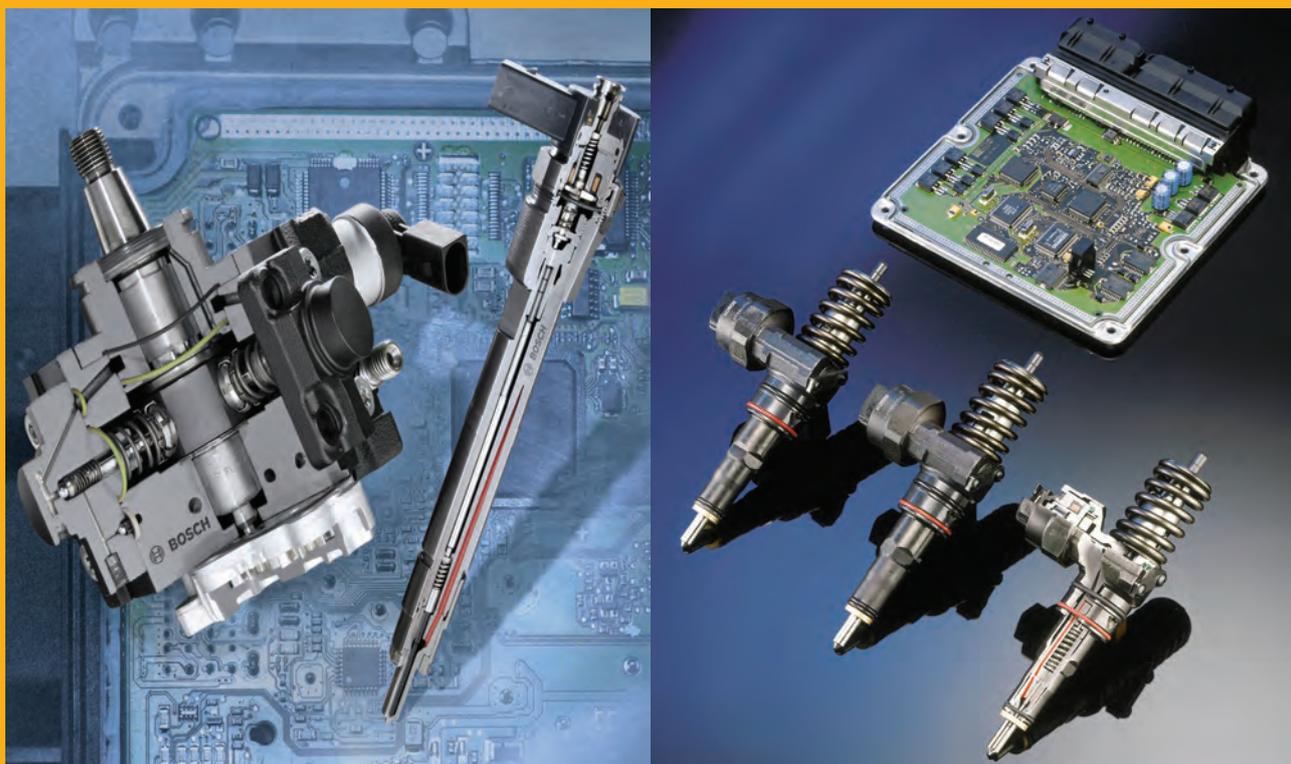




SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL COMMON-RAIL E INYECTOR BOMBA



- ▶ Funcionamiento de los sistemas de inyección Diesel
- ▶ Sensores, funcionamiento y comprobaciones
- ▶ Actuadores, funcionamiento y comprobaciones
- ▶ Verificaciones con polímetro y osciloscopio
- ▶ Funciones adicionales y diagnóstico EOBD
- ▶ Sistemas anticontaminación y catalizadores
- ▶ 60 síntomas de averías frecuentes y soluciones
- ▶ Cuestionarios de autoevaluación
- ▶ Esquemas eléctricos y fichas de diagnóstico



Página	Concepto
1	Generalidades
1	Historia del motor Diesel
2	Evolución de los sistemas de inyección Diesel Bosch
3	Evolución de los sistemas de inyección Diesel Lucas-Cav
5	Common-Rail Siemens
6	Esquema de conjunto simplificado de Common-Rail Bosch
7	Esquema de conjunto simplificado de inyector bomba
8	Evolución de los sistemas de alimentación Diesel
10	Cuadro sinóptico del sistema Bosch: Common-Rail
11	Ubicación de componentes del sistema Bosch: Common-Rail
12	Cuadro sinóptico del sistema Bosch: inyector bomba
13	Ubicación de componentes del sistema Bosch: inyector bomba
14	Cuadro sinóptico del sistema Delphi
15	Ubicación de componentes del sistema Delphi
16	Cuadro sinóptico de sistema Siemens
17	Ubicación de componentes del sistema Siemens
18	Sensores
18	Medidor de masa Bosch (funcionamiento)
19	Medidor de masa Siemens (verificaciones)
20	Sensor inductivo de régimen del motor (funcionamiento)
21	Sensor inductivo de régimen del motor (verificaciones)
22	Sensor Hall de reconocimiento de cilindros
23	Termorresistencia NTC de temperatura de refrigerante
24	Termorresistencia NTC de temperatura de aire de admisión
25	Termorresistencia NTC de temperatura de combustible
26	Sensor MAP de presión del colector de admisión
27	Sensor MAP de alta presión de combustible (funcionamiento)
28	Sensor MAP de alta presión de combustible (verificaciones)
29	Detector de picado (sensor acelerométrico)
30	Potenciómetro del acelerador de pista resistiva
31	Potenciómetro del acelerador con circuito electrónico
32	Interruptores de pedal de freno
33	Interruptor del pedal de embrague
34	Borne + DF del alternador
35	Can-Bus de datos
36	Cuestionario: generalidades y sensores
38	Actuadores
38	Alimentación de baja presión con bomba eléctrica
39	Alimentación de baja presión con bomba de paletas
40	Bomba de alta presión Bosch
41	Bomba de alta presión Bosch (funcionamiento)
42	Bomba de alta presión Delphi y Siemens
43	Bujías de precalentamiento
44	Inyector Common-Rail Bosch (constitución)

