

Capítulo 1

Sistemas de alimentación de combustible en motores diésel de inyección

Contenido

1. Introducción
2. Circuitos básicos de alimentación de combustible en vehículos ligeros y pesados
3. Depósito de combustible
4. Bombas de alimentación, mecánica y eléctrica
5. Bomba de purga manual
6. Sistemas decantadores de combustible
7. Tipos de elementos filtrantes
8. Tuberías de alimentación y ensamblaje de estas
9. Enfriadores en el retorno
10. Bombas rotativas
11. Bombas en línea
12. Inyectores
13. Sistema de precalentamiento
14. Resumen

1. Introducción

Los motores de diésel son característicos por su sistema de inyección. En el presente capítulo, se va a realizar un estudio de los distintos sistemas mecánicos, tanto los equipados con bombas en línea como los equipados con bombas rotativas.

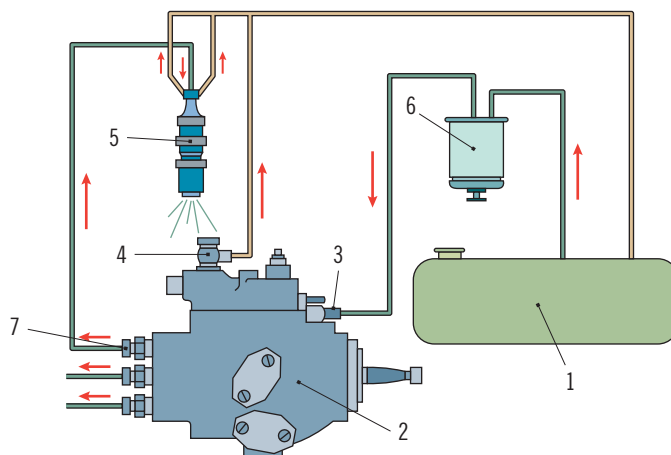
También se estudiarán los elementos necesarios y comunes a todos los sistemas, tanto en alta como en baja presión, como son el depósito, las bombas de baja, los filtros, los decantadores, las tuberías y los enfriadores de retorno y los inyectores, todos ellos imprescindibles para el funcionamiento de los sistemas de inyección.

Igualmente y una vez expuestos los contenidos básicos, se propondrán una serie de prácticas a efectuar, cuya realización clarificará todos los conceptos estudiados y que aportarán los conocimientos para seguir la formación en los siguientes capítulos.

2. Circuitos básicos de alimentación de combustible en vehículos ligeros y pesados

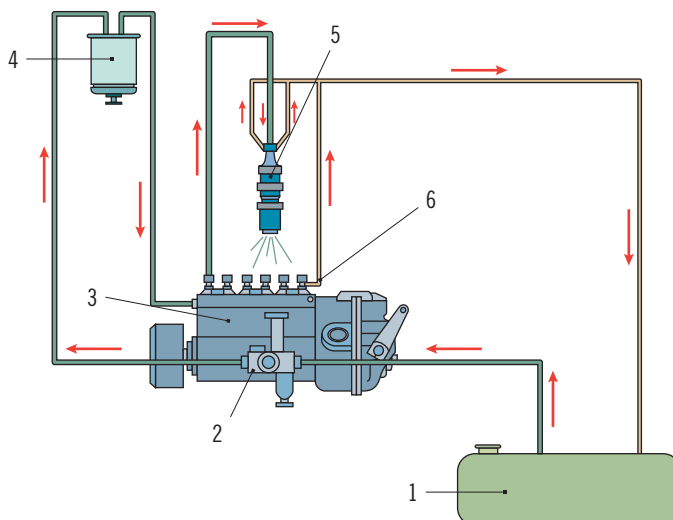
En turismos, lo más habitual es que se monten sistemas de alimentación con bombas rotativas, como el de la figura siguiente, pero todavía es posible encontrar algún vehículo con bomba en línea, como los Mercedes 190 o 300, como se puede apreciar en la figura inferior.

Circuito de alimentación con bomba rotativa



- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. Depósito | 5. Inyector |
| 2. Bomba rotativa | 6. Filtro de combustible |
| 3. Entrada de combustible | 7. Salida de combustible |
| 4. Retorno de combustible | |

Sistema de alimentación con bomba en línea



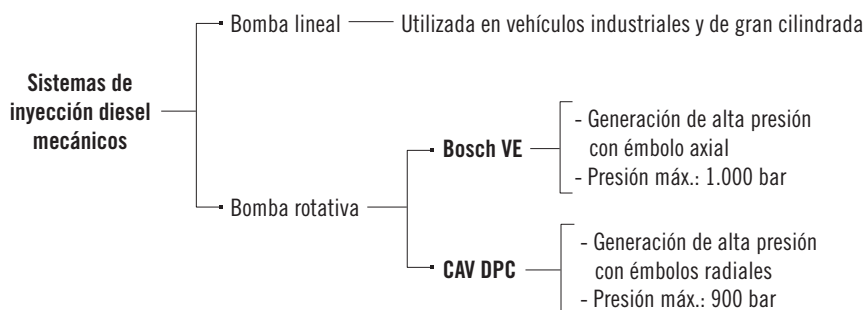
- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. Depósito | 4. Filtro de combustible |
| 2. Bomba de alimentación | 5. Inyector |
| 3. Bomba de inyección | 6. Retorno de combustible |

En cuanto a vehículo agrícola e industrial, lo más habitual es que, al ser motores de gran cubicaje, estén equipados con sistemas de inyección provistos de bombas en línea.

Los sistemas de alimentación constan de una parte de baja presión y otra de alta. Se hace necesario llevar el combustible desde el depósito hasta la bomba inyectora para que sea puesto en presión y dosificado. La función de traer el combustible desde el depósito la realiza, en los sistemas con bomba en línea, el bombín de alimentación, como puede observarse en la figura anterior. Esta función la realiza la propia bomba inyectora en sistemas con bomba rotativa.

2.1. Clasificación de los sistemas de inyección diésel mecánicos

Se puede realizar la siguiente clasificación:



En cuanto a los tipos de bombas inyectoras mecánicas, se van a estudiar las tres bombas más utilizadas en los vehículos que montan esta tecnología (hasta 1996 aproximadamente):

- Bomba de inyección en línea.
- Bomba de inyección rotativa:
 - CAV modelo DPC.
 - BOSCH modelo VE.

Combustible

El gasoil es un combustible que se obtiene de la destilación del petróleo y se encuentra en el grupo de las naftas.

Tiene un poder calorífico de unos 10.200 kcal/kg, con un punto de inflamación de unos 55°. Su densidad oscila entre 0,83 y 0,86 g/cm³. El punto de congelación de las parafinas presentes en la composición del gasoil es de unos -30 °C. En cuanto al contenido de azufre, se encuentra limitado por ley en unas 10 ppm.

Actualmente, se comercializan tres tipos de gasoil:

- **Gasóleo A:** el que utilizan todos los vehículos diesel, excepto los agrícolas.
- **Gasóleo B:** igual que el A, con la única diferencia del color (rojo), para distinguirlo fácilmente del A. Nota: el uso del gasóleo B solo está autorizado en vehículos agrícolas, al estar fuertemente subvencionado.
- **Gasóleo C:** gasoil de calefacción, no se puede utilizar en motores, al ser de menor calidad y contener un mayor número de impurezas.



Sabía que...

El índice de cetano del gasoil define la calidad del mismo. Cuanto mayor sea, menor será el retardo a la combustión. Un índice de 55 o más ya será de óptima calidad.

3. Depósito de combustible

Puede encontrarse de diferentes dimensiones, dependiendo del tamaño y espacio disponible en el interior o exterior de dicho vehículo.



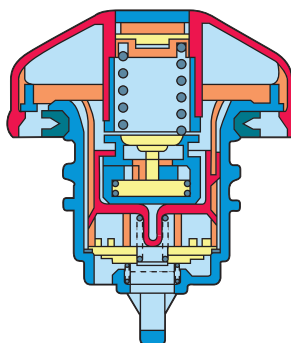
Depósito de combustible y tapón con válvula de seguridad

Dispone de una boca flexible e incluye el alojamiento para el montaje del medidor de nivel de combustible.

La válvula de seguridad se suele montar en el tapón de llenado y, según la presión existente en el depósito, lleva a cabo las siguientes funciones:

- Descargar el exceso de presión que pueda existir en el interior del depósito (función de seguridad).
- Permitir la entrada de aire en el interior del depósito, cuando, como consecuencia de la succión de salida del combustible, se cree una depresión excesiva.

Válvula de tapón



4. Bombas de alimentación, mecánica y eléctrica

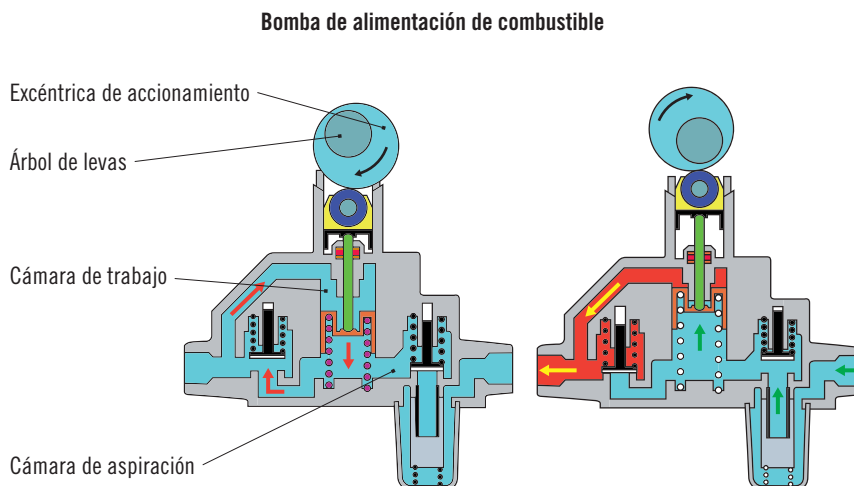
Funcionan a baja presión y son las encargadas de aspirar el combustible del depósito.



