aceite del motor se puede irrigar con líquido refrigerante de acuerdo con las necesidades. La alimentación del líquido refrigerante hacia el radiador de aceite se gestiona por medio de la válvula de cierre para líquido refrigerante. La apertura y el cierre de la válvula se realizan mediante fuerza de muelle y depresión. La gestión de la depresión corre a cargo de una válvula electromagnética, la válvula del radiador del aceite del motor N554, ver figura 624\_014 en página 11.



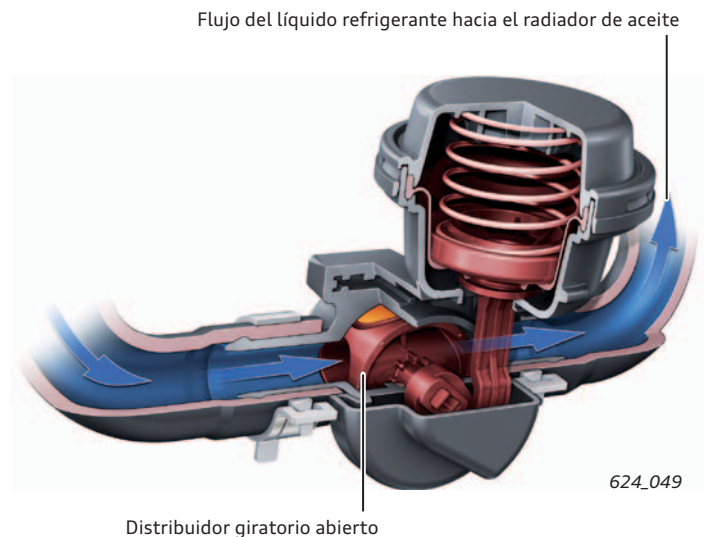
### Sin flujo del líquido refrigerante

La interrupción del flujo del líquido refrigerante se realiza cuando la unidad de control del motor excita la válvula del radiador del aceite del motor N554. Esto hace que la depresión llegue sobre el diafragma de la válvula de cierre para líquido refrigerante. El diafragma con varillaje se tira hacia arriba contra la fuerza del muelle. Con el mecanismo del varillaje se cierra ahora el distribuidor giratorio. El flujo de líquido refrigerante hacia el radiador de aceite del motor queda interrumpido con ello.



### Flujo de líquido refrigerante hacia el radiador de aceite del motor

Para activar el flujo del líquido refrigerante se desaplica la depresión. Ya no se excita la válvula del radiador del aceite del motor N554. La válvula de cierre abre, de modo que el líquido refrigerante pueda fluir hacia el radiador de aceite.





# Bombas eléctricas de líquido refrigerante y válvula de líquido refrigerante

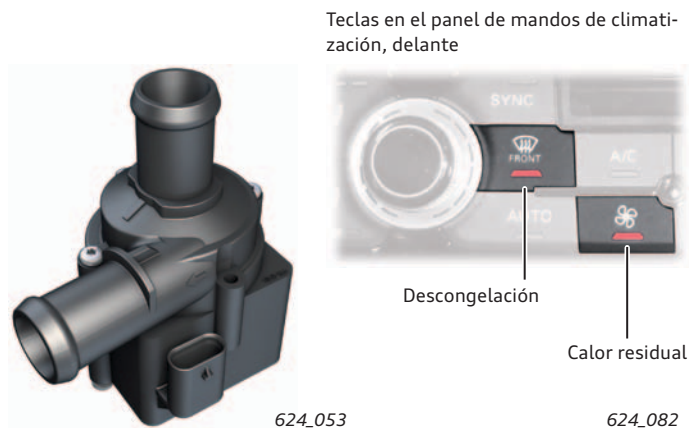
## Bomba para circulación del líquido refrigerante V50

La bomba se utiliza para el trasiego del intercambiador de calor de la calefacción y se instala sobre el cambio. Respalda a la bomba de líquido refrigerante propia del motor, para asegurar un caudal suficiente y uniforme del líquido refrigerante a través del intercambiador de calor del climatizador. La excitación (PWM) y la diagnosis corren a cargo de la unidad de control del Climatronic J255. Con la excitación por PWM es posible adaptar la potencia de la bomba a las necesidades momentáneas. Al estar la bomba en funcionamiento, el líquido refrigerante caliente, procedente de las culatas, fluye a través del intercambiador de calor de la calefacción, a través de la bomba V50 y a través de la bomba de líquido refrigerante mecánica y vuelve luego al motor. Para ello se anula el collar obturador en la bomba mecánica de líquido refrigerante. La bomba se conecta en los casos siguientes:

- ▶ Al estar conectado el encendido, dependiendo de la temperatura del líquido refrigerante y el ajuste efectuado en el climatizador (p. ej. solicitud de calefacción)
- ▶ Al seleccionarse la función de "Descongelación"
- ▶ Al seleccionarse la función de "Calor residual"
- ▶ Para protección del motor; aquí se utiliza la V50 como bomba para ciclo activo postmarcha al estar apagado el motor.

El cálculo para la excitación se realiza en un mapa de características implementado en la unidad de control del motor.

La conexión y la duración del ciclo de funcionamiento de la bomba dependen de las condiciones dinámicas precedentes del vehículo y de las condiciones térmicas del motor. La bomba se excita de modo que se invierta el sentido de flujo del líquido refrigerante. De esta forma también se recorre a la inversa el radiador principal de líquido refrigerante. En vehículos con calefacción independiente no se instala la bomba V50. La bomba de circulación V55 que se incorpora asume aquí estas funciones.



## Bomba del intercooler V188

En comparación con el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación se aplica aquí la bomba de otro proveedor (casa Saliari). Con esto se modifica la ocupación de los pines. Además de ello, la reducción del régimen en frío ya no se realiza en varias fases, sino de forma continua. La bomba del intercooler V188 es excitada por la unidad de control del motor con una señal PWM. El caudal impelido por la bomba se puede adaptar así a las condiciones termodinámicas momentáneas del circuito de refrigeración.

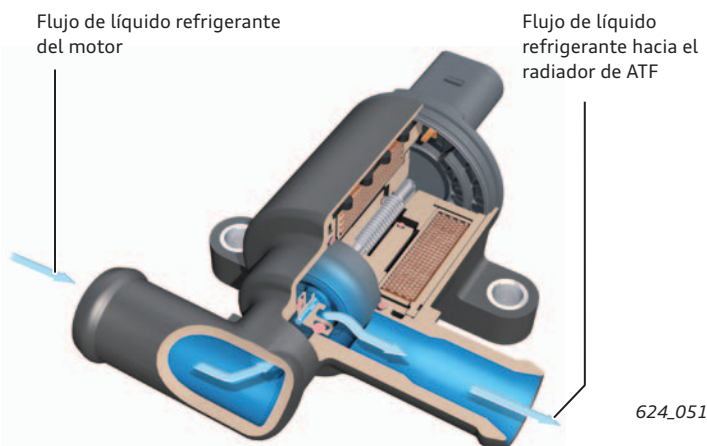
Cuando se aplica tensión a la bomba del intercooler V188, se realiza un ciclo de autodiagnóstico y después de ello se espera la señal PWM de la unidad de control del motor J623 para la bomba del intercooler V188. En cuanto la bomba recibe la señal de la unidad de control del motor se pasa al modo regulado.

La diagnosis de la bomba del intercooler V188 se realiza conjuntamente con la unidad de control motor. Las inscripciones de incidencias se almacenan en la unidad de control del motor.



## Válvula del líquido refrigerante para el cambio N488

La válvula del líquido refrigerante para el cambio N488 gestiona las alimentaciones del líquido refrigerante caliente del motor hacia el radiador de aceite para engranajes. La electroválvula es excitada por la unidad de control del motor cuando es necesario. Al no estar excitada se encuentra abierta, obedeciendo a la fuerza mecánica del muelle. En la fase de arranque del motor se encuentra cerrada.