Página	Concepto
45	Actuadores (continuación)
45	Inyector Common-Rail Bosch (en reposo)
46	Inyector Common-Rail Bosch (en funcionamiento)
47	Inyector Common-Rail Bosch (verificaciones)
48	Inyector Common-Rail Delphi
49	Inyector piezoeléctrico Common-Rail Siemens
50	Inyector piezoeléctrico Common-Rail (verificaciones)
51	Inyector bomba Bosch (funcionamiento)
55	Inyector bomba Bosch (desmontaje y montaje)
56	Inyector bomba Bosch (ajuste)
57	Inyector bomba Bosch (verificaciones)
58	Inyector bomba de 2ª generación, motor 2.0 16V TDi
59	Inyector bomba de 3ª generación, actuador piezoeléctrico
60	Inyector bomba de 3ª generación (funcionamiento)
62	Inyector bomba de 3ª generación (verificaciones)
63	Recirculación de gases de escape (EGR)
64	Electroválvula de recirculación de gases de escape (EGR)
65	Regulación de la presión de soplado (turbo fijo)
66	Regulación de la presión de soplado (turbo variable)
67	Electroválvula de regulación de la presión de soplado
68	Electroválvula del turbo (verificaciones)
69	Electroválvula de la mariposa de admisión
70	Regulación de presión de combustible (funcionamiento)
71	Regulación de la presión de combustible (verificaciones)
72	Electroválvula dosificadora de combustible
73	Desconector del tercer cilindro
74	Relé principal, interruptor de inercia y testigos
75	Salidas suplementarias
76	Cuestionario: actuadores
78	Funciones
78	Calentador de combustible
79	Refrigerador de combustible
80	Refrigerador de gases de escape para la función EGR
81	Sistemas de calefacción adicional
82	Sistema de precalentamiento y postcalentamiento
83	Colector de admisión variable
85	Sistema de diagnóstico EOBD Diesel
86	Códigos de averías EOBD en los motores Diesel
90	Anticontaminación
90	Composición de los gases de escape en un motor Diesel
91	Compuestos tóxicos a depurar en un motor Diesel
92	Catalizador oxidante de dos vías
93	Filtro de partículas
95	Componentes del sistema de filtro de partículas
97	Llenado del depósito de aditivo

HISTORIA DEL MOTOR DIESEL



El primer motor Diesel nació de la mano del ingeniero técnico **Rudolf Diesel** en 1897. Tras finalizar sus estudios se dedicó de pleno a las máquinas de combustión interna. Éstas transforman en energía cinética la energía calorífica resultante de la combustión. Las máquinas más importantes de combustión interna son los motores Otto y Diesel. En el motor Otto, se comprime una mezcla de gasolina y aire que a continuación se hace explotar mediante la producción de una chispa eléctrica.

Rudolf Diesel desarrolló un principio diferente en el cual no es necesaria la chispa de encendido. La combustión se realiza de forma espontánea, al introducir el combustible a alta presión en el interior del cilindro.

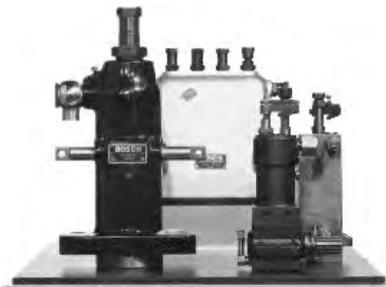
Cuando Rudolf Diesel terminó de construir su primer motor Diesel estacionario, difícilmente podría llegar a imaginarse el desarrollo posterior que su idea tendría.

El motor Diesel ha sufrido desde entonces importantes y sustanciales modificaciones. Especialmente en los últimos años, gracias a la incorporación de sistemas de regulación electrónica, el motor Diesel ha alcanzado niveles de prestación difícilmente imaginables.



Robert Bosch y el desarrollo del motor Diesel

Rudolf Diesel comprobó durante el desarrollo de su primer prototipo de motor estacionario que se requería una alta presión para inyectar el combustible. Esta presión se generaba en aquel entonces mediante un compresor de aire muy pesado y relativamente caro. Esta condición hacía imposible la utilización del motor en vehículos motorizados. Gracias al perfeccionamiento que **Robert Bosch** realizó sobre la bomba de inyección, en la década de los años 20, se consiguió solucionar el problema satisfactoriamente.



En el año 1927 se encontraba lista para su fabricación la primera bomba de inyección en línea, diseñada y construida por **Robert Bosch**, para su utilización en vehículos industriales.

La continua investigación de Robert Bosch permitió el desarrollo de una bomba de inyección para turismos que apareció en el mercado en el año 1936.