Bombin de alimentación

La bomba de alimentación del combustible, con pistón, suministra el combustible a los elementos de bombeo. Se acciona mediante una excéntrica específica del árbol de levas del motor o de la bomba inyectora en línea.

Cuando el pistón de la bomba de alimentación (bajo carga del muelle) efectúa la carrera de PMI al PMS, provoca, al mismo tiempo, en la cámara inferior del cilindro la fase de aspiración del combustible (del depósito a través del filtro) y en la cámara superior del cilindro la fase de envío de la bomba.

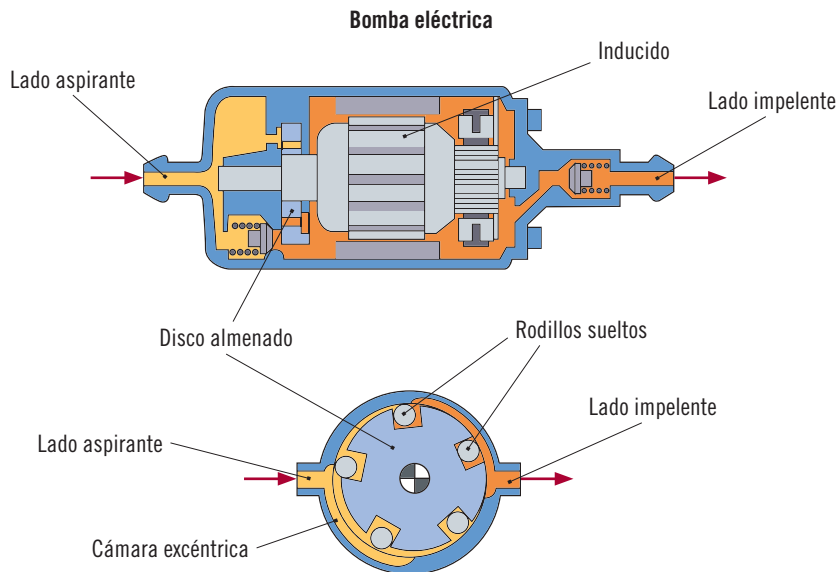


La bomba eléctrica tiene como misión alimentar a baja presión a la bomba principal. Se trata de una bomba de rodillos, con válvula de seguridad, capaz de suministrar un caudal de 160 l/h bajo una presión de 2,5 bar.



Recuerde

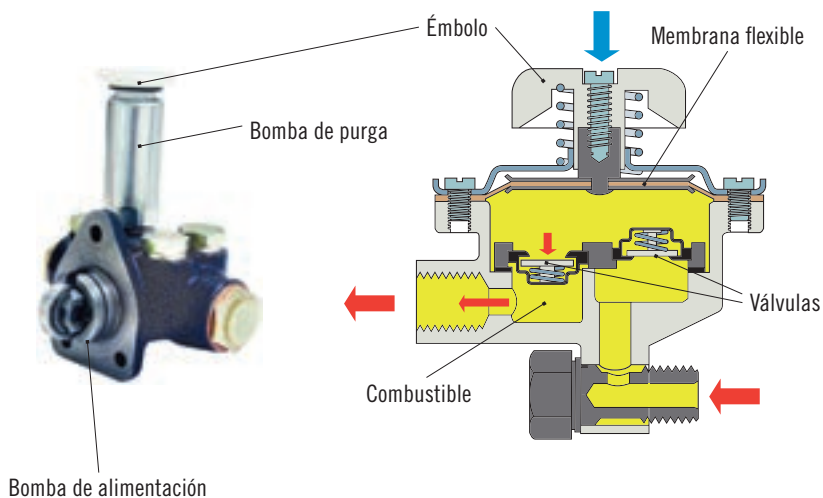
Las bombas de alimentación funcionan a baja presión y son las encargadas de aspirar el combustible del depósito.



5. Bomba de purga manual

Existen varios tipos, uno de ellos se ve esquematizado en la figura siguiente. Su misión es impulsar el combustible desde el depósito a la bomba inyectora cuando es accionado por el mecánico, teniendo abierto el tornillo de purga que, a tal fin, llevará el sistema de inyección, hasta que solo salga combustible, dándose por realizado el purgado.

Funciones de una bomba de purga manual



6. Sistemas decantadores de combustible

Los sistemas de alimentación diésel llevan incorporado en la parte inferior de los filtros un sistema de decantación de agua que, debido a su mayor densidad, queda acumulada en la parte baja. Para realizar el purgado del agua, el sistema lleva incorporado un tornillo roscado en la parte más baja, que se ha de abrir cuando se quiera realizar la evacuación del agua.

Decantadores



7. Tipos de elementos filtrantes

Los filtros de combustible tienen la misión de retener las impurezas existentes en el combustible. Los elementos filtrantes suelen ser de fieltro y de papel, con un tamaño de sus poros de 0,015 mm por término medio.

Los filtros suelen llevar un dispositivo para señalar la presencia de agua, para realizar la purga cuando corresponda.



Filtros de combustible



Nota

En algunos casos, el sistema también lleva un calefactor, para evitar la congelación del gasoil con temperaturas muy bajas.

Entre los filtros empleados en automoción, cabe señalar los siguientes:

- Filtro de combustible con placas de fieltro.
- Filtro de combustible Simms.
- Filtro sin cuerpo.
- Filtro con doble cartucho filtrante.
- Filtro con bomba de cebado incorporada.

8. Tuberías de alimentación y ensamble de estas

En cuanto a los racores de unión entre bomba e inyectores (racores de impulsión), puede verse en la siguiente figura su forma típica.



Tubos de alta presión



Nota

Las tuberías de alimentación están fabricadas en acero y su radio de curvatura no debe ser nunca inferior a 50 mm.

Algunos ejemplos de tuberías de alimentación son:

- Tubería de baja presión con trenzado.
- Tubería de baja transparente.
- Tubería de baja presión negra (poliamida).
- Tuberías de sobrante de caucho recubierto.
- Tuberías de alta presión.



Tuberías de alimentación

En cuanto a la unión de los elementos de baja presión (depósito, filtro, bomba, retorno, etc.), al ser precisamente de baja presión, se suelen utilizar tuberías flexibles de materiales plásticos, compatibles con el combustible con protecciones mecánicas y térmicas.

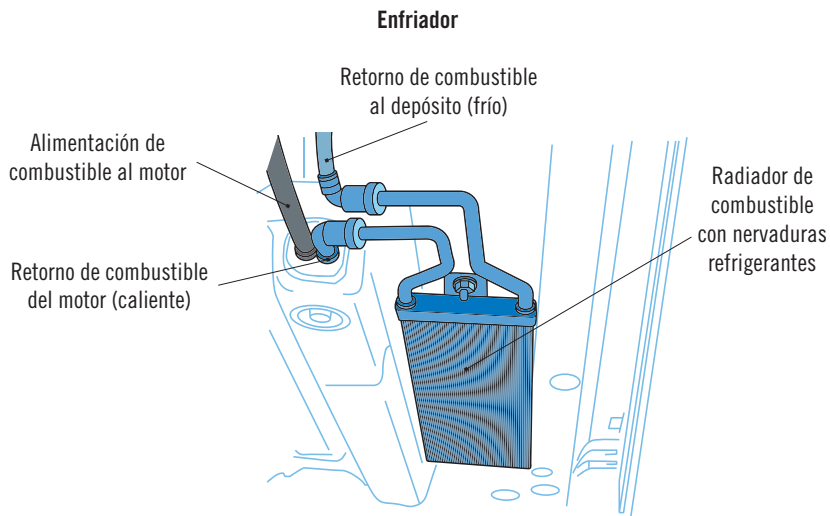
El ensamblaje de tuberías en los sistemas diésel es muy variado, pudiendo distinguir entre bridas de sujeción, empalmes y racores.



Bridas de sujeción

9. Enfriadores en el retorno

En algunos vehículos, se hace necesario refrigerar el combustible en su camino de retorno para proteger el depósito y el aforador de las altas temperaturas alcanzadas al ser comprimido. Esta función la lleva a cabo el enfriador de combustible, que puede ubicarse en los bajos o en el frontal del vehículo.



Nota

El enfriador es un intercambiador térmico del tipo líquido/aire.

9.1. Aplicación práctica sobre revisión periódica en un vehículo

Debe usted efectuar una revisión periódica en un vehículo Peugeot 406. Este trabajo incluye la sustitución de los filtros de aire y de combustible.

¿Cómo se debería proceder?

Solución

Mantenimiento del sistema de inyección

Se trata de todos aquellos trabajos que se han de realizar periódicamente en el sistema de inyección diésel:

1. Sustitución de filtros de aire y de combustible

Preparar una cubeta limpia y los útiles de limpieza normales.

Como norma general, marcar todo lo que sea susceptible de poder ser montado con falta de precisión o en posición incorrecta.

Desmontar los elementos filtrantes según el vehículo correspondiente y sustituirlos por otros equivalentes.



Sabía que...