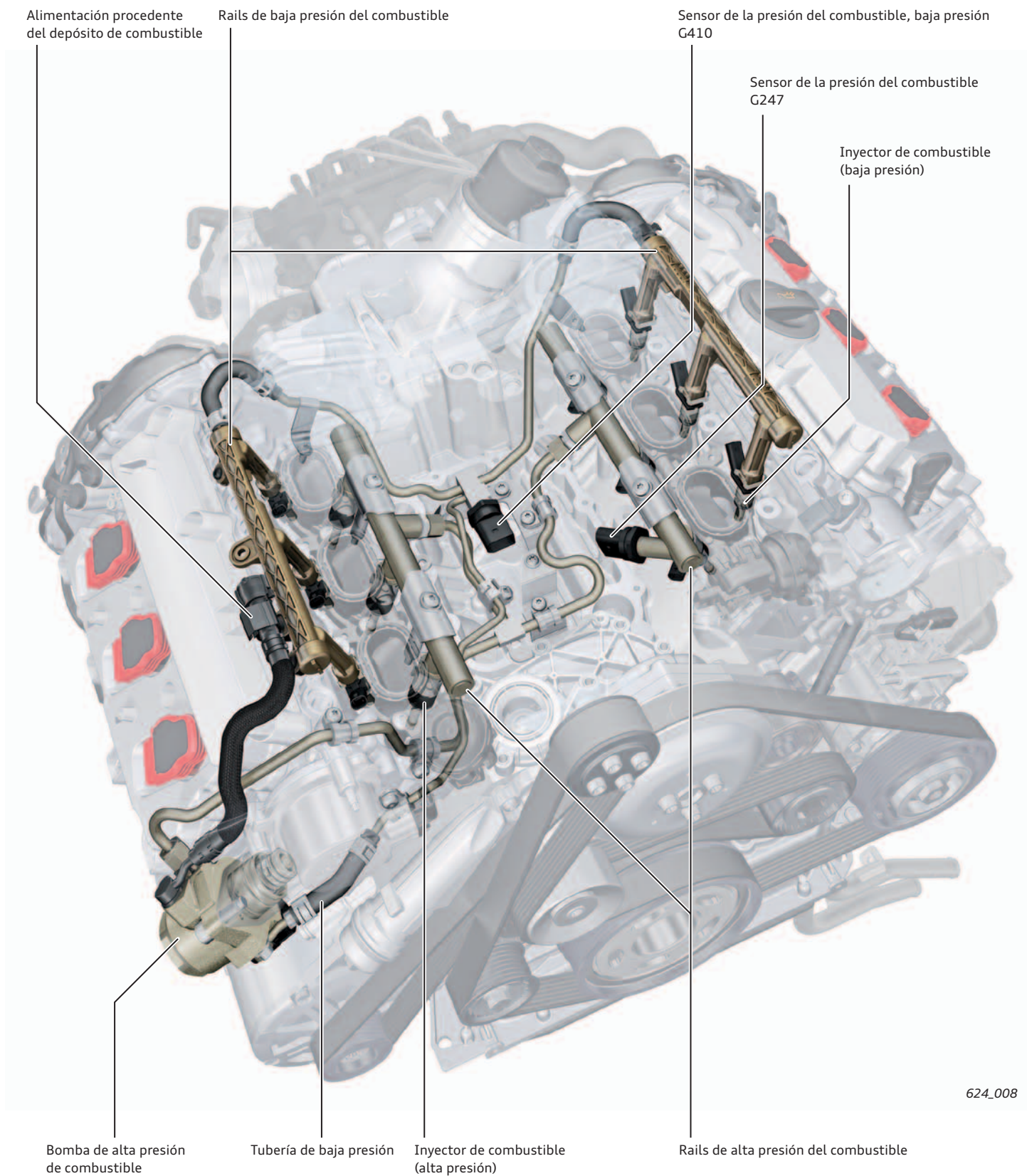


### Remisión

En el Programa autodidáctico (SSP) 606 "Motores Audi 1.8l y 2.0l TFSI de la Serie EA888 (3ª generación)" hallará información más detallada sobre las bombas de líquido refrigerante eléctricas y sobre la válvula de líquido refrigerante.

# Sistema de combustible

## Sistema de inyección dual en el motor



## Exigencias planteadas

A partir de septiembre de 2014 rigen en Europa los límites de la norma de emisiones de escape EU 6 W. En los motores de gasolina se tiene que reducir primordialmente la emisión de partículas. Para alcanzar este objetivo se ha desarrollado decididamente más a fondo sobre todo el sistema de combustible en comparación con el del motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación.

Con la implantación específica del *sistema de inyección MPI* ↗ se ha podido reducir marcadamente la emisión de partículas.

## Sistema de inyección MPI

Los rails de combustible van dispuestos a izquierda y derecha del módulo de sobrealimentación. Son de material plástico. A partir de los rails se ramifican las tuberías que van hacia los inyectores MPI. Éstos se asoman hacia la correspondiente brida del conducto de admisión, detrás de las mariposas.

La alimentación de combustible hacia los rails se establece a partir de un empalme de enjuague que tiene la bomba de alta presión de combustible. Esto hace que el caudal recorra la bomba durante el modo MPI y la refrigere con ello.

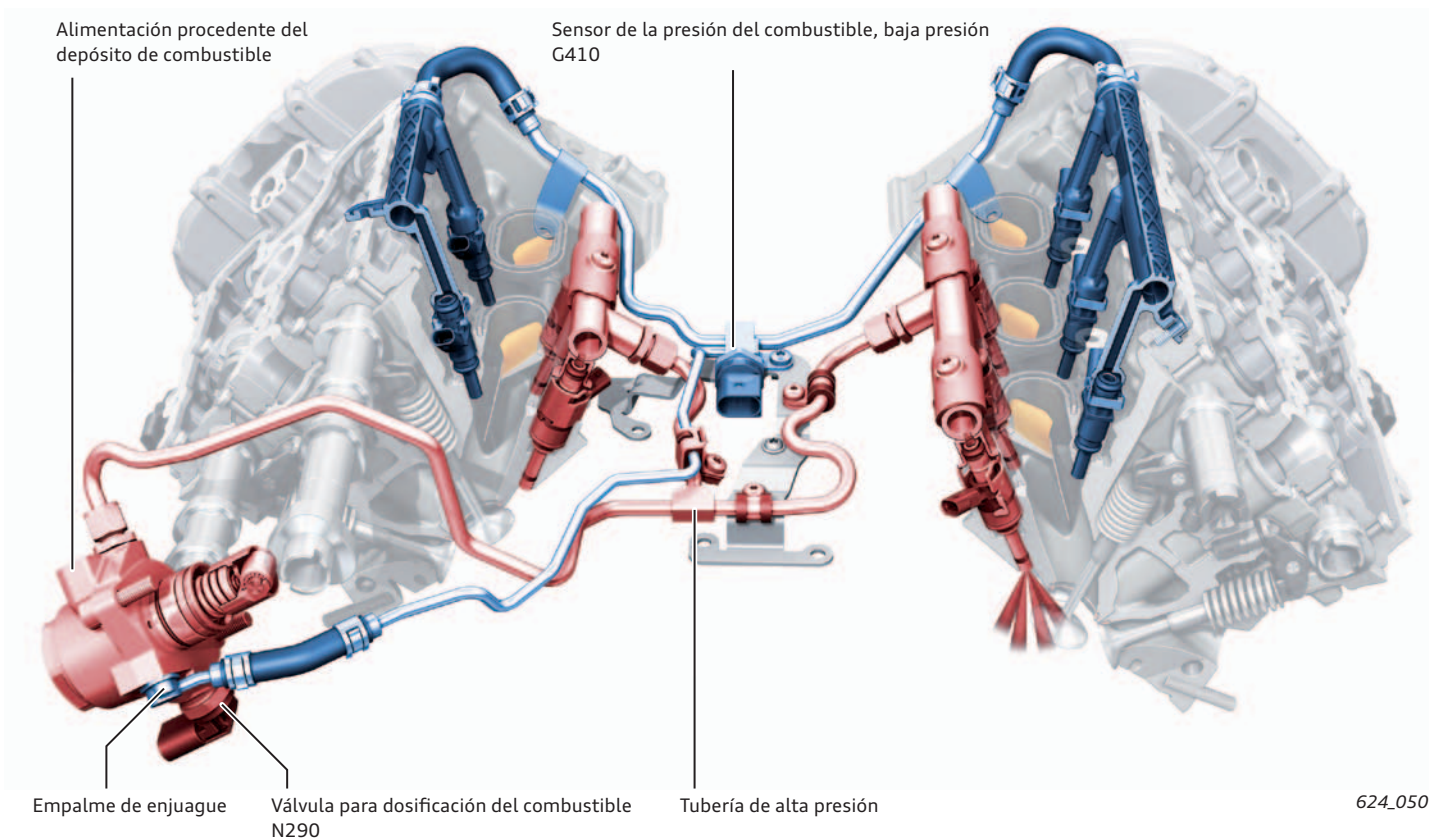
Con la instalación de un sistema de combustible dual se ha podido renunciar a la implantación de un filtro de partículas. Otra modificación esencial es el aumento de la presión de la inyección de 150 a 200 bares con el *sistema de inyección FSI* ↗. Para ello se han tenido que adaptar todos los componentes a la mayor presión de la inyección.