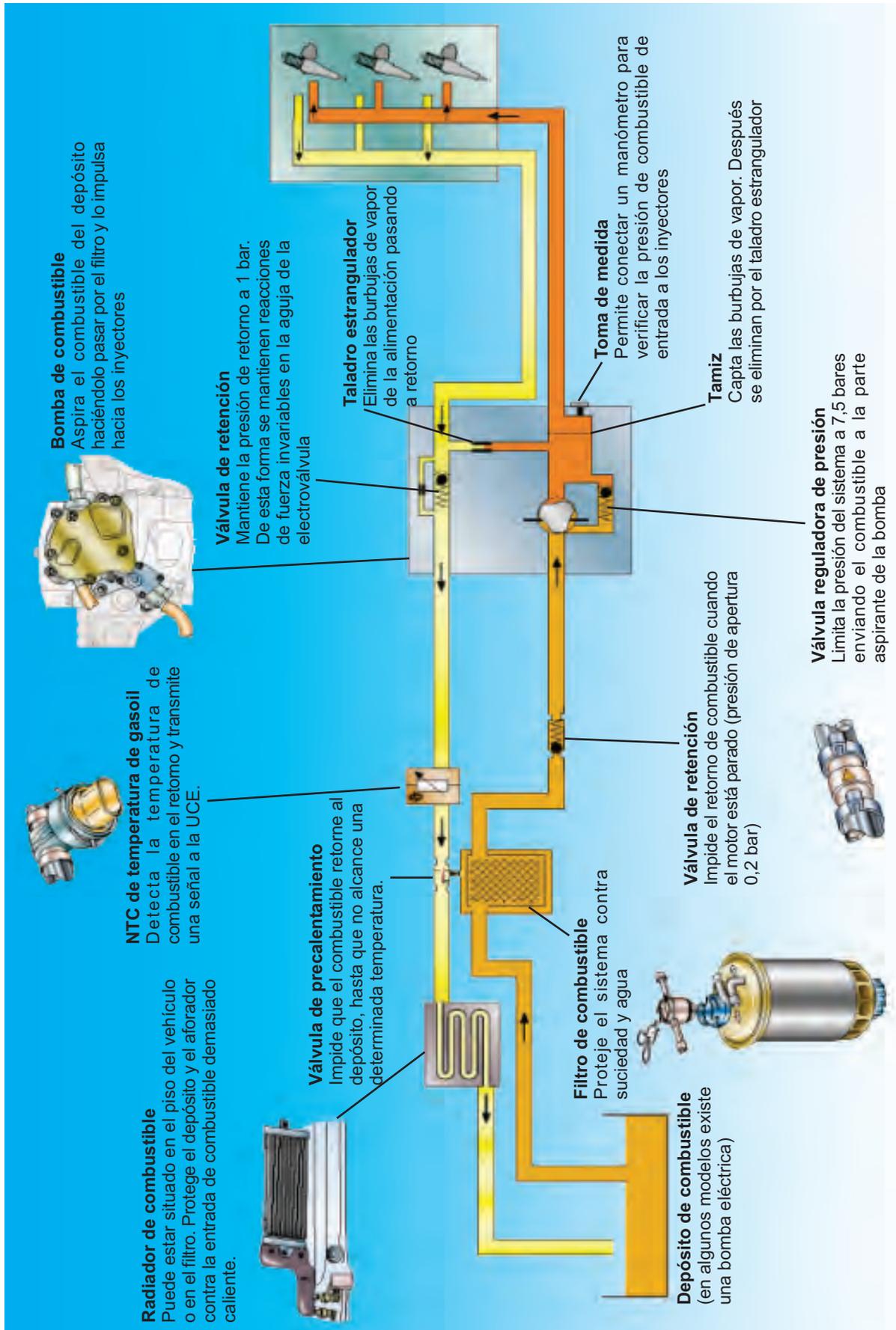
En 1975 fue introducida en el mercado la bomba rotativa Bosch VE. Supuso un gran cambio para los motores de turismo. Con esta bomba, se consiguió aumentar considerablemente el régimen de revoluciones de los motores, sus prestaciones y, sobre todo, mejorar la suavidad de marcha. Para adaptarlas al funcionamiento del motor y a la normativa anticontaminación, fueron dotadas de los siguientes mecanismos:

- ADA: limitación de plena carga dependiente de la presión atmosférica. La cantidad de combustible inyectado varía en función de la presión atmosférica.
- LDA: limitación de plena carga dependiente de la presión de sobrealimentación. En los motores turboalimentados, se varía la cantidad de inyección en función de la presión de sobrealimentación.
- KSB: ayuda para el arranque en frío. Para facilitar el arranque en frío, se modifica el avance a la inyección.
- TLA: incremento del ralentí en función de la temperatura. Para conseguir un calentamiento más rápido y un ralentí más uniforme, se incrementa el ralentí variando la inyección y el avance.
- LFB: inicio de suministro dependiente de la carga. Para reducir el ruido y las emisiones contaminantes, se adapta el avance de inyección al estado de carga del motor.

La evolución natural, se encaminó hacia las bombas pilotadas electrónicamente.



ESQUEMA DE CONJUNTO SIMPLIFICADO DE INYECTOR BOMBA



Cortesía de Seat

UBICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA BOSCH: COMMON RAIL



EL ESQUEMA Y FICHA DE DIAGNÓSTICO DE ESTE MODELO SE ENCUENTRA EN LA PÁGINA 123

POTENCIÓMETRO ACCELERADOR

ELECTROVÁLVULAS TURBO, MARIP. Y EGR

RELÉ PRINCIPAL

INYECTORES ELÉCTRICOS

SENSOR R.P.M.

UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO

INTERRUPTOR DE INERCIA

HALL CILINDRO

MEDIDOR DE MASA

CAJA DE FUSIBLES MOTOR

BOMBA DE ALTA PRESIÓN

CALENTADOR DE GASOIL

SENSOR MAP ALTA PRESIÓN

NTC DE GASOIL

SENSOR MAP PRESIÓN TURBO

NTC DE AGUA

CONECTOR DE DIAGNÓSTICO

Situado en la caja de fusibles del habitáculo tras una tapa colocada bajo el mando de luces.

BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Es accionada por el cigüeñal mediante una correa dentada. Atornilladas a la carcasa, encontramos el desconector del tercer cilindro y el regulador de presión

BOMBA DE ALIMENTACIÓN

Situada en el depósito de combustible. Se encarga de transportar el gasoil hasta la bomba de alta presión.

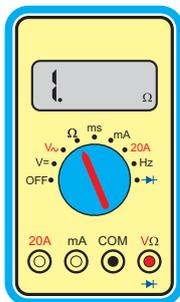
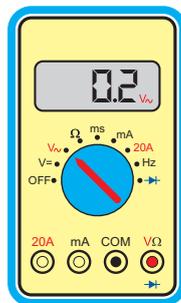
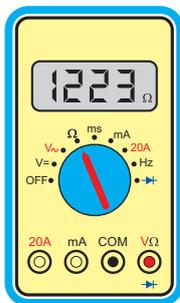
INTERRUPTORES FRENO Y EMBRAGUE

Situados en el pedalier, informan a la UCE de motor del accionamiento del freno y del embrague.

SENSOR INDUCTIVO DE RÉGIMEN DEL MOTOR (verificaciones)



En las imágenes podemos apreciar la forma real de distintos generadores inductivos utilizados por diferentes marcas.



VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO

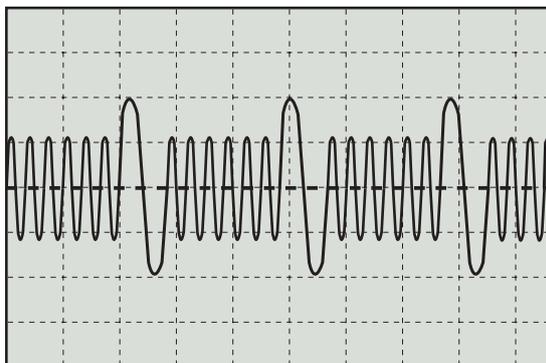
- ▶ **Resistencia**
Conectar el ohmímetro a los terminales correspondientes del módulo o al conector del sensor.
La lectura debe estar comprendida entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.
- ▶ **Señal**
Con el polímetro en mv~ y a velocidad de arranque comprobar que la tensión esté comprendida entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.
- ▶ **Aislamiento**
Verificar que la lectura entre cualquiera de sus terminales y masa nos dé **resistencia infinita**.

VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO

Debe aparecer una señal alterna que nos indique claramente las entalladuras practicadas en el cigüeñal que provocan la variación de inducción en el captador.

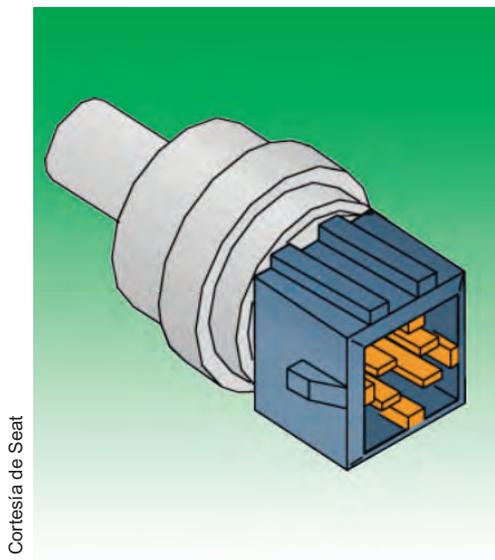
Para una mejor definición de la imagen se aconseja ajustar el osciloscopio a 5 voltios y 5 ms por división.

Si tenemos posibilidad de leer la tensión de pico VPEAK, ésta debe llegar en aceleración hasta los 40 V. como mínimo.

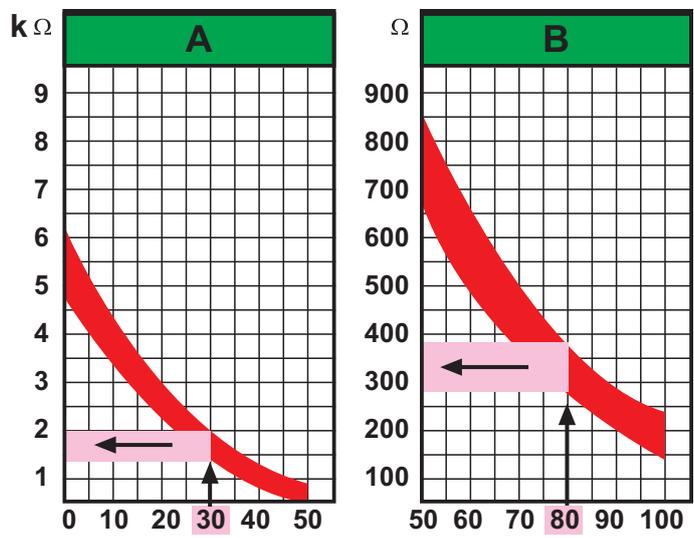


5 V/d 5 ms/d

TERMORRESISTENCIA NTC DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE

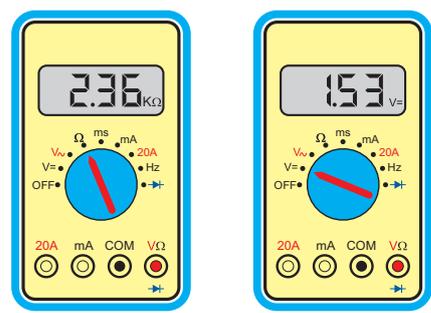


Cortesía de Seat



Suele estar situada cerca del termostato, en la salida del refrigerante de la culata hacia el radiador. Es una termorresistencia del tipo NTC que varía su valor óhmico en función de la temperatura. De esta manera se informa a la Unidad de Control Electrónico de la temperatura momentánea del líquido refrigerante. La señal se utiliza para la regulación del caudal a inyectar, el comienzo de la inyección, el cálculo del tiempo de precalentamiento y para la cantidad de recirculación de gases de escape.