Los filtros se suelen sustituir cada 20.000 km, pero algunos fabricantes alargan su mantenimiento a los 40.000 km.

Al sustituir el filtro de combustible en los motores diésel, es muy posible que el siguiente arranque se demore, pues tiene que purgarse de aire. Las bombas rotativas son autopurgantes; en cambio, los circuitos con bombas en línea necesitan ser purgados.

2. Purgado de aire del circuito y de agua en el filtro

Los motores diésel no arrancan si en su circuito de combustible existe la más mínima cantidad de aire. Al abrir el circuito para sustituir el filtro de combustible, como es lógico, entra al circuito aire que ha de ser eliminado. En las bombas rotativas se realiza automáticamente al accionar el motor de arranque de forma repetida; en cambio, en las antiguas bombas en línea, el purgado de aire es necesario que lo realice el mecánico después de cambiar el filtro. El purgado consiste en la práctica en hacer circular el combustible, con el motor parado, por medio de una bomba manual, quitando previamente un tornillo que para este fin que lleva la propia bomba. También se puede realizar soltando los tubos de los inyectores y accionando el motor de arranque.



Consejo

Es muy recomendable realizar la eliminación del agua condensada en los soportes de los filtros, abriendo un tornillo que con este fin llevan los soportes de los filtros en su parte baja.

3. Ausencia de fugas de combustible y aireación del depósito

Comprobar que no existen pérdidas de combustible en los conductos de baja presión, en los de alta ni en el circuito de sobrantes. Si procede, se debe realizar la operación correcta de reparación. En cuanto al depósito, se debe comprobar que es estanco y que mantiene correctamente su sistema de aireación. Normalmente va presurizado y una válvula abre cuando la presión supera el valor de tarado, poniendo el depósito a presión atmosférica.

Después de circular varios kilómetros con el vehículo, al abrir el tapón, se debe escuchar el sonido de despresurización característico. De no ser así o en caso de sospechar que la avería puede estar en este elemento, se comprobará con una bomba de presión/depresión.

10. Bombas rotativas

En cuanto a las bombas rotativas, hay que conocer que se montan en motores diésel de hasta 2,5 litros de cilindrada.

Las bombas rotativas mecánicas se han utilizado en motores hasta el año 1997 aproximadamente. A partir de estas fechas, se empezó a generalizar la utilización de gestiones electrónicas asociadas a las bombas mecánicas, modificadas adecuadamente.

10.1. Tipos principales

Bombas rotativas mecánicas pueden encontrarse de dos marcas distintas, montadas incluso en motores iguales.

El funcionamiento de estos dos modelos de bombas inyectoras está bastante diferenciado, pero, a pesar de ello, ambas bombas son excelentes desde el punto de vista de eficacia y durabilidad, superando la vida de los motores en los que se encuentran montadas. Estas dos marcas son la alemana BOSCH y la inglesa CAV.



Bomba Bosch



Importante

Antes de comenzar cualquier tipo de trabajo de taller, hay que tomar todas las medidas de seguridad personales (guantes, gafas, botas, etc.).

10.2. Bomba rotativa CAV. Características y sistemas auxiliares

Esta bomba se caracteriza por su reducido tamaño. Es del tipo distribuidor rotativo y, al contrario de las bombas en línea, no requiere ningún sistema de lubricación anexo, pues se efectúa por el mismo gasóleo.

Consta de un elemento de bombeo, compuesto de dos pistones opuestos, incorporados al rotor distribuidor.



Bomba rotativa CAV

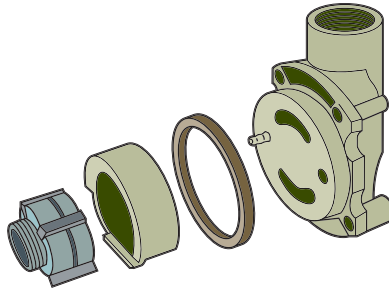
Sus características son:

- Un solo elemento de bombeo para todos los cilindros.
- Entrega de combustible en orden correlativo.
- Compacta y poco ruidosa, con posibilidad de girar a mayor rpm.

Descripción

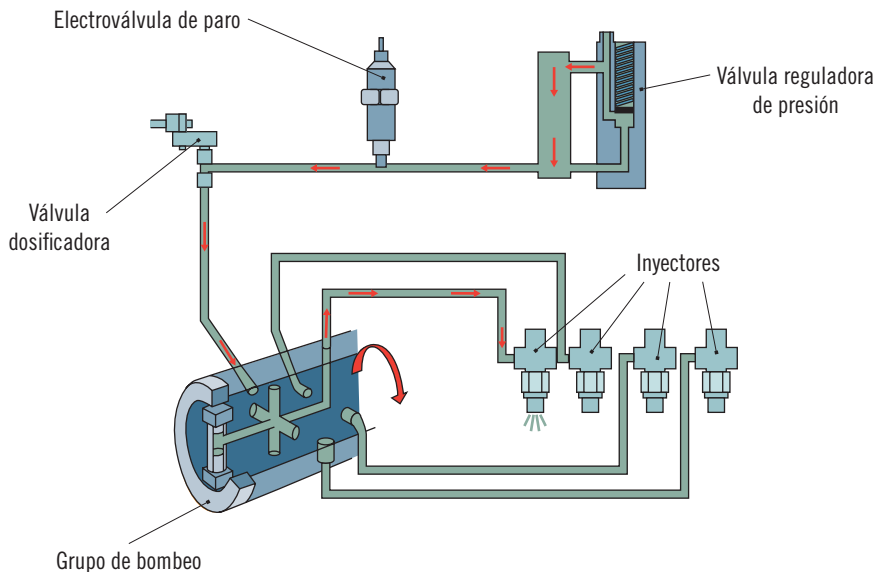
La bomba CAV dispone de una bomba de transferencia que aspira el combustible desde el depósito hacia el interior del cuerpo de bomba, también llamada bomba de paletas. Su ubicación en la bomba está en la parte de entrada de gasoil y es accionada por el eje del rotor. Gira en el interior de la excéntrica.

Bomba de transferencia



La presión con la que el gasoil se encuentra en el interior de la bomba (presión de transferencia) es regulada por la válvula reguladora de presión, pasando hacia el cuerpo de bombeo, previo paso por la electroválvula de paro y en cantidad que permita la posición de la válvula dosificadora, que es accionada por el acelerador. De aquí el gasoil pasará al grupo de bombeo, para que sea puesto en presión gracias a la posición de los pistones y al anillo de levas, dirigiéndose ya comprimido a la salida correspondiente y de aquí al inyector.

Esquema bomba CAV





Recuerde

La bomba CAV dispone de una bomba de transferencia que aspira el combustible desde el depósito hacia el interior del cuerpo de bomba, también llamada bomba de paletas.



Aplicación práctica

Un cliente habitual del taller comenta que, desde que se le realizó la sustitución de una transmisión al vehículo, le cuesta arrancar más de lo normal y da como tirones en ocasiones. Se trata de un Renault 19, con bomba mecánica CAV modelo DPC.

Es posible que al soltar algún taco de motor se haya movido alguna tubería de combustible ¿Qué comprobaciones realizaría?

SOLUCIÓN

Comprobación de entradas de aire en el circuito.

Uno de los principales focos de averías de los motores son las entradas de aire y fugas de combustible, en algunos casos difíciles de localizar. Se van a ver una serie de procedimientos a seguir para localizar la avería. La reparación, normalmente, no requiere mayor complicación.

Tubo transparente. Sustituir el tubo de entrada y el de salida de la bomba inyectora, por otros de iguales características, pero transparentes, arrancar el motor y observar la circulación de gasoil. En ningún caso deben existir burbujas de aire, ni en funcionamiento ni en reposo.

Para eliminar posibles causas, se puede hacer funcionar el motor alimentando la bomba inyectora desde una lata o depósito en posición elevada.

10.3. Principio de funcionamiento de bomba CAV

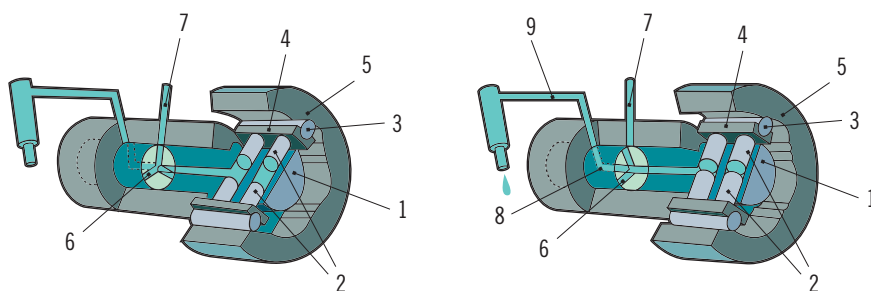
La válvula dosificadora es accionada indirectamente por el pedal del acelerador del vehículo. Como es sabido, los motores diésel aspiran todo el aire

que son capaces durante la admisión y el dosificado de combustible se realiza al acelerar, modificando la posición de la válvula dosificadora, entrando más o menos combustible a ser comprimido y enviado por los tubos a ser inyectado.