## Sistema de inyección FSI

La bomba de alta presión de combustible de la marca Hitachi se acciona por medio de una leva triple que hay en el árbol de levas de admisión de la bancada de cilindros 1, ver página 13. En función del régimen y la solicitud (mapa de características) genera una presión en el sistema de 100 a 200 bares.

Los rails de combustible corresponden a un nuevo desarrollo. Están adaptados a las condiciones de las presiones más altas. Aparte de ello se ha mejorado la comunicación entre el rail y el sistema de admisión, para la reducción de la sonoridad. Para ello se atornillan los rails directamente a la culata con la ayuda de 2 nodos de fundición, respectivamente.

También los inyectores de alta presión corresponden a un nuevo desarrollo. Se han adaptado en lo que respecta al comportamiento de flujo pasante y a la acción conjunta con el sistema MPI.

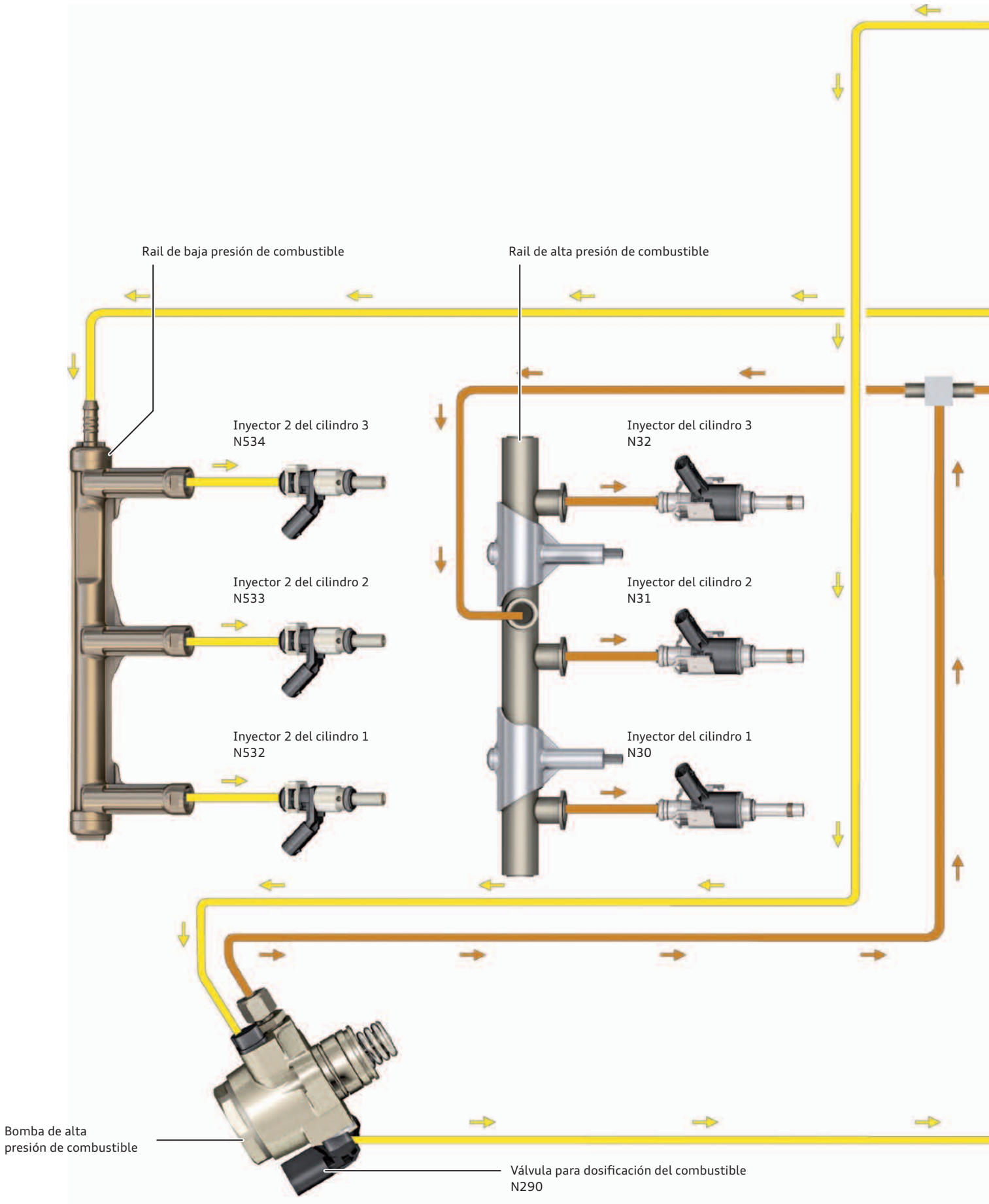


### Legenda:

- Sistema de inyección FSI
- Sistema de inyección MPI

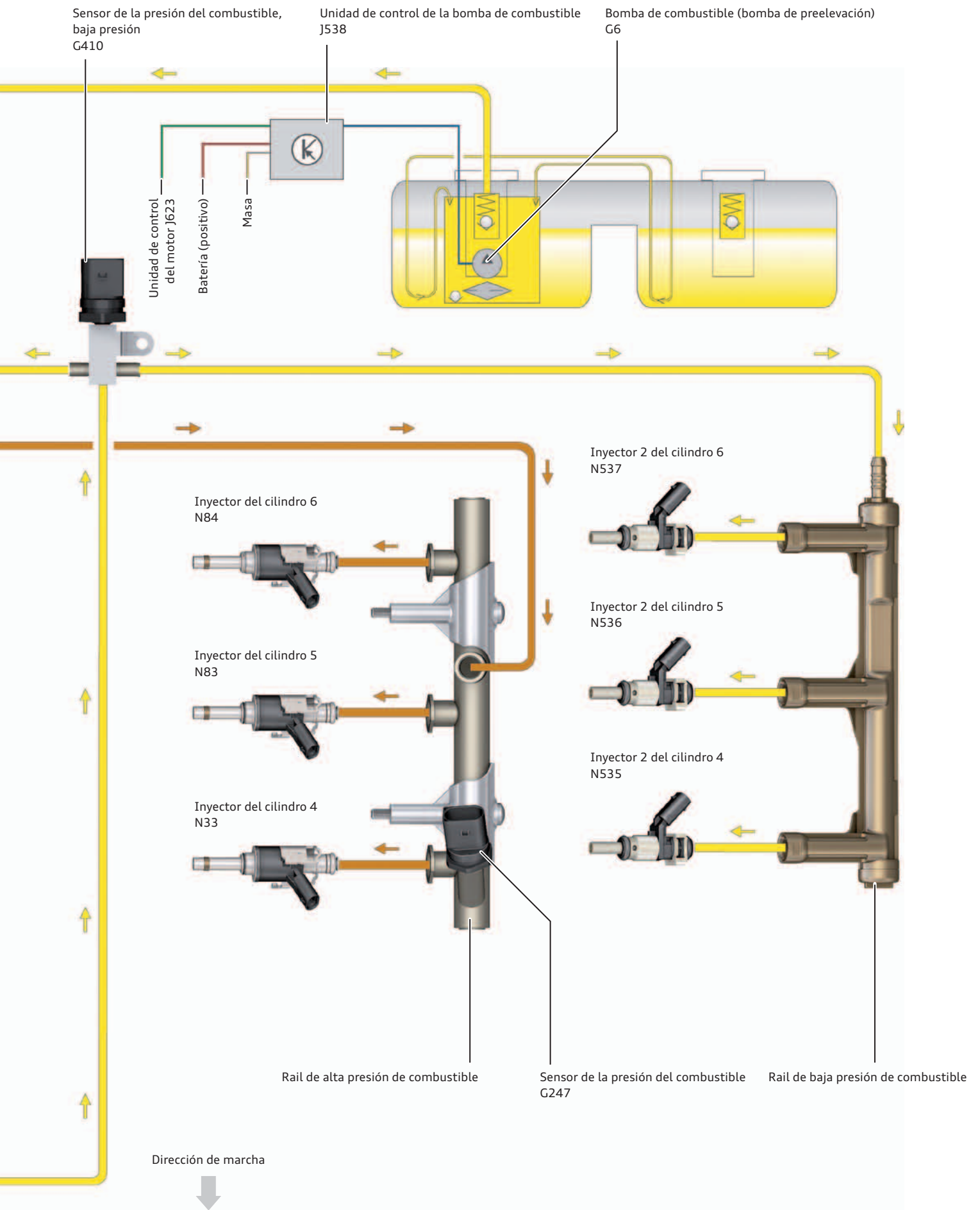
↗ Ver "Glosario" en página 46.