En caso de ausencia de esta señal, la UCE conmuta a función de emergencia y se utiliza como señal supletoria la de temperatura de combustible.
 Los calentadores se activan durante el máximo de tiempo y se desactiva la calefacción adicional.

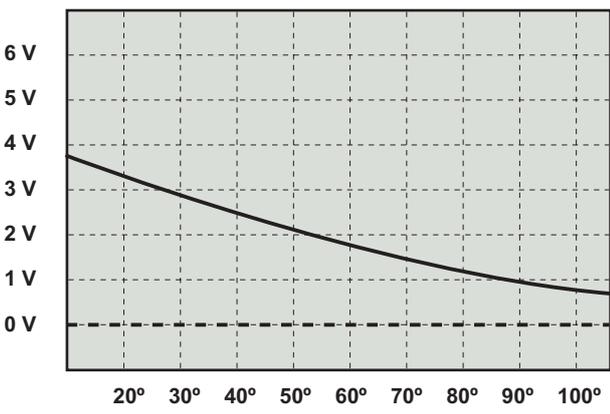


VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO

- ▶ **Resistencia**
 Conectar el ohmímetro a los terminales correspondientes del módulo o al conector de la NTC.
 La lectura debe estar comprendida entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.
- ▶ **Tensión**
 Comprobar en los terminales de la sonda que la tensión baja a medida que se va calentando el motor, y que en ningún momento da 5 o 0 V. (observar la gráfica del osciloscopio).

VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO

En la señal debe apreciarse una variación directamente relacionada con la variación de temperatura. Se tendrán en cuenta las variaciones condicionadas por la apertura y el cierre del termostato y la conexión del electroventilador. Si se aprecia una variación brusca, ésta indica un fallo momentáneo en la sonda y en la llegada de señal a la Unidad de Control Electrónico.



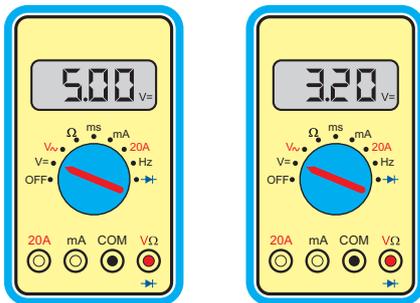
Lo ideal es utilizar el osciloscopio con la función TREND PLOT o ROLL, para trazar la gráfica durante el periodo de calentamiento del motor.

SENSOR MAP DE ALTA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE (verificaciones)



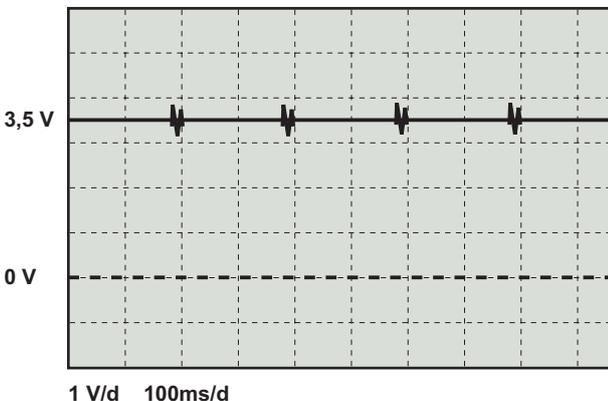
Este sensor lo encontramos roscado en el conducto común de alta presión de combustible. Debido a las altas presiones localizadas en este conducto, es muy importante respetar el par de apriete para evitar fugas. Tal como hemos explicado, los sensores MAP son alimentados por la Unidad de Control Electrónico con una tensión de 5 voltios. Esto implica que para efectuar la verificación, tiene que estar todo conectado y accederemos a los terminales del sensor o a los correspondientes de UCE mediante puntas finas, por detrás del conector.

VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO



- ▶ **Alimentación**
Conectar el voltímetro a los dos terminales de alimentación y verificar que disponemos de una tensión de 5 voltios.
- ▶ **Señal**
Conectar el voltímetro entre el terminal de salida de señal y masa. La tensión tiene que variar entre 0,5 y 4,5 voltios de forma proporcional a la presión existente en el conducto común de alimentación.

VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO



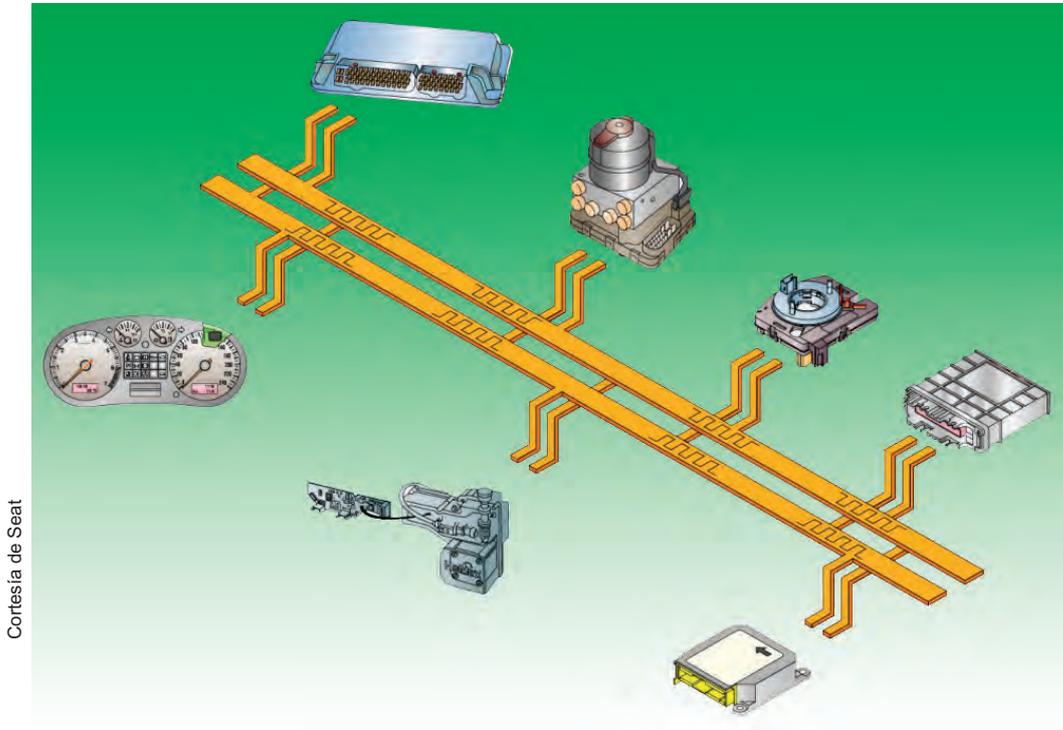
La señal del sensor MAP de alta presión es una línea continua que va variando su tensión entre 0,5 y 4,5 voltios a medida que aumenta el régimen de giro del motor.

En ningún punto de la imagen debe aparecer una variación brusca que no esté directamente relacionada con la variación de presión de combustible en la rampa.

Con el motor funcionando, se pueden apreciar ligeras interferencias en la señal producidas por el trabajo de cada uno de los pistones de la bomba. Estas interferencias se tienen que producir de forma sincrónica, si no es así, alguno de los cilindros de la bomba de alta presión no funciona correctamente.



CAN-BUS DE DATOS

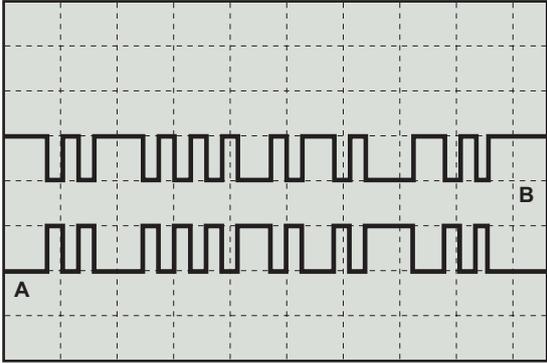


Los vehículos actuales intercambian información entre las distintas Unidades de Control Electrónico mediante la línea CAN-BUS.

A continuación exponemos algunos ejemplos de intercomunicación:

- La información procedente de la Unidad de Control de motor, por ejemplo: régimen de motor, par, carga de motor, posición del pedal del acelerador, se utilizan por la UCE del cambio para calcular la selección de marchas.
- La UCE de cambio informa a la de motor acerca de las operaciones de cambio, con objeto de evitar que el motor suba de vueltas al estar abierto el embrague y para que baje ligeramente el par a fin de evitar tirones en la operación de cambio de marchas.
- La UCE de motor transmite a la del cuadro de instrumentos la señal del régimen para el cuentarrevoluciones y la señal de consumo de combustible para el indicador de consumo instantáneo.
- Para el funcionamiento de la regulación de par de inercia de motor (MSR), la UCE de ABS transmite a la UCE de motor una orden de elevar el régimen. De esta forma se impide el bloqueo de las ruedas motrices sobre pavimentos deslizantes, si el conductor levanta rápidamente el pie del acelerador.

VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO



5 V/d 50us/d

Conectando los dos canales del osciloscopio a los terminales correspondientes de cualquier unidad de mando, al dar al contacto, comienza la emisión de datos. Hemos de apreciar en el osciloscopio la señal positiva (CAN H), y la negativa (CAN L). En la misma unidad de tiempo, una señal tiene que ser reflejo de la otra. Existen decodificadores para saber la información exacta que se está enviando, pero a nivel práctico lo que nos interesa ver es que las dos señales existen.

En este momento es aconsejable realizar el siguiente test para efectuar una autoevaluación de los contenidos desarrollados hasta el momento. Si supera un 80% de las preguntas, puede continuar estudiando el temario. Si no es así, sería aconsejable que repasara lo estudiado hasta ahora. (Las respuestas las encontrará en la página 135).



INYECTOR COMMON-RAIL BOSCH (verificaciones)



Los inyectores se montan directamente en la culata y se fijan mediante una brida.

Si por cualquier circunstancia es necesario desmontar el inyector, hay que esperar como mínimo 30 segundos después de parar el motor para permitir que la presión se degrade. En las operaciones de desmontaje y montaje hay que extremar las medidas de limpieza y taponar todos los conductos para evitar la entrada de suciedad. Antes del montaje de los inyectores, hay que cambiar imperativamente todas las juntas tóricas y la arandela cortafuegos. De no hacerlo así, es muy posible que se produzcan fugas.

Debido a las altas presiones de trabajo (hasta 1350 bares), no intervenir en el circuito de alta presión con el motor en marcha. Esperar 30 segundos como mínimo después de parar el motor.

No alimentar a 12 Voltios el inyector, provocaríamos la destrucción de la electroválvula.

En caso de avería de un inyector y, debido a que las etapas de potencia son para dos inyectores, dejan de funcionar dos cilindros y el motor se para.