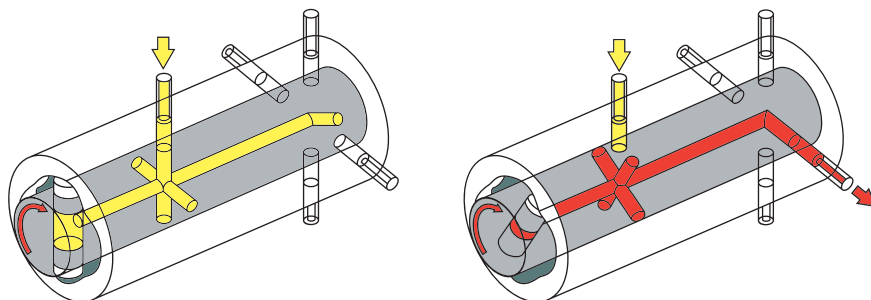
Funcionamiento

El conjunto rotor-distribuidor es la parte fundamental de la bomba de inyección. El elemento de bombeo está compuesto por los pistones (2), que se desplazan en este caso por parejas con movimiento opuesto, radialmente al anillo de levas (5), que permanece estático. El rotor, al girar, mueve los rodillos (3) y zapatas que encuentran las levas en su giro, presionando todo el conjunto (zapatas-rodillos-pistones) al gasoil que se encuentra en su interior que, en su movimiento, encuentra una de las salidas hacia los inyectores (8). Por el conducto (7), entra el gasoil al cabezal hidráulico a la presión de transferencia, cuando coincide con el orificio de alimentación (6).

Cabezal hidráulico



Detalle de funcionamiento del cabezal hidráulico



La marca CAV tiene varios modelos (DPA, DPC, DPS, etc.) más o menos sofisticados, dependiendo del año de fabricación y requerimientos de esta época en cuanto a rendimiento y contaminación.



Nota

La entrada de combustible precedente del filtro en las bombas CAV siempre es por la parte trasera, es decir, por la parte de salida de combustible hacia los tubos y los inyectores.

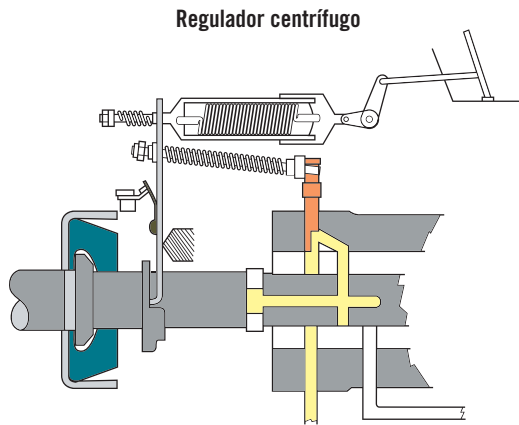
En los primeros modelos, incluso el paro del motor se realizaba por medio de un cable o varilla. Posteriormente, se montó la electroválvula, que cortaba el paso de combustible al cabezal hidráulico, al no estar alimentada eléctricamente.



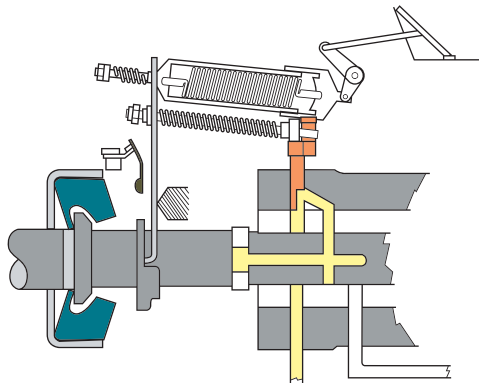
Vista real del cabezal

Regulador

Al mencionar anteriormente que la válvula dosificadora es indirectamente accionada por el acelerador, se ha querido referir que se acelera sobre un muelle, que forma parte del regulador.



Regulador centrífugo en fase de aceleración

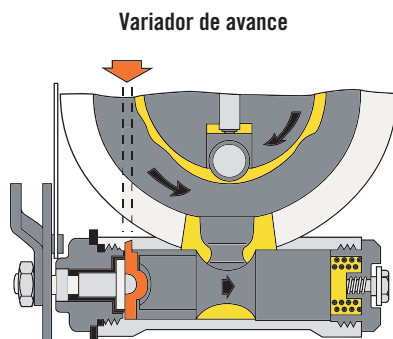


Básicamente, el regulador funciona bajo la acción de la fuerza centrífuga: al girar el eje de la bomba se abren más las contrapesas cuanto mayores sean las revoluciones. Este giro hace que el manguito deslizante se desplace y actúe sobre el muelle de aceleración y, por lo tanto, sobre la válvula dosificadora.

Para ir concretando, el regulador evitará una subida excesiva de revoluciones (régimen crítico), actuando el muelle de aceleración y la válvula dosificadora. De igual manera, si para unas revoluciones bajas se aumenta la carga resistente sobre el motor (pendiente, aire acondicionado, dirección asistida, etc.) podría llegar a calarse; para evitar esto, el regulador y sus juegos de palancas modificarán la posición de la válvula dosificadora en sentido de más caudal, evitando el calado.

Variador de avance

Otra función que debe ejercer la bomba es regular angularmente el momento de inyección, es decir, adaptar el comienzo de la inyección según revoluciones por minuto, temperatura y carga del motor.

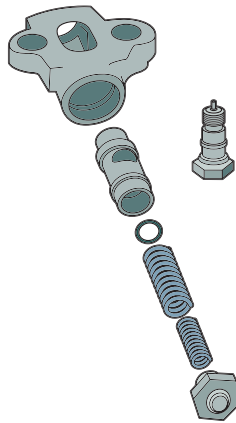


Nota

Normalmente, la fase de inyección puede variar su inicio de unos 15 hasta unos 5 °C antes del punto muerto superior (PMS).

El variador de avance en las bombas inyectoras CAV consiste en un pistón que recibe por una de sus caras la presión de transferencia y que trabaja contra un muelle de carga. El pistón lleva engarzada una rótula roscada sobre el anillo de levas, es decir, que el pistón, al moverse, mueve el anillo de levas, girando este un cierto ángulo (unos 10°) en sentido contrario al giro del rotor y de los pistones de bombeo. El efecto logrado es que, al subir las revoluciones del motor, aumenta la presión de transferencia, empujando con más fuerza al pistón del variador, venciendo la fuerza del muelle y desplazando el anillo de levas en sentido de adelanto, con lo cual se adelanta todo el proceso de elevación de presión y, por tanto, de inyección.

Vista en despiece del variador de avance



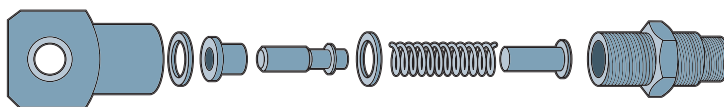
Nota

La bomba inyectora está compuesta también por rodamientos, juntas tóricas y bridas de anclaje, que hacen posible su funcionamiento.

Válvulas de impulsión

También cabe destacar las válvulas de impulsión del gasoil hacia los tubos de los inyectores, compuestas por un muelle y un vástago cónico, cuya misión es que en el interior de los tubos de acero que van hacia los inyectores se mantenga una cierta presión remanente (50 bar), para que la bomba tenga una presión de partida.

Válvula de impulsión



Dispositivos de adaptación

En su modelo DPC, al ser más actual, la bomba está equipada con una serie de dispositivos que mejoran su funcionamiento:

- Dispositivo de sobrecarga.
- Avance de carga ligera (mecánico y comandado eléctricamente).
- Corrector de sobrealimentación (si procede).
- Sobreavance (manual, hidráulico o eléctrico).
- Contactor postcalentado.
- Amortiguador de la palanca de acelerador.

Las bombas inyectoras no son mecanismos que se reparen en los talleres convencionales de automóviles, principalmente por dos motivos:

1. Debido a su complejidad y ajuste de su mecanismo, se requieren unas instalaciones especiales. Son reparadas en los laboratorios diésel.
2. Sus averías son escasas, siendo elementos de gran fiabilidad.



Sabía que...

A estos motivos, se les suma que dejan de montarse en los vehículos diésel a partir del año 1998 aproximadamente.

10.4. Características y sistemas auxiliares (Bosch)

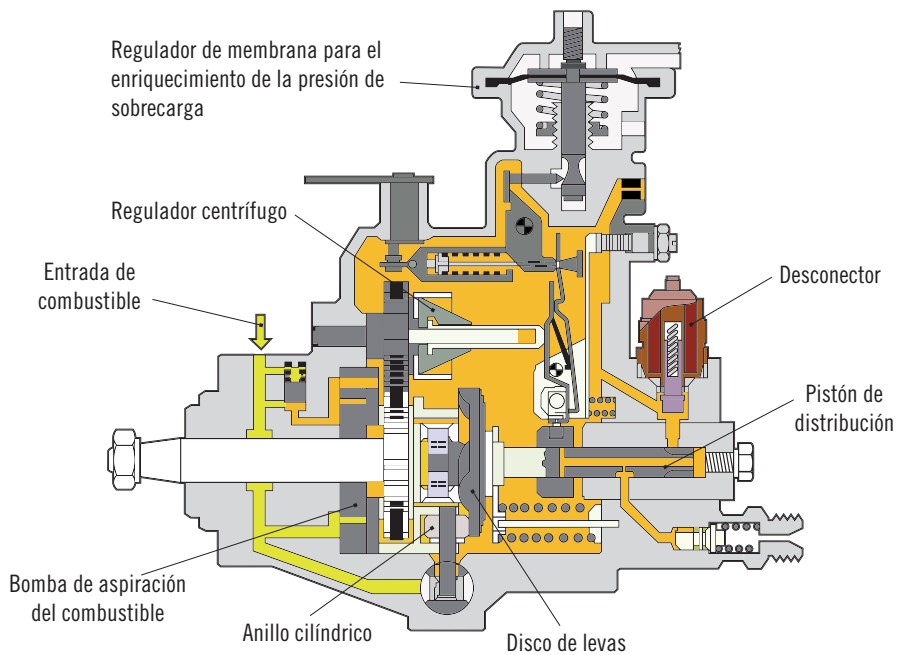
Junto con CAV, la Bosch es la bomba rotativa más utilizada en los vehículos de hasta 2,5 litros de cilindrada y comparte con ella muchas de sus características principales:

- Bomba compacta.
- Capacidad de alcanzar gran número de revoluciones.