# Estructura del sistema



## Legenda:

- Presión del combustible 4 - 5 bares
- Presión del combustible 100 - 200 bares



624\_023

## Inyección combinada

El sistema MPI, integrado adicionalmente a la inyección directa, se distingue por varias ventajas:

- ▶ Debido a la preparación de la mezcla, más homogénea en general, se reducen las emisiones de partículas en una potencia de diez.
- ▶ En el régimen inferior de la carga parcial se puede abrir aún más la válvula de mariposa. De ahí resulta una ventaja de consumo.
- ▶ Debido a que las paredes de los cilindros se mojan menos con la inyección, se reduce también con ello la aportación de combustible en el aceite de motor.
- ▶ Debido a que la presión del combustible del sistema MPI está disponible más temprano y no se tiene que generar primero la presión por medio de la bomba de alta, desde el comienzo del arranque se puede inyectar más temprano e implementar con ello unos tiempos de arranque en frío más breves.
- ▶ Dado que al ralentí se emplea principalmente la inyección MPI, y los inyectores MPI son más silenciosos que los inyectores FSI, vienen dadas con ello unas mejores condiciones acústicas.

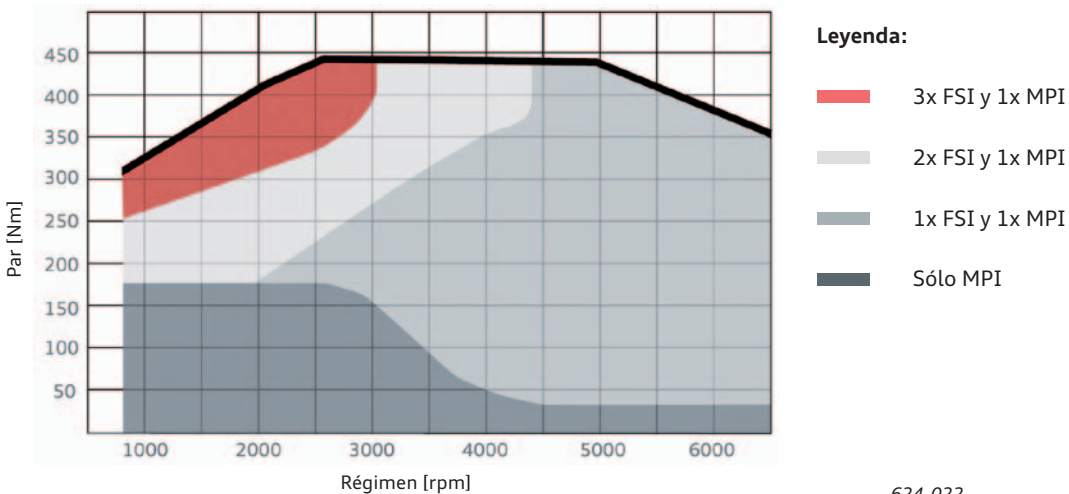
Todas las áreas del mapa de características operativas, véase figura 624\_022, se pueden optimizar de forma individual.

- ▶ Para obtener una ventaja de consumo dentro de la gama de regímenes bajos y cargas intensas, se realiza un modo mixto con un impulso FSI múltiple y una parte correspondiente a MPI.
- ▶ Para reducir las emisiones de partículas se selecciona el modo MPI hasta llegar al régimen de carga media.
- ▶ En dirección hacia la plena carga se realiza un modo mixto con menores porcentajes de MPI, con lo cual se obtiene una homogeneización básica más pareja de la mezcla y se reducen las emisiones de  $O_2$ . Por las menores emisiones de  $O_2$  en los gases de escape se produce un menor aumento de la temperatura en el catalizador. El enriquecimiento de plena carga para la protección del catalizador se puede seguir reduciendo y con ello también el consumo de combustible.

### Mapa de características operativas tipo de inyección

Halla aplicación una estrategia de inyección altamente flexible, que permite el modo combinado de la inyección a alta y a baja presiones.

Dentro de los diferentes modos de inyección se puede elegir de un modo completamente variable el reparto de las cantidades de la inyección. Las transiciones entre los tipos de inyección se calculan en la unidad de control del motor de modo que no haya "saltos entre mezclas".



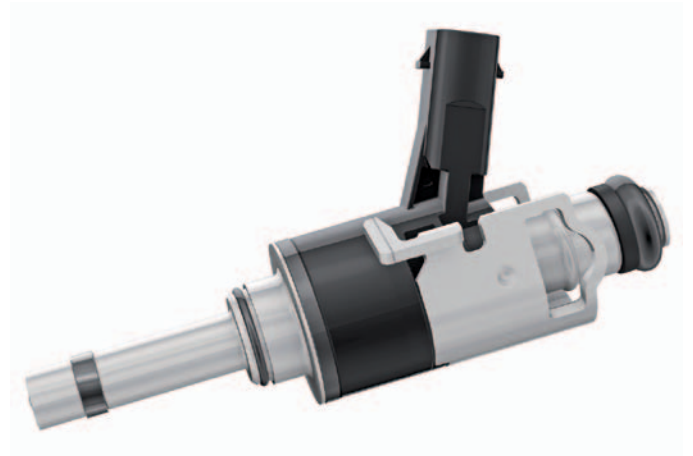
624\_022

## Inyectores de alta presión

El inyector de válvula electromagnética de la casa Continental es un nuevo desarrollo. El planteamiento principal consiste en cumplir con las futuras normativas más severas sobre las emisiones de escape.

### Características técnicas:

- ▶ Adecuado para presiones de inyección de hasta 200 bares
- ▶ Apertura y cierre rápidos
- ▶ Una dosificación muy precisa, sobre todo en la gama de cantidades mínimas
- ▶ Posibilidad de efectuar inyecciones múltiples
- ▶ Reducción del *volumen nocivo* ↗
- ▶ Tensión de excitación de 65 V



624\_078

## Procedimiento de la combustión

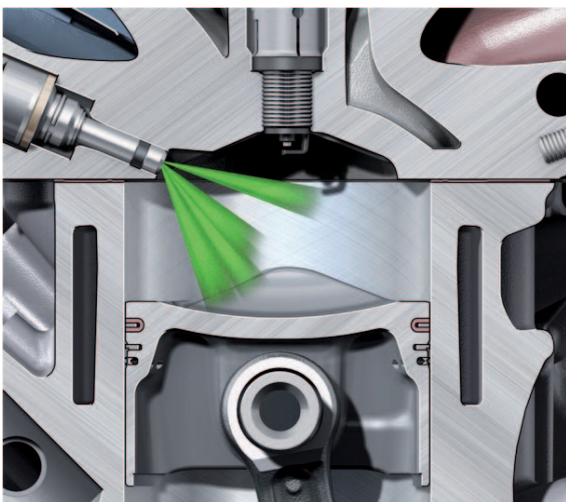
En comparación con el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación se han realizado las modificaciones siguientes:

- ▶ Aumento de la compresión de 10,3 a 10,8.
- ▶ Aumento del movimiento de la carga en la cámara de combustión, debido a la geometría modificada de los pistones
- ▶ Optimización de la imagen de rociado de los inyectores
- ▶ La ubicación del enfoque de rociado tiende más intensamente hacia la bujía
- ▶ Inyectores ubicados más hacia atrás, con lo cual se obtiene una distancia adicional hacia la pista opuesta del cilindro