VERIFICACIÓN CON POLÍMETRO

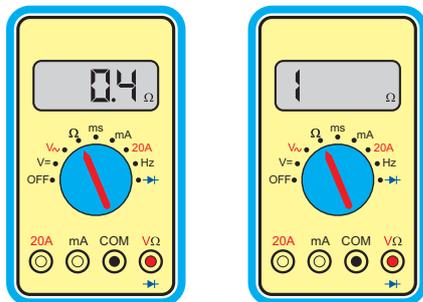
▶ Resistencia

Conectar el ohmímetro a los terminales correspondientes del módulo o al conector del inyector.

La lectura debe estar comprendida entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.

▶ Aislamiento

Verificar que la lectura entre cualquiera de sus terminales y masa nos dé resistencia infinita.



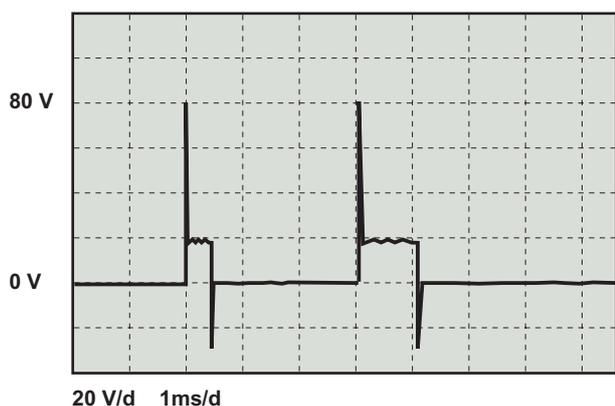
VERIFICACIÓN CON OSCILOSCOPIO

Debemos conectar la punta positiva del osciloscopio al terminal de activación del conector del inyector y la punta negativa a masa.

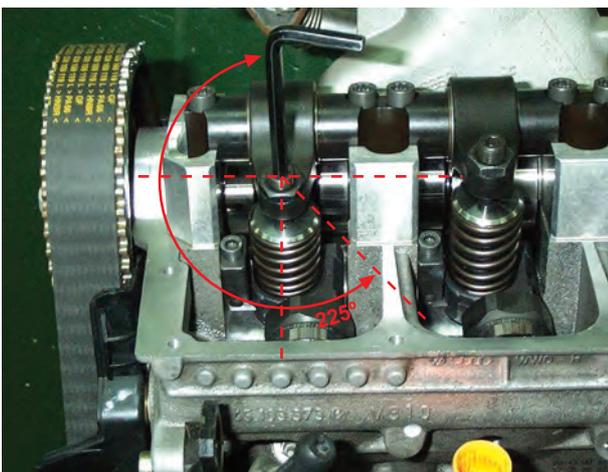
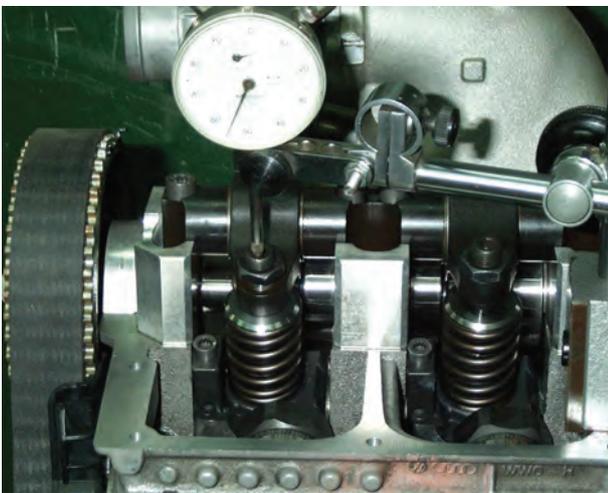
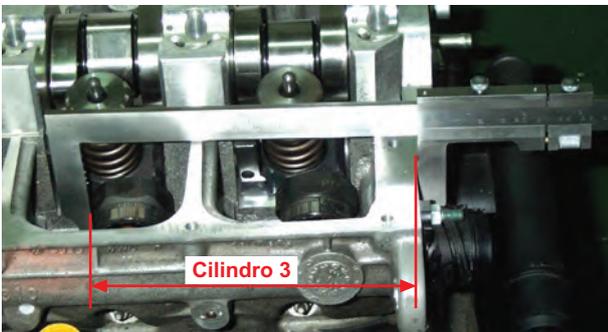
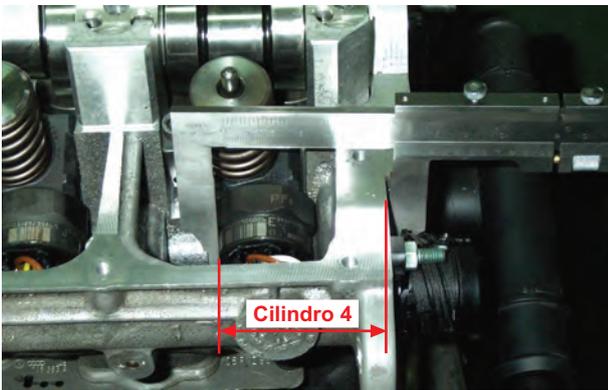
Con el motor a ralentí nos aparecerá la imagen en la que se aprecia el impulso de la pre-inyección y a continuación el impulso de la inyección principal.

Al acelerar el motor, se tiene que apreciar un aumento del tiempo de activación.

Al soltar el acelerador, debe desaparecer la imagen, señal del correcto funcionamiento del corte en marcha por inercia.