- Gran fiabilidad.
- Posibilidad de adaptación a gestiones electrónicas.
- Lubricación por el propio combustible.

Desde el punto de vista puramente práctico, la primera diferencia que se encuentra es que la tubería de entrada del gasoil es la más cercana a la polea de arrastre, mientras que la del sobrante es la trasera.

Vista fantasma bomba Bosch VE



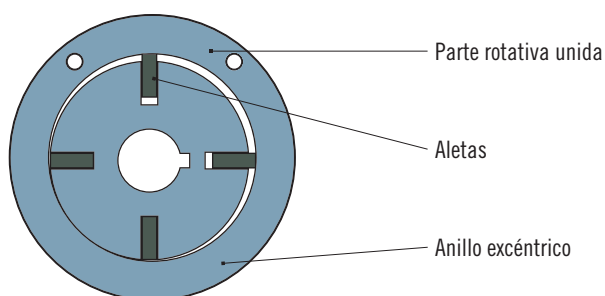
Nota

Esta bomba podría llegar a desarrollar una presión de 900 bar en el inyector y funciona con una presión interna o de transferencia de 8 bar, generada por la bomba de transferencia.

Bomba de baja presión

El rotor va unido al eje principal mediante una claveta. La presión que suministra la bomba aumenta con las revoluciones del motor y la válvula reguladora se encuentra tarada a 8 bar. Cuando la presión supera los 8 bar, la válvula reguladora abre y una parte del gasoil es nuevamente aspirado por la bomba de transferencia.

Bomba de transferencia Bosch V



Alimentación a alta presión

Por medio del disco de levas, el movimiento giratorio del eje de la bomba es transformado en movimiento axial y giratorio del émbolo que genera la alta presión. Este está unido al eje de levas, mientras que el plato de rodillos permanece estático (un pequeño desplazamiento de unos 12° para el avance).

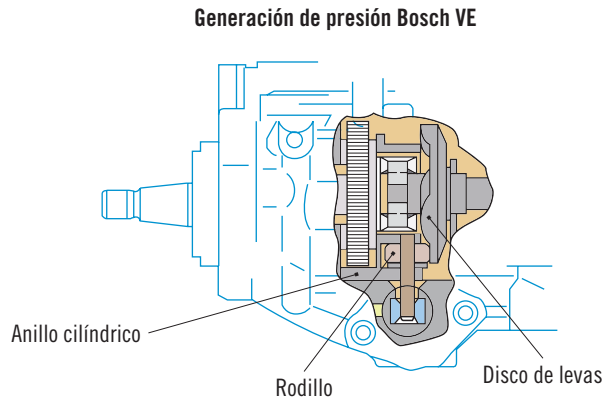


Nota

El émbolo de alta presión tiene dos movimientos:

- Movimiento giratorio, para distribuir el combustible.
- Movimiento axial, para comprimir el combustible.

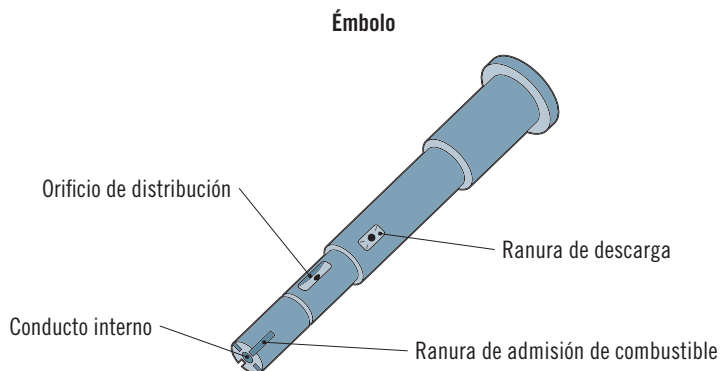
Los muelles permiten que el émbolo de alta presión retorne de forma rápida desde el PMS al PMI, cuando la leva ya ha pasado por encima del rodillo. En este momento, finalizará la inyección en el cilindro correspondiente.



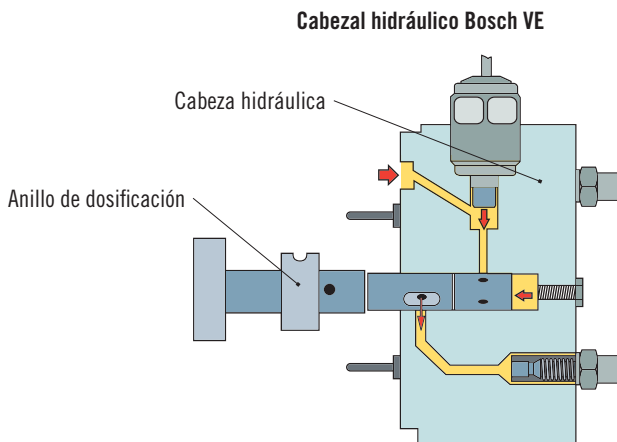
Descripción del émbolo de alta presión

En el émbolo se pueden distinguir (figura siguiente) las siguientes ranuras y orificios:

- **Ranura de admisión de combustible:** al ir girando el émbolo cuando coincide con el canal de entrada de la cabeza distribuidora, introduce el combustible en la cámara de compresión a presión de transferencia.
- **Conducto interno:** comunica desde la cámara de compresión al interior del émbolo, para que llegue hasta el orificio de distribución y ranura de descarga.
- **Orificio de distribución:** cuando coincide con un canal de salida del cuerpo distribuidor hacia un inyector, envía hacia este el combustible a presión de inyección.
- **Ranura de descarga:** cuando es destapada por la corredora de regulación, determina el final de la inyección.



En la figura siguiente, se puede observar cómo el combustible entra por la cabeza hidráulica y, cuando coincide con un orificio de admisión, el gasoil entrará en la cámara de compresión, para ser comprimido con el movimiento axial del émbolo hasta que encuentre una salida el orificio de distribución en su movimiento giratorio. La corredora de regulación (o anillo de dosificación), dirigida indirectamente por el pedal del acelerador, determina el final de la inyección, al descubrir el orificio de descarga.



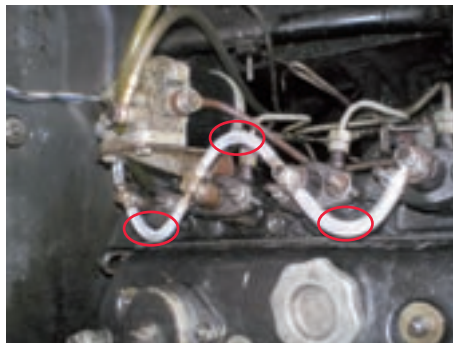


Aplicación práctica

Una cliente del taller comunica que, cuando circula con su automóvil, un Renault Clío del año 97 con inyección mecánica, le parece que huele a combustible. Rafael, que realiza prácticas en el taller, levanta el capot y verifica que existe una fuga por un sobrante de inyector. ¿Cómo se repararía?

SOLUCIÓN

1. Reparar fuga de combustible por los sobrantes.
2. Cortar el trozo deteriorado, con tijera o cuchilla adecuada.



Ubicación sobrante de inyector

3. Medir el trozo necesario y cortar.



Trozo de tubería de sobrante

4. Montar en los inyectores correspondientes.

10.5. Principio de funcionamiento de las Bosch VE

A continuación, pasa a estudiarse el principio de funcionamiento de esta bomba.

Dosificación de combustible

La dosificación del combustible se realizará en base a las siguientes fases:



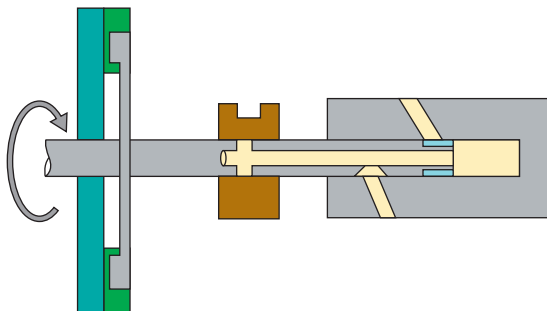
Recuerde

Junto con CAV, la Bosch es la bomba rotativa más utilizada en los vehículos de hasta 2,5 litros de cilindrada.

1ª fase

La cámara se llena de gasoil, al igual que la ranura del émbolo, hasta el orificio de descarga, que se encuentra cerrado por la corredera de regulación. El émbolo se encuentra en PMI, al no estar en contacto las levas con el rodillo.

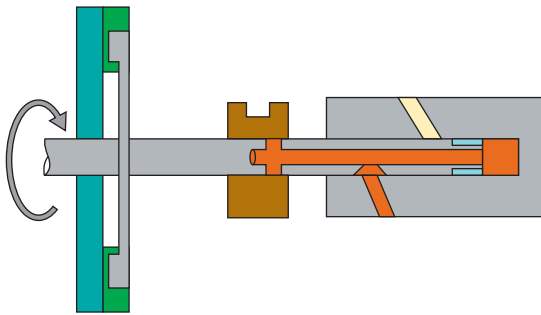
Fase de llenado



2ª fase

El émbolo se desplaza axialmente desde el PMI al PMS y también gira. El desplazamiento axial provoca el cierre del orificio de entrada y comprime el combustible. El giro produce que la ranura de alimentación se encare con el canal de salida hasta el inyector.