### Objetivos alcanzados:

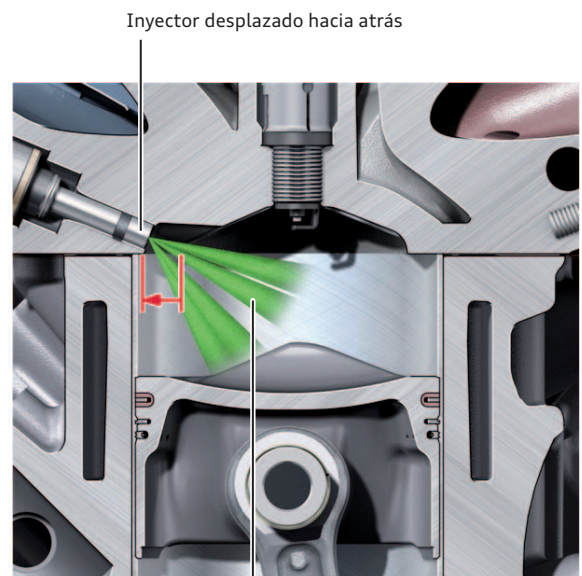
- ▶ Mejora de la preparación de la mezcla
- ▶ Reducción de las emisiones de escape
- ▶ Mejora del rendimiento de la combustión
- ▶ Reducción del enriquecimiento de plena carga
- ▶ Reducción del consumo de combustible

### 3.0l V6 TFSI, de 3ª generación



624\_079

### 3.0l V6 TFSI, de 4ª generación (evo)



624\_080

Ubicación modificada del enfoque del rociado

↗ Ver "Glosario" en página 46.

# Gestión del motor

## Cuadro del sistema (Audi A8 año de modelos 2014)

### Sensores

Sensor 1 del régimen del turbocompresor G688

Sensor de la presión de sobrealimentación 1+2 G31, G447

Sensor de presión para servofreno G294

Sensor de presión del colector de admisión G71  
Sensor de la temperatura del aire de admisión G42

Sensor del régimen del motor G28

Unidad de mando de la válvula de mariposa J338  
Sensor de ángulo 1+2 del mando de la mariposa  
(mando eléctrico del acelerador) G187, G188

Unidad de control de la mariposa de regulación J808  
Potenciómetro de la mariposa de regulación G584

Sensor Hall 1 – 4  
G40, G163, G300, G301

Sensor de la posición del acelerador G79  
Sensor 2 de la posición del acelerador G185

Conmutador de las luces de freno F

Sensor del nivel y la temperatura del aceite G266

Sensor de la presión del combustible G247  
Sensor de la presión del combustible, baja presión G410

Sensor de picado 1+2 G61, G66

Sensor del indicador del nivel de combustible G  
Sensor del nivel de combustible 2+3 G169, G237

Manocontacto de aceite F22

Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694

Manocontacto de aceite para control de la presión reducida F378

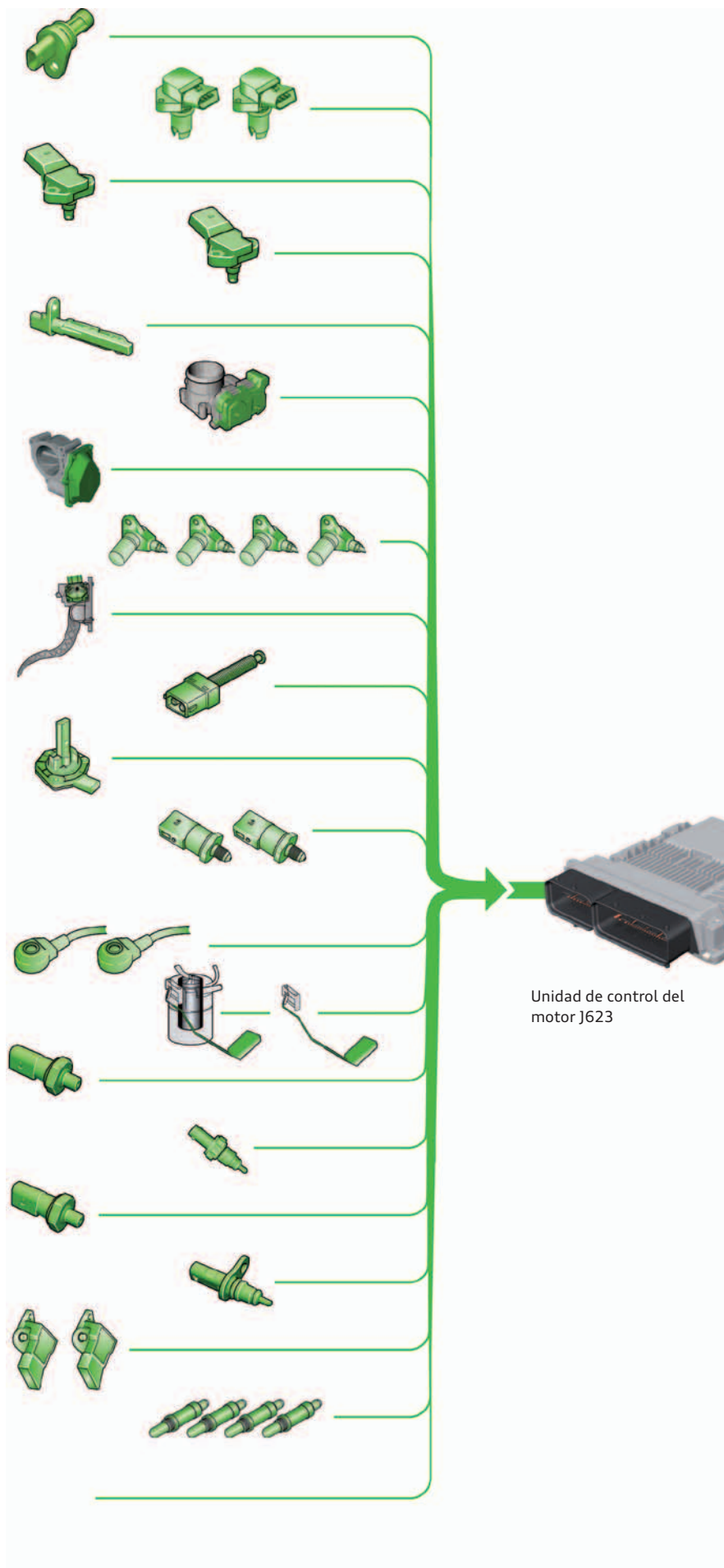
Sensor de la temperatura del líquido refrigerante G62

Potenciómetro de la mariposa del colector de admisión 1+2  
G336, G512

Sonda lambda 1+2 G39, G108  
Sonda lambda 1+2 posterior al catalizador G130, G131