INYECTOR BOMBA BOSCH (ajuste)



AJUSTE DE PERPENDICULARIDAD

- Situar la unidad inyector bomba formando un ángulo recto respecto a los soportes del árbol de levas.
- Medir la distancia desde el borde exterior de la culata hasta la parte redonda de la unidad inyector bomba. Mover la unidad hasta que esté situada en las medidas de la tabla adjunta.
- Apretar el tornillo del taco tensor (1) a 12 Nm + 270°.
- Apretar los tornillos del eje de balancines (2), de dentro a afuera, en varias etapas a 20 Nm + 90°.

MEDIDAS DE AJUSTE PARA EL MOTOR 1.9 DE 4 CILINDROS DEL GRUPO VAG.

Unidad con collar cilíndrico en la tuerca	
Cilindro	Medida desde el borde de la culata
1	332,2 ± 0,8 mm
2	244,2 ± 0,8 mm
3	152,8 ± 0,8 mm
4	64,8 ± 0,8 mm
Unidad con collar achaflanado en la tuerca	
Cilindro	Medida desde el borde de la culata
1	333,0 ± 0,8 mm
2	245,0 ± 0,8 mm
3	153,6 ± 0,8 mm
4	65,6 ± 0,8 mm

MEDIDAS DE AJUSTE PARA EL MOTOR 1.4 DE 3 CILINDROS DEL GRUPO VAG.

Unidad con collar cilíndrico en la tuerca	
Cilindro	Medida desde el borde de la culata
1	244,2 ± 0,8 mm
2	156,2 ± 0,8 mm
3	64,8 ± 0,8 mm
Unidad con collar achaflanado en la tuerca	
Cilindro	Medida desde el borde de la culata
1	245,0 ± 0,8 mm
2	157,0 ± 0,8 mm
3	65,6 ± 0,8 mm

AJUSTE DEL ÉMBOLO DE LA BOMBA

- Colocar un reloj comparador de forma que la punta toque sobre el tornillo de ajuste.
- Girar cigüeñal en sentido de giro del motor hasta que la leva esté en el punto más alto y el reloj comparador marque el punto más bajo.
- Desmontar el reloj comparador.
- Enroscar el tornillo de ajuste en la palanca del balancín hasta que se note que ha llegado al tope.
- Aflojar el tornillo de ajuste desde el tope 225°. (De esta manera, nos aseguramos que el émbolo en su funcionamiento nunca llegará al tope de recorrido).
- Retener la tuerca del tornillo de ajuste en esta posición y apretar a 30 Nm.
- Enchufar el conector de la unidad inyector bomba y montar la tapa de la culata.

CÓDIGOS DE AVERÍAS EOBD EN LOS MOTORES DIESEL

ELEMENTO	CONSECUENCIA	AVERÍAS
 Medidor de masa	<p>La recirculación de gases de escape se realiza con menor precisión y en función de parámetros predeterminados. El EOBD puede detectar falta de plausibilidad por comparación con la masa de aire teórica según el régimen del motor, presión en el colector de admisión y su temperatura.</p>	P0100.- Medidor de masa P0101.- Señal no plausible P0102.- Señal muy baja P0103.- Señal muy alta
 Sensor de presión absoluta	<p>Este sensor es esencial para la limitación de la presión de sobrealimentación que puede afectar a las emisiones. El EOBD compara el valor registrado por el sensor de presión del colector de admisión con el del sensor de altitud antes del arranque y, si detecta una diferencia de más de 150hPa, registra avería. El tiempo mínimo necesario para ello es de 0,54 segundos.</p>	P0105.- Sensor de presión absoluta P0106.- Señal no plausible P0107.- Señal muy baja P0108.- Señal muy alta P0236.- Señal no plausible P0237.- Señal muy baja P0238.- Señal muy alta
 NTC de aire	<p>Cuando se avería la termorresistencia NTC de aire, la UCE de motor toma como valor sustitutivo un valor fijo de 20°C. Para valores de temperatura de aire admitido superiores a 20°C el tiempo de retraso disminuirá, por estar calculado el avance para una temperatura menor. Esto puede generar un aumento de partículas por lo que el EOBD controla este sensor.</p>	P0110.- NTC de aire P0112.- Señal muy baja P0113.- Señal muy alta
 NTC de refrigerante	<p>La unidad de control tiene registrado el aumento de temperatura según el tiempo transcurrido, el combustible inyectado y la temperatura en el arranque; con ello puede comprobar la plausibilidad de la señal.</p>	P0115.- NTC de agua P0116.- Señal no plausible P0117.- Señal muy baja P0118.- Señal muy alta
 NTC de combustible	<p>Cuando se avería este sensor, la UCE toma un valor sustitutivo fijo de unos 40°C. Esto ocasiona que con el motor frío se inyecte mayor cantidad de combustible pues el caudal a inyectar se corregirá aumentando el tiempo de inyección al considerar que tiene menor densidad que la real. Por otro lado, la NTC de refrigerante, con motor frío, hace que aumente la cantidad a inyectar. Dicha combinación podría generar un aumento en los gases contaminantes. Por ello el EOBD registra la avería y enciende el testigo.</p>	P0181.- Señal no plausible P0182.- cortocircuito a - P0183.- cortocircuito a +
 Sensor de presión de combustible	<p>La avería del sensor de presión de combustible ocasiona que la Unidad de Control Electrónico del motor trabaje en fase degradada, sin un control exacto del combustible inyectado. En estas condiciones es muy posible que el motor emita más sustancias contaminantes de las permitidas. El EOBD registra la avería y enciende el testigo.</p>	P0190.- Sensor de presión de combustible P0191.- Señal no plausible P0192.- Señal muy baja P0193.- Señal muy alta