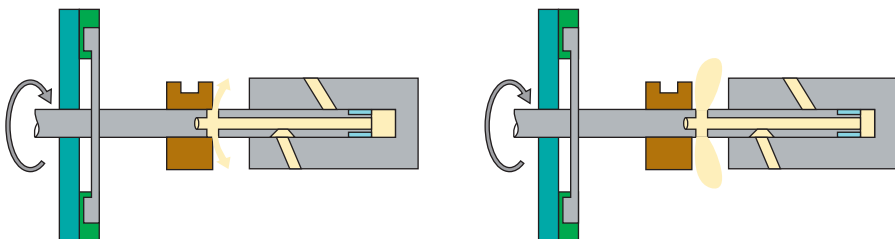
Compresión de combustible



3ª fase

Cuando el orificio de descarga supera la posición de la corredera de regulación, finalizará la inyección.

Final inyección





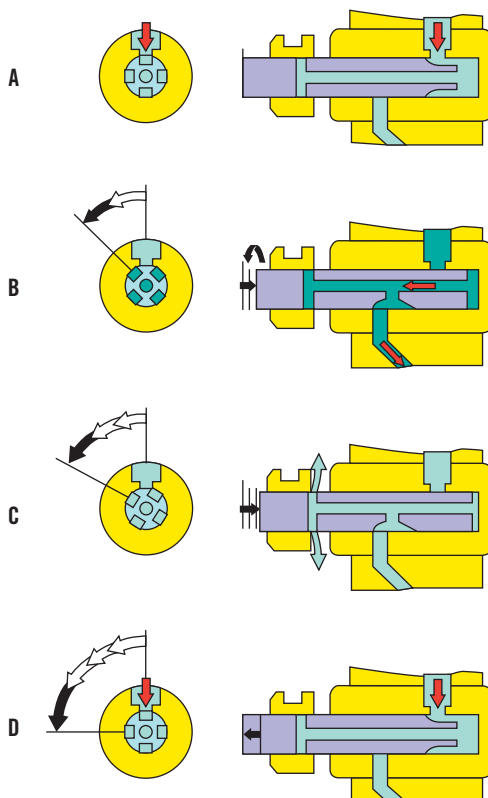
Nota

La longitud de la carrera del émbolo siempre es la misma, lo que varía es la carrera útil.

Regulación del caudal

El conductor, al acelerar, transmite la petición de carga hasta la corredera de regulación. La posición que ocupe esta determinará el caudal a inyectar, al modificar la carrera útil.

Caudal inyectado



Regulador centrífugo

Tiene que realizar tres funciones:

- Mantener estable el régimen de ralentí.
- Estabilizar las cargas medias, cuando la posición del acelerador es estable.
- Limitar el régimen máximo de giro del motor.



Vista de un regulador centrífugo

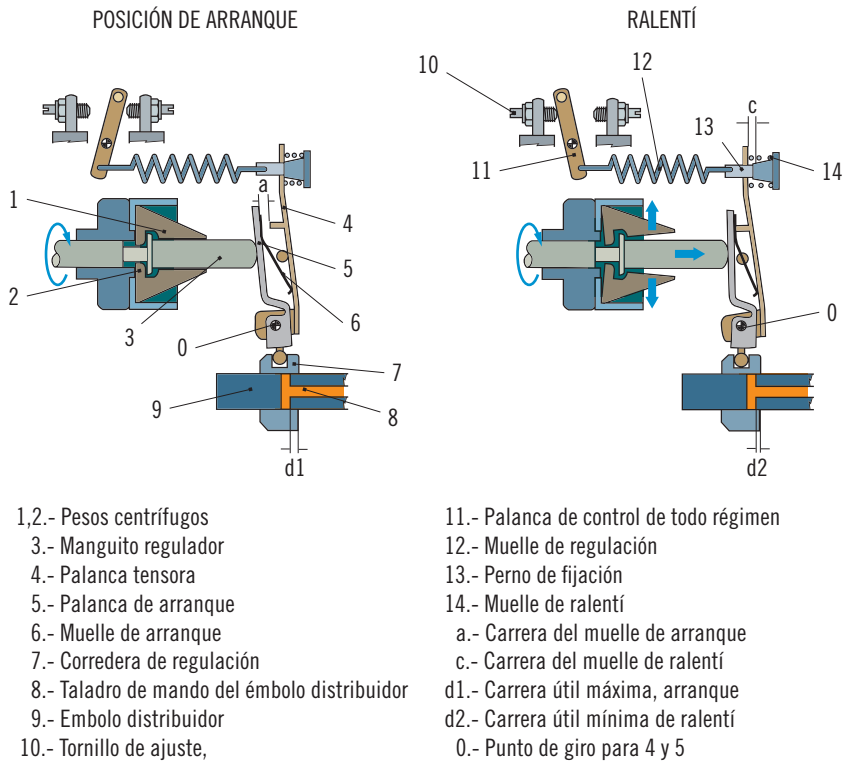
Funcionamiento del regulador

Al pisar el acelerador, la palanca del acelerador acciona la palanca de regulación a través de la fuerza del muelle intermedio, desplazando así la corredera de regulación y moviendo hacia atrás el manguito de regulación y las masas centrífugas.

Cuando el motor alcanza el régimen solicitado por la posición del acelerador, las masas centrífugas hacen una fuerza proporcional al régimen del motor, de forma que empujan al manguito de regulación y este al conjunto de palanca, venciendo la fuerza del muelle intermedio, retrasando la corredera de regulación, de manera que disminuye el caudal inyectado y el motor tendería a bajar de revoluciones.

Al bajar de vueltas, las masas centrífugas del regulador se cierran un poco, produciendo un aumento ligero del régimen. En definitiva, se produce un equilibrio en el régimen motor para una posición estable.

Funcionamiento de un regulador centrífugo en una bomba VE



Nota

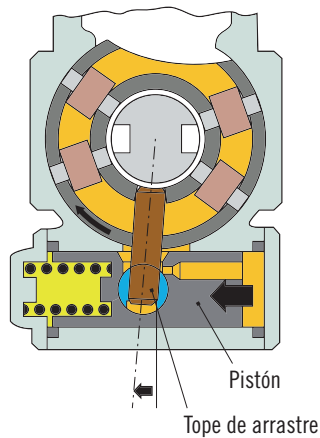
También se encargará de limitar el régimen máximo de giro, ya que, al llegar a esas condiciones, el regulador es capaz de llevar a la corredera de regulación al caudal mínimo, venciendo la fuerza de las contrapesas a la fuerza del muelle intermedio.

Variador de avance

Para obtener una potencia óptima, la inyección ha de alcanzar al pistón en una determinada posición. A medida que aumenta el régimen, debe adelantarse el comienzo de la inyección para compensar los retrasos de inflamación que se producen en el motor. Al igual que en todas las bombas, esta misión la realiza el variador de avance, que es muy parecido al explicado para las bombas CAV.

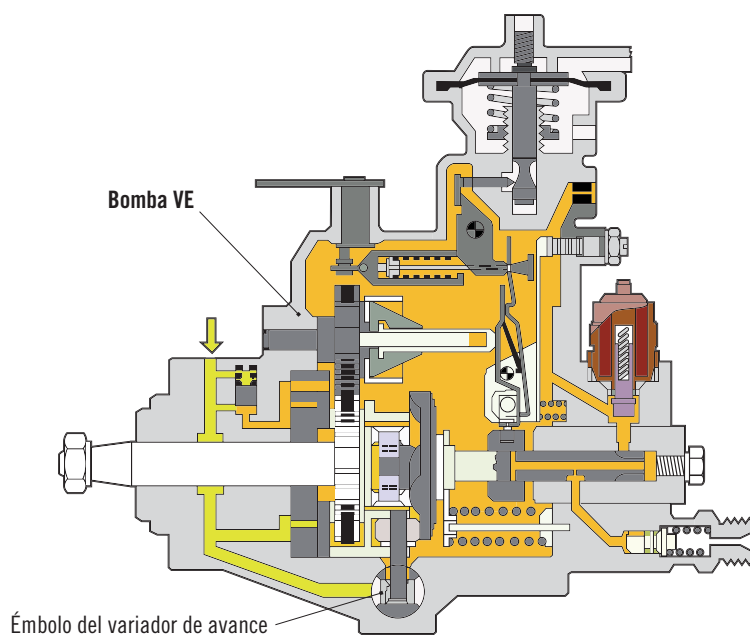
En este caso, el pistón puede desplazar un cierto ángulo al plato de rodillos.

Detalle del variador de avance



Por un orificio, llega el combustible a la presión de transferencia, actuando sobre la cara del émbolo en contra de la fuerza del muelle. Cuando se vence la fuerza del muelle, el perno que une el émbolo y el plato de rodillos se desplaza, haciendo girar unos 12° como máximo el plato de rodillos, encontrando antes las levas. De esta forma, se adelantará todo el proceso de inyección.