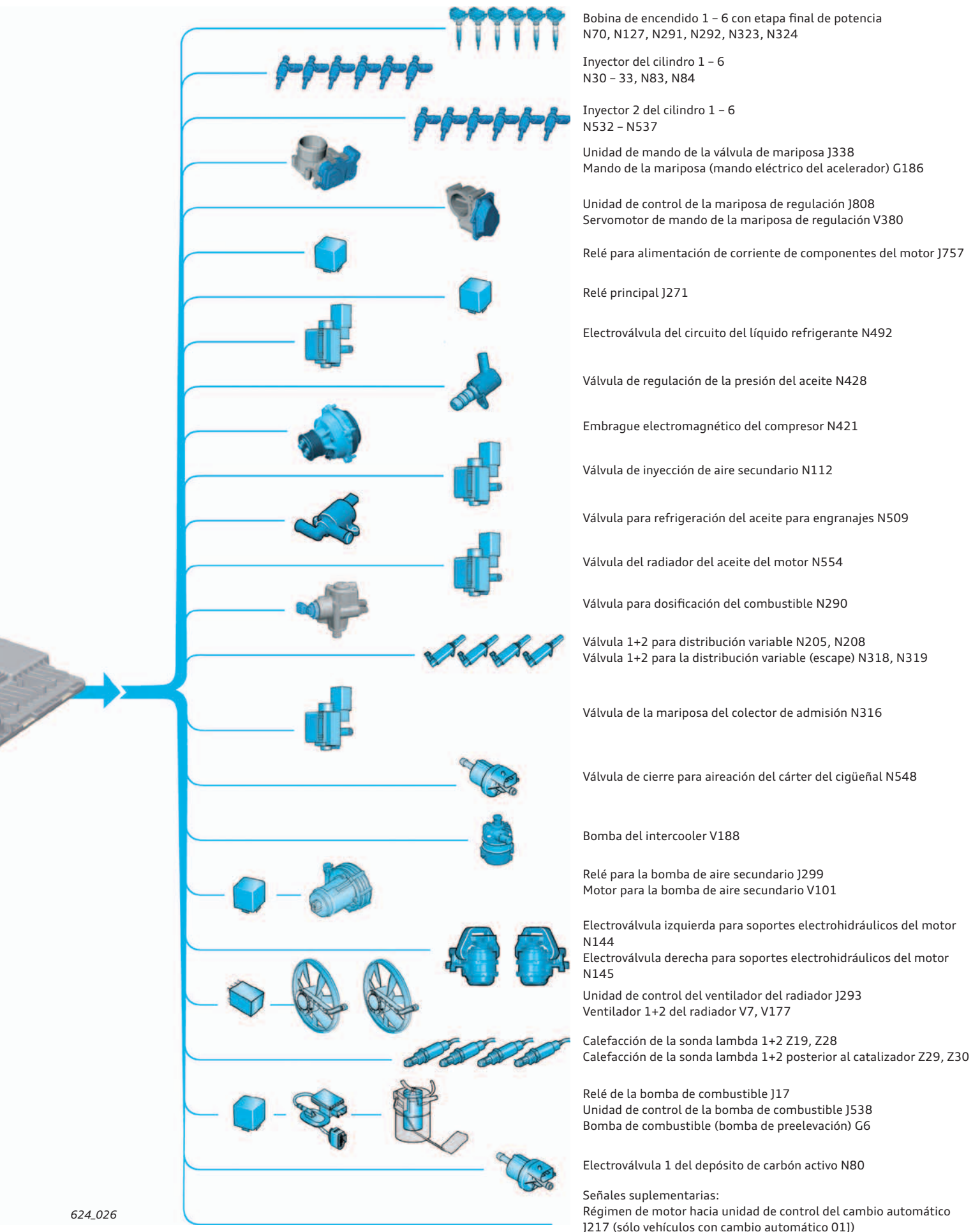
Señales suplementarias:

- Unidad de control central del sistema de confort
- Regulador de velocidad
- Unidad de control de la calefacción adicional
- Relé 1+2 para motor de arranque
- Unidad de control para autorización de acceso y arranque





## Actuadores



## Sistema de aire secundario

En el sistema de aire secundario se han implantado numerosas modificaciones en comparación con el motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación.

En lugar de las 2 ahora ya sólo se aplica 1 electroválvula de conmutación (válvula de inyección de aire secundario N112) para la excitación de las válvulas combinadas. La aspiración del aire secundario difiere según el tipo de vehículo. Aparte del Audi A8, a partir del año de modelos 2014, en todos los demás modelos con motor 3.0l V6 TFSI de 4ª generación el aire secundario se aspira a través de la caja del filtro de aire.

En el Audi A8 a partir del año de modelos 2014, en cambio, la aspiración se realiza a través de un filtro de aire instalado sobre el motor para la bomba de aire secundario V101.

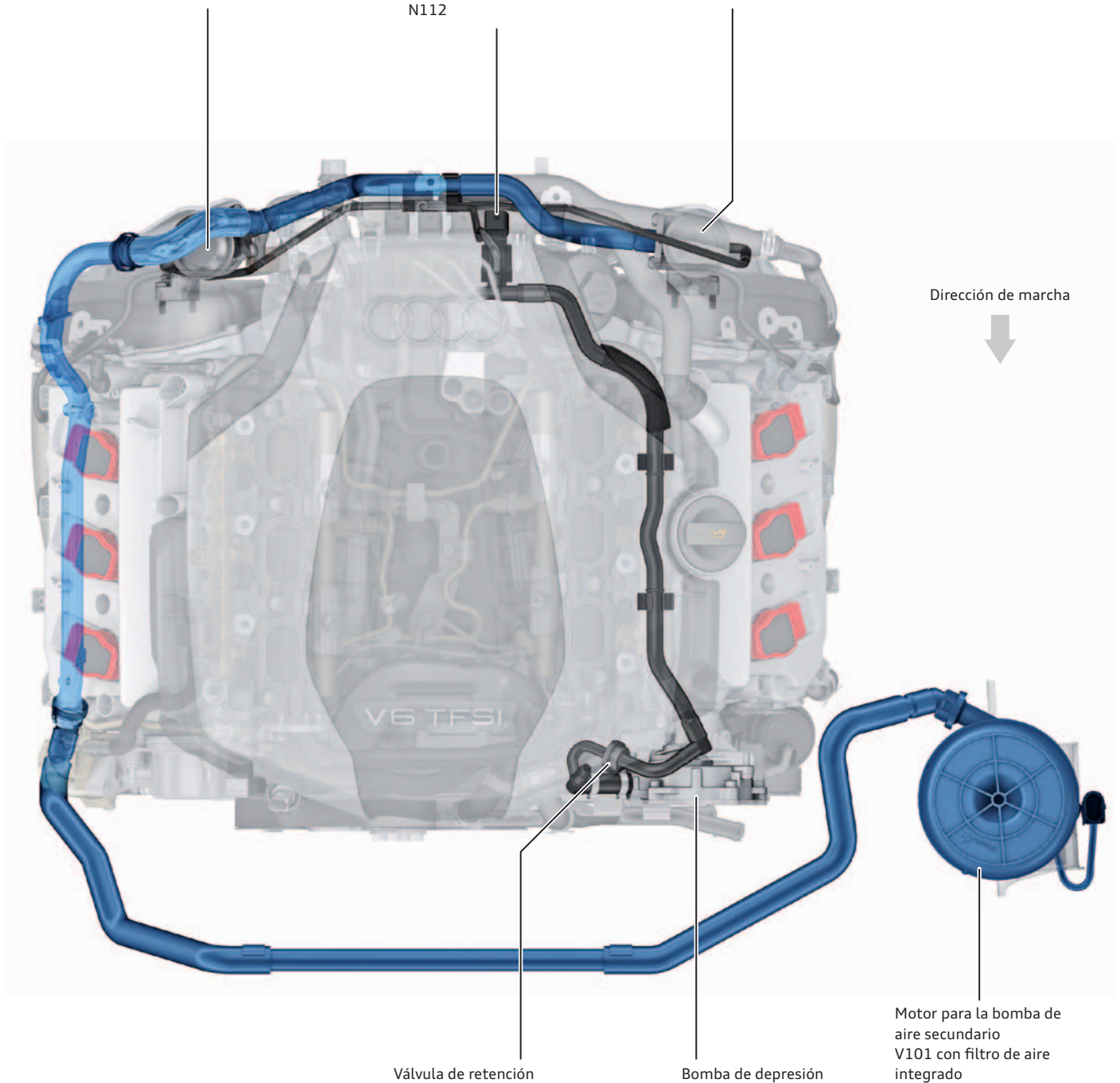
Otro resultado obtenido de las modificaciones con respecto al motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación consiste en que se ha podido reducir el caudal de aire del sistema de aire secundario activado. De esta forma el motor consume menos combustible en la fase de calentamiento.