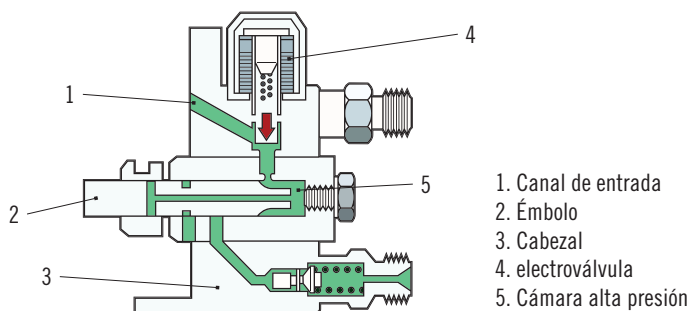
Ubicación del variador de avance



Dispositivo de parada del motor

Se trata de una electroválvula que cierra la entrada de combustible a la cámara de alta presión cuando desaparece la corriente de su bobina.

Electroválvula de paro



Otros dispositivos

La bomba Bosch VE puede ir equipada con una serie de dispositivos adicionales que mejoran en general su funcionamiento y, por lo tanto, el del motor:

- **LDA:** control del caudal de alimentación, según la presión de carga de inicio de la alimentación al estado de carga para evitar ruidos.
- **ADA:** tope de plena carga según la posición atmosférica. Controla el caudal de alimentación de acuerdo con la presión atmosférica.
- **KSB:** acelerador de arranque en frío. Mejora el comportamiento de arranque en frío, modificando el comienzo de la inyección.

10.6. Calado de los distintos tipos

En los motores diesel, es necesario efectuar la puesta en fase de la bomba por un procedimiento como el siguiente:

1. Montar el reloj comparador en la bomba con su soporte adecuado en contacto con el émbolo de la bomba.
2. Hacer girar el motor en dirección contraria a su giro normal, hasta que el comparador indique el PMI de la bomba.



Vista de un regulador centrífugo

3. En esta posición, ajustar el comparador.



Vista de un regulador centrífugoMedición de la carrera del émbolo con comparador

4. Hacer girar el motor hasta que el émbolo del cilindro nº 1 alcance su punto muerto superior. En esta condición, el reloj comparador ha tenido que marcar la carrera correcta del émbolo de la bomba.
5. De no ser así, se moverá la bomba en su corredera hasta alcanzar la carrera correcta.



Corrección del punto de inyección



Aplicación práctica

Un cliente se queja de que, en otro taller, le sustituyeron la correa de distribución de su Ford Mondeo del año 98 y, desde entonces, el motor va como más brusco y hace más ruido. Su jefe de taller le explica que será necesario ajustar el punto de inyección, para lo cual, ¿de qué forma procederá?

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

SOLUCIÓN

En los motores diesel, es necesario efectuar la puesta en fase de la bomba por un procedimiento como el siguiente:

1. Montar el reloj comparador en la bomba con su soporte adecuado en contacto con el émbolo de la bomba.
2. Hacer girar el motor en dirección contraria a su giro normal, hasta que el comparador indique el PMI de la bomba.



Giro manual del motor

3. En esta posición, ajustar el comparador.



Medición de la carrera del émbolo con comparador

4. Hacer girar el motor hasta que el émbolo del cilindro nº 1 alcance su punto muerto superior. En esta condición, el reloj comparador ha tenido que marcar la carrera correcta del émbolo de la bomba.
5. De no ser así, se moverá la bomba en su corredera hasta alcanzar la carrera correcta.
6. Con una lámpara estroboscópica diesel, comprobar el avance dinámico.

10.7. Bombas rotativas con control electrónico

Las bombas rotativas estudiadas anteriormente (Bosch VE y las CAV) han sido mejoradas con la incorporación de sistemas de control electrónico. En Bosch, a la gestión electrónica de la inyección diésel se le llama EDC y se trata de una evolución de la bomba mecánica, en la cual se sustituye el regulador mecánico por un posicionador eléctrico accionado por una unidad de control (UCE), con información de posición. También en el interior de la bomba, se monta una NTC, para informar de la temperatura del gasoil.

A diferencia de la versión anterior, la bomba VE con regulación electrónica diésel utiliza tecnología informática para controlar el reglaje y el caudal de inyección.

El caudal de inyección es controlado por un actuador eléctrico, que opera sobre el collarín de control y cuya posición es controlada por el sensor del regulador de caudal de inyección, lo que permite un control en bucle cerrado.

El reglaje del punto de inyección es controlado por una electroválvula de reglaje a la inyección, que regula la presión de control que opera sobre el actuador de reglaje. El actuador de reglaje varía la posición del plato de rodillos.

Un módulo de control utiliza las señales del sensor del acelerador junto con la información de otros sensores del motor para controlar el reglaje y el caudal de inyección.



Bosch VP44



Nota

Para garantizar que el motor pueda parar en caso de fallo, se mantiene la electroválvula de corte del combustible.

La casa inglesa evoluciona su bomba CAV a un sistema de mayor complejidad llamado EPIC.



Bomba con gestión electrónica CAV (EPIC)



Aplicación práctica

Un cliente llega al taller con un vehículo Citroën Xantia con bomba Bosch VE y comenta que, al retirar la llave del contacto, el motor no se para. ¿Qué pruebas realizaría?

SOLUCIÓN

Comprobación de la electroválvula de paro:

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

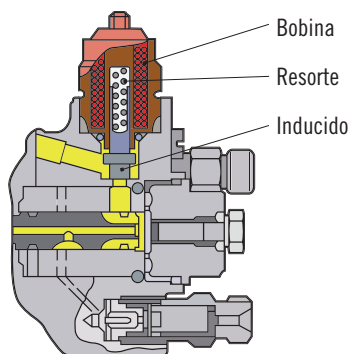
1. Desmontar la electroválvula de paro de la bomba inyectora.



Electroválvula desmontada

2. Comprobar su resistencia interna y su aislamiento de masa.
3. Realizar una prueba de accionamiento.

Electroválvula de paro



4. Montar la electroválvula de paro.

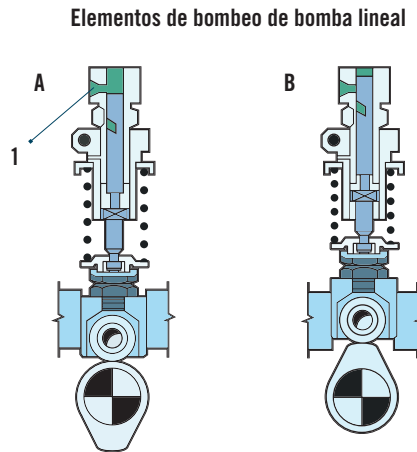
11. Bombas en línea

La bomba de inyección en línea, actualmente, solo se utiliza en vehículos industriales. Está formada por una serie de elementos de bombeo de pistón, cuyo número es equivalente al número de cilindros del motor, reunidos en un grupo único, y se caracteriza por una gran duración, precisión y constancia de regulación con el paso del tiempo.

11.1. Características y sistemas auxiliares

Los elementos de bombeo son accionados por medio de un eje de levas. La regulación del caudal del combustible se consigue a través de las rampas de los pistones, según el principio de hacer fluir de la bomba al depósito de alimentación una parte del combustible desplazado por el pistón de bombeo.

Hacia la mitad del cuerpo de la bomba, hay unos alojamientos de desplazamiento de los empujadores de rodillo, con tornillo de reglaje y tuerca de bloqueo.



En la figura (A), la leva no acciona al empujador y el pistón se encuentra en el PMI, la cámara se llena de gasoil por la lumbrera (1).

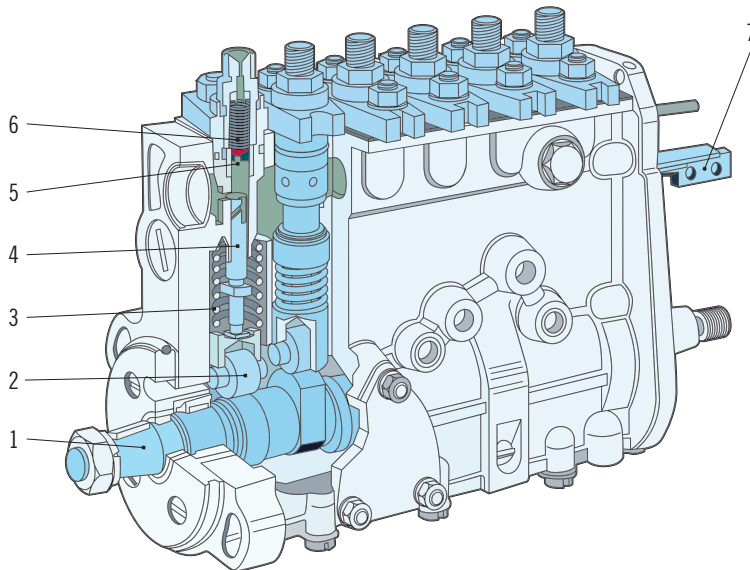
En la figura (B), la leva levanta al taque de rodillo y este al pistón de bombeo que, al cerrar la lumbrera (1), comprimirá al gasoil hasta alcanzar la presión de inyección.

Descripción

La bomba inyectora es accionada por el sistema de distribución girando a la mitad de revoluciones que el cigüeñal. El accionamiento se transmite al eje de levas (1), que, en su giro, hace elevarse al empujador de rodillo (2), venciendo la resistencia del muelle (3) y elevando el pistón de bombeo (4), que elevará

la presión del gasoil hasta su salida por la válvula de envío (5), después de levantar el pistón de la válvula de impulsión (6).

Descripción de bomba en línea



En (7), puede observarse la barra que mueve a la cremallera de regulación que moverá el pistón de bombeo.



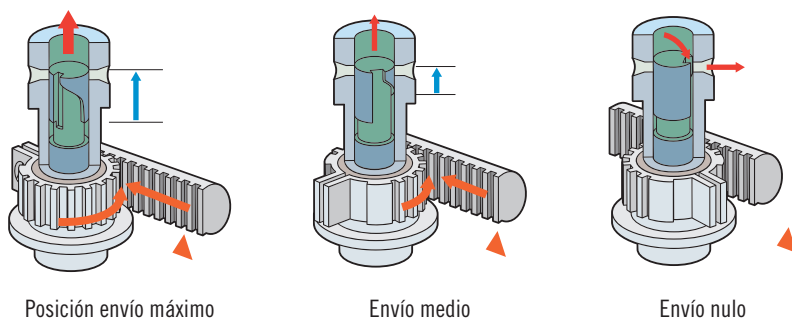
Recuerde

La bomba en línea consta de tantos elementos como cilindros tenga el motor.

11.2. Principio de funcionamiento

El pistón de impulsión, en su parte superior, tiene labrados una ranura y un corte helicoidal (hélice) que, dependiendo de la posición en que se encuentre (carga del acelerador), en su subida hará de su carrera útil la cantidad a inyectar (dosificación de combustible).

Dosificación en las bombas lineales



Nota

La carrera de elevación siempre es la misma, pero la carrera útil la determina la posición de la cremallera.

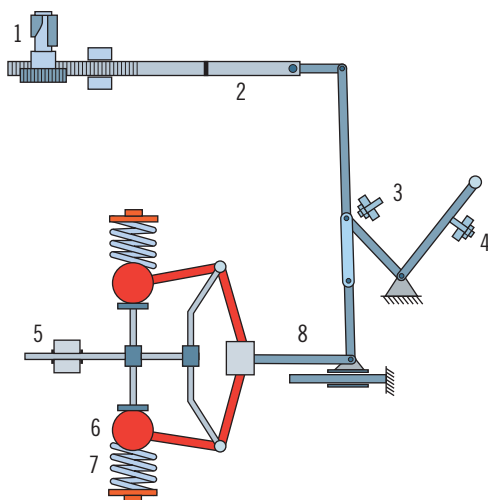
Regulador centrífugo

En los motores diésel, excepto en los que tienen regulador de vacío, no hay mariposa de gases que sirva para regular la carga y, por lo tanto, se acelera sobre la propia bomba inyectora, en concreto sobre la barra de cremallera (figura anterior). Por este motivo, los sistemas de inyección diésel mecánicos deben estar provistos de un regulador del número de rpm máximas y mínimas. Su función, en cualquier caso, consistirá en evitar que el motor pueda alcanzar unas

revoluciones máximas por encima de las permitidas y, al igual, que no baje de unas mínimas, lo que produciría el calado (falta de carga o exceso de la misma).

Un ejemplo de regulador centrífugo puede verse en la figura en su esquema simplificado (figura siguiente). Puede observarse cómo al árbol de levas de la bomba (5) se le ha acoplado la parte de las contrapesas (6), posicionadas por los muelles (7), que, al girar, tenderán a abrirse debido a la fuerza centrífuga. Este movimiento de palancas afectará a la barra de cremallera (2), modificando su posición en caso de demasiadas (o pocas) rpm, modificando la posición del elemento de bombeo (1). En (4) puede observarse la palanca del acelerador y en (3) el tope de plena carga.

Esquema regulador centrífugo



Variador de avance

Otro componente del que debe estar provisto cualquier sistema de inyección mecánica es el variador de avance a la inyección.

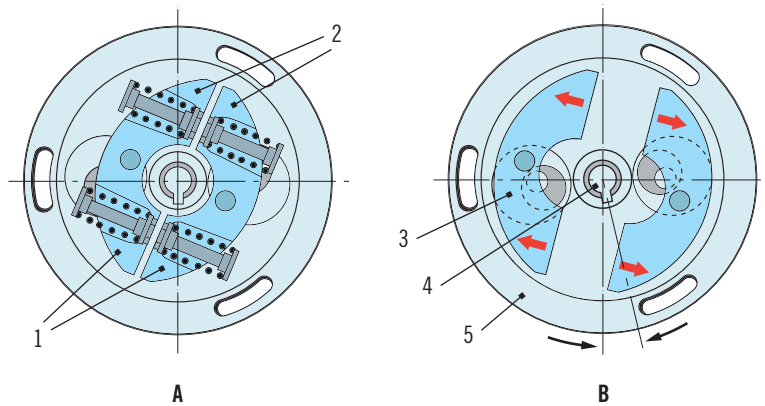


Nota

Se trata de un dispositivo que basa su funcionamiento en la fuerza centrífuga. Está montado en la transmisión entre la bomba y el motor.

Su función es girar angularmente el árbol de levas de la bomba para adelantar la fase de la bomba cuando sea necesario.

Esquema de funcionamiento del variador de avance



Con el motor parado, las masas (2) se encuentran en la posición de la figura (A), pero, al arrancar el motor, se van desplazando hacia la periferia debido a la fuerza centrífuga, venciendo la fuerza de los muelles. De esta forma, provocan la rotación de un casquillo excéntrico (3), que, a su vez, hace girar angularmente, en avance, el árbol de levas (4). En (5), puede verse el estator.

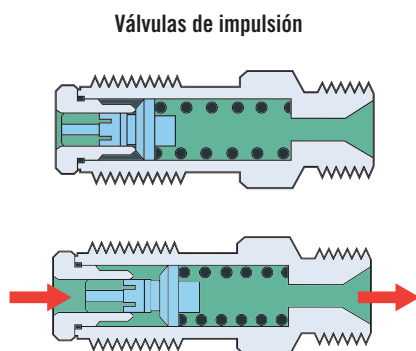


Nota

El variador de avance a la inyección puede variar el inicio del proceso de inyección según el único parámetro de las revoluciones del motor.

Válvulas de impulsión

Para evitar el goteo del inyector y hacer caer rápidamente la presión en el tubo que comunica la bomba con su correspondiente inyector, se montan las válvulas de envío.



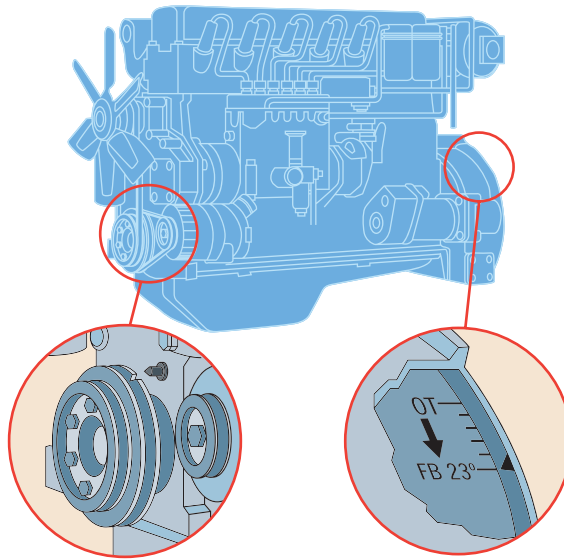
11.3. Dosado y calado de la bomba en línea

El control y ajuste del comienzo a la inyección en una bomba en línea se realiza de diferentes maneras, que se describen a continuación.

Calado mediante marcas

Se gira el motor lentamente hasta llevar al cilindro de referencia al punto de calado y se comprueba y, si es preciso, se ajusta el alineamiento de las marcas de calado inscritas en el accionamiento de la bomba.

Puesta a punto mediante marcas



Marcas de referencia para hacer la puesta a punto de la bomba de inyección



Nota

Para intervenir, se deben aflojar los tornillos corredera.

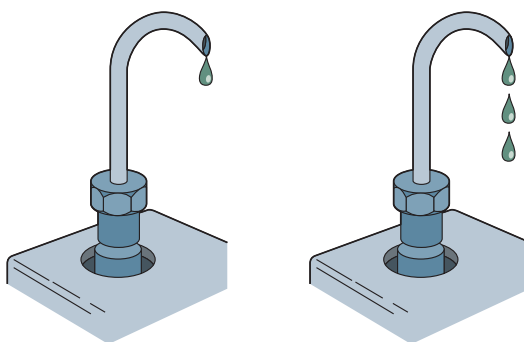
Calado por medio del cuello de cisne

En este caso, se procede de la siguiente manera:

1. Se desmontan el tubo de alta presión del cilindro de referencia, el racor de salida y la válvula de impulsión.
2. Se monta el tubo en cuello de cisne.
3. Se alimenta la bomba a baja presión y se gira el accionamiento de la bomba hasta que salga gasoil por el tubo. Se pasa a sentido inverso

justo hasta que el gasoil deje de salir, se aprietan las fijaciones y se monta todo lo desmontado. Ese será el punto de inyección.

Puesta a punto por goteo



Aplicación práctica

Debido al elevado número de kilómetros de un camión IVECO, al que se le va a reparar el motor, se decide enviar la bomba inyectora en línea a comprobar y reparar a un laboratorio diésel.

SOLUCIÓN

Los trabajos de verificación y control de las bombas inyectoras no se realizan en el taller de automóviles, si no que, tradicionalmente, han sido encargados a talleres más especializados (laboratorios diésel), donde se efectuará:

1. Desmontaje y montaje de la bomba inyectora del vehículo.
2. Pruebas de la bomba en el banco.

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior



Distintos tipos de bancos de pruebas

En estos bancos, se simulan las condiciones de funcionamiento de la bomba inyectora y se comparan con los de las hojas de ensayo del fabricante, pudiéndose ajustar el caudal, el avance y las condiciones del regulador.

11.4. Bombas en línea con control electrónico