## Cuadro general

Válvula combinada 1 (gestionada por depresión)

Válvula de inyección de aire secundario N112

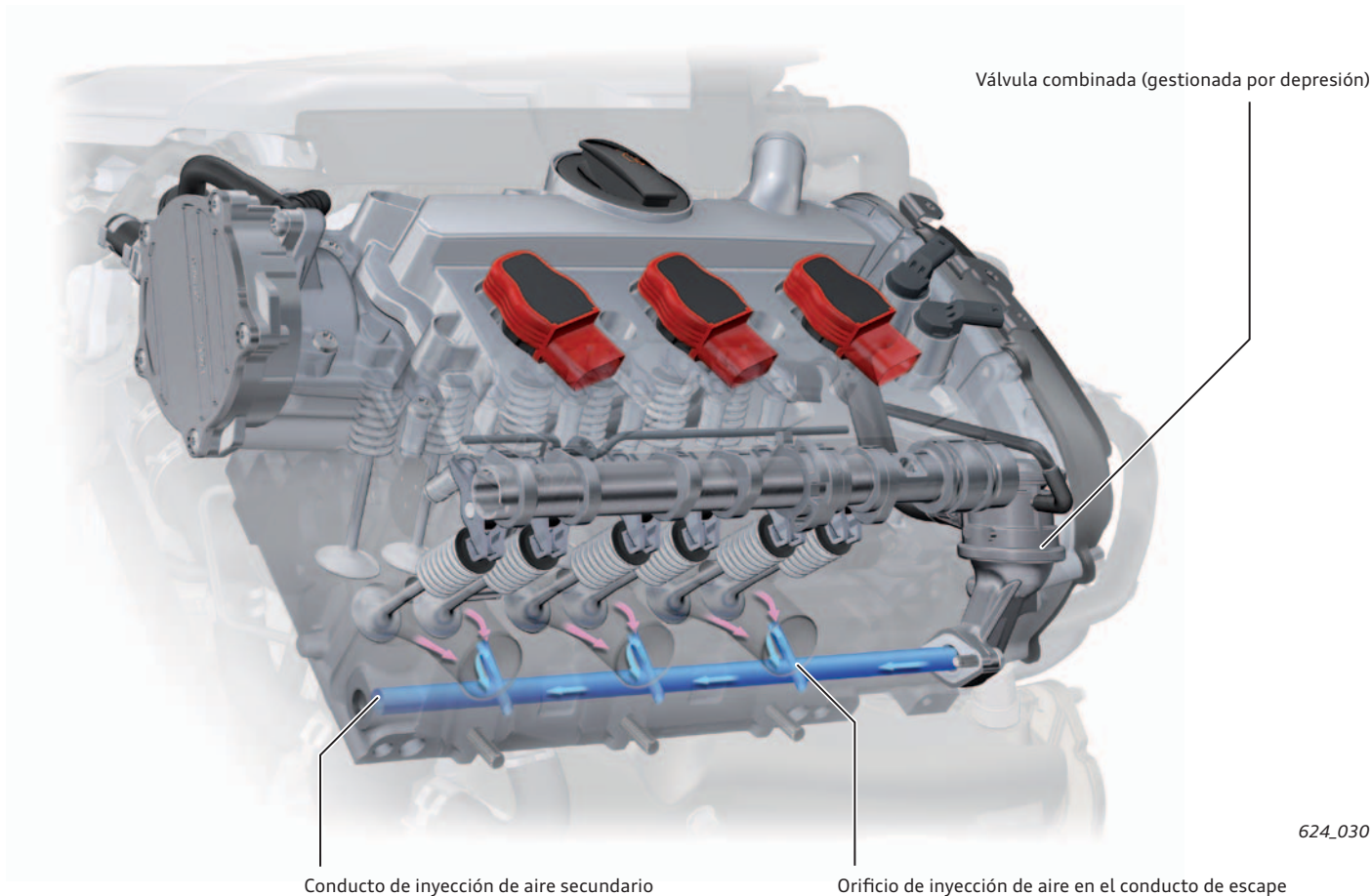
Válvula combinada 2 (gestionada por depresión)



## Conductos de aire secundario

Los conductos de aire secundario se modificaron en comparación con los del motor 3.0l V6 TFSI de 3ª generación.

De esta forma es mucho menor la tendencia a que se obstruya el sistema.



## Diagnos

### Vehículos para los mercados EE.UU. y Canadá

La diagnosis basada en la presión, que se aplicaba hasta ahora y se describía en el Programa autodidáctico (SSP) 437 "Motor Audi 3.0l V6 TFSI con supercargador Roots" ya no se lleva a cabo, porque, debido al principio técnico, se provoca una declinación de los valores de escape.

La nueva diagnosis está basada en los valores lambda. La ventaja frente a la diagnosis basada en las presiones consiste en un mejor comportamiento de los gases de escape. La diagnosis se encuentra activa durante el ciclo en el que está conectada la bomba de aire secundario para la reducción de los gases de escape.

Durante la inyección del aire secundario se mide el valor lambda con las sondas lambda del colector y con ayuda del valor lambda y la masa de aire del motor se calcula la masa del aire secundario. Una vez finalizada la inyección del aire secundario la bomba sigue funcionando unos segundos más durante la fase de cierre de las válvulas combinadas.

Con ello se puede verificar la estanqueidad de las válvulas combinadas. Si el valor lambda sobrepasa un umbral de pobreza se inscribe una incidencia, que permite sacar la conclusión de que hay una válvula inestanca.

Al final de la prueba de estanqueidad de las válvulas se vuelve a medir el valor lambda y se corrige el resultado de la medición del aire secundario. De ese modo se corrigen las diferencias estadísticas y el resultado es más exacto.

Sin embargo, el resultado de la medición o bien la inscripción en la memoria de incidencias sólo se publican si también ha concluido la diagnosis de las sondas lambda anteriores al catalizador. Ésta se realiza paralelamente a la diagnosis del catalizador. Por ello, para obtener un resultado después de un arranque en frío, es necesario calentar el motor por funcionamiento.

### Vehículos para los mercados EU y RdW

No se realiza ninguna diagnosis, porque incluso si se avería el sistema de aire secundario se mantienen los valores límite correspondientes.

# Servicio

## Herramientas

Extractor T40301



Desmontaje módulo de embrague del módulo de compresor

624\_061

Perno centrador T40302



Centrado del módulo de embrague

624\_062

Equipo de aplicación de corriente para módulo de embrague VAS 6909



624\_063

Preparación para el montaje del módulo de embrague

Alojamiento T40304



624\_064

Para trabajos de montaje y prueba de estanqueidad hay que montar el módulo de compresor al soporte de cajas de cambios T40206

Útil de presión T40303



624\_065

Montaje del cojinete en el módulo del compresor

Conjunto de extractores interiores VAS 501 001



624\_081

Desmontaje de los cojinetes de agujas en el módulo de compresor

## Trabajos de mantenimiento

Dato o bien trabajos a realizar	Intervalo o bien valor
Cantidad de llenado de aceite del motor incl. filtro (cantidad que se cambia)	6,8 l
Norma sobre el aceite del motor	VW 50400
Se admite extraer el aceite de motor por succión	Sí
Comprobador del indicador electrónico del nivel de aceite (especificación para el anillo de ajuste / especificación para el área de aceite mín. hasta aceite máx.)	Valor superior de la escala: 141 Valor inferior de la escala: 0 - 11
Intervalo de mantenimiento	Según indicador de intervalos de Servicio, dependiendo de la forma de conducir y las condiciones de uso, entre 15.000 km / 1 año y 30.000 km / 2 años
Intervalo de sustitución del filtro de aire	60.000 km
Intervalo de sustitución del filtro de combustible	lifetime
Intervalo de sustitución de las bujías	90.000 km / 6 años
Intervalo de sustitución del filtro de polen	30.000 km / 2 años
Intervalo de cambio de aceite para engranajes	lifetime
Intervalo de sustitución de la correa poli-V (compresor)	90.000 km
Distribución / cadena	lifetime
Sistema de tensado Distribución	lifetime



### Nota

Básicamente rigen las especificaciones proporcionadas en la documentación de actualidad del Servicio.  
Al cambiar el aceite deberá tenerse en cuenta en todo caso la norma admisible para el aceite.

# Apéndice

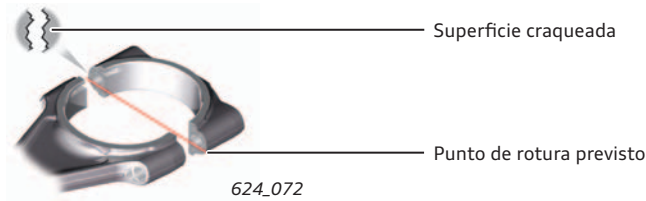
## Glosario

Aquí hallará una explicación de todos los conceptos que figuran en cursivas y con una flecha ↗ en este Programa autodidáctico.

### ↗ Afinado

En el caso del afinado se trata de un proceso de trabajado de refino para las superficies. Las piezas cilíndricas se mecanizan con calidades más exactas de la superficie y redondez.

### ↗ Bielas partidas

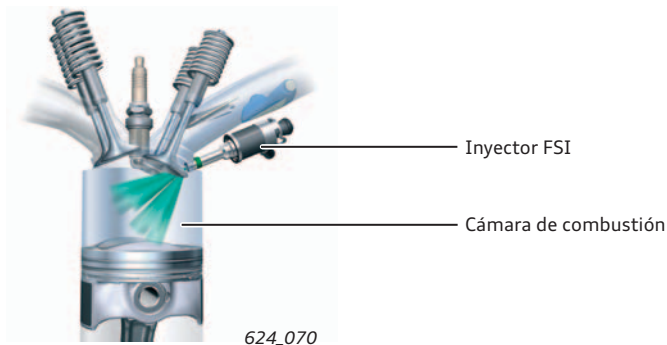


Esta denominación de las bielas se debe a su fabricación. El vástago y el sombrerete de la biela se parten mediante una fractura específica ("craqueo"). La ventaja de este procedimiento es que se obtiene una forma de ajuste exacta, con una alta precisión de ensamblado de ambos fragmentos.

### ↗ Elastómero

Un elastómero es un material plástico de forma resistente, pero elásticamente deformable. Los plásticos de esta índole se pueden deformar elásticamente al someterse a esfuerzos de tracción y presión, pero después de ello vuelven a adoptar su forma original inalterada. Los elastómeros hallan aplicación p. ej. como material para retenes.

### ↗ FSI



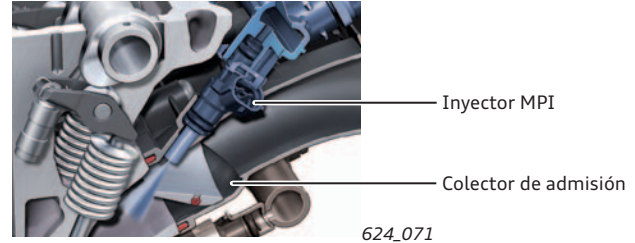
La abreviatura de Fuel Stratified Injection se utiliza para los motores de gasolina que aplican la tecnología de Audi, de la inyección directa del combustible en la cámara de combustión. El combustible se inyecta con una presión de hasta 200 bares.

### ↗ Gases fugados (blow-by)

Durante la marcha del motor se fugan de la cámara de combustión entre el pistón y el cilindro hacia el cárter del cigüeñal. Tienen su causa en las altas presiones que hay en la cámara de combustión y

en las inestabilidades totalmente normales que presentan los segmentos de los pistones. Los gases blow-by se aspiran a través de un sistema de desaireación del cárter del cigüeñal y se conducen a la combustión.

### ↗ MPI



La abreviatura Multi Point Injection se utiliza para un sistema de inyección en motores de gasolina, con el que el combustible se inyecta ante las válvulas de admisión, es decir, en el conducto de admisión. En algunos motores se aplica en combinación con el sistema de inyección directa FSI.

### ↗ Señal PWM

La abreviatura PWM significa señal modulada en ancho de pulso. Se trata de una señal digital, en la que un parámetro (p. ej. la corriente eléctrica) varía entre 2 valores. Las distancias de estos cambios varían de acuerdo con la excitación. De esa forma pueden transmitirse señales digitales.

### ↗ SENT

El protocolo de datagrama SENT ("single edge nibble transmission"), conjuntamente con los sensores correspondientes, permite sustituir interfaces analógicas y con ello una transmisión digital de los datos.

### ↗ Terophon

Terophon es una masa de recubrimiento a base de caucho, aerografiable, exenta de disolventes y reactiva, que se utiliza para amortiguar la sonoridad estructural. El material es elástico y muestra una buena amortiguación acústica.

El recubrimiento se aplica por aerografiado. Después se endurece en el horno para pintura.

### ↗ Volumen nocivo

El término del volumen nocivo se refiere al volumen del sistema de inyección por el lado de la alta presión. El volumen nocivo se "carga por bombeo" con cada inyección y se vuelve a relajar de nuevo al final. Esto provoca pérdidas de compresión y el desarrollo del ciclo de la inyección se dilata.

En el volumen "filiforme" de la tubería el combustible es comprimido por los fenómenos dinámicos de la onda expansiva. Cuanto mayor es el volumen nocivo tanto peor es el rendimiento hidráulico del sistema de inyección. El objetivo planteado al desarrollo de un sistema de inyección consiste por ello en mantener lo más pequeño posible el volumen nocivo.

## Programas autodidácticos

Hallará más información sobre la técnica de los motores Audi V6 en los siguientes Programas autodidácticos.



### SSP 267 – El motor 6.0 l W12 en el Audi A8 - parte 1

- ▶ Estructura y funcionamiento del réglaje de los árboles de levas

Número de referencia: 140.2810.86.60



### SSP 411 – Motores Audi 2.8l y 3.2l FSI con Audi valvelift system

- ▶ Información básica sobre la estructura de los motores

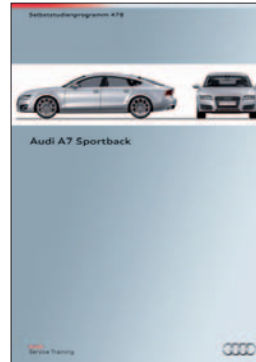
Número de referencia: A07.5500.42.60



### SSP 437 – Motor Audi 3.0l V6 TFSI con supercargador Roots

- ▶ Mecánica del motor
- ▶ Información básica sobre el módulo de compresor

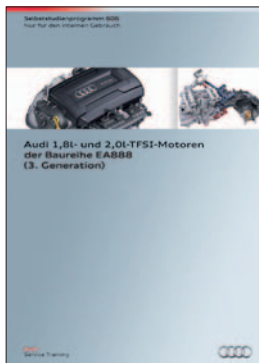
Número de referencia: A08.5500.53.60



### SSP 478 – Audi A7 Sportback

- ▶ Gestión térmica de vanguardia (ITM)

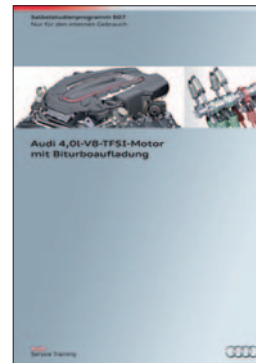
Número de referencia: A10.5500.71.60



### SSP 606 – Motores Audi 1.8l y 2.0l TFSI de la Serie EA888 (3ª generación)

- ▶ Sistema de inyección dual
- ▶ Bombas eléctricas de líquido refrigerante

Número de referencia: A12.5500.90.60



### SSP 607 – Motor Audi 4.0l V8 TFSI con sobrealimentación biturbo

- ▶ Estructura y funcionamiento de la bomba de aceite

Número de referencia: A12.5500.91.60

## Información sobre los códigos QR

Este SSP ha sido revalorizado con medios electrónicos (secuencias animadas, vídeos y Mini-WBTs) para hacerlo más ilustrativo. Las remisiones a los eMedia se ocultan en las páginas detrás de los códigos QR, es decir, en esquemas de píxeles de 2 dimensiones. Estos códigos pueden ser escaneados con la tableta o el smartphone y traducirse en una dirección de web. Para ello se necesita una conexión a internet.

Haga el favor de instalarse para ello un escáner adecuado para QR en su aparato móvil, bajándolo de las tiendas públicas de aplicaciones de Apple® o bien Google®. Para algunos medios puede ser necesario utilizar otros reproductores.

En PCs y ordenadores portátiles puede hacerse un clic en los eMedia del SSP PDF y se puede acceder asimismo online después del "GTO Login".

Todos los eMedia se administran en la plataforma didáctica Group Training Online (GTO). Para GTO necesita usted una cuenta de usuario y, después de escanear el código QR, tiene que inscribirse antes de consultar el primer medio en GTO. En iPhone, iPad y en numerosos otros aparatos con sistema Android puede usted guardar sus datos de acceso en el browser (hojeador) móvil. Eso facilita la próxima inscripción. Proteja su aparato móvil con un PIN contra el uso no autorizado.

Haga el favor de tener en cuenta que el uso de los eMedia a través de las redes de telefonía móvil puede causar costes considerables, sobre todo con motivo de la itinerancia (roaming) de los datos en el extranjero. La responsabilidad al respecto queda en manos de usted. Lo ideal es el uso conectado a WIFI.

Apple® es una marca registrada de Apple® Inc.  
Google® es una marca registrada de Google® Inc.

Reservados todos los derechos.  
Sujeto a modificaciones.

Copyright  
**AUDI AG**  
I/VK-35  
[service.training@audi.de](mailto:service.training@audi.de)

**AUDI AG**  
D-85045 Ingolstadt  
Estado técnico: 07/14

Printed in Germany  
A13.5S01.08.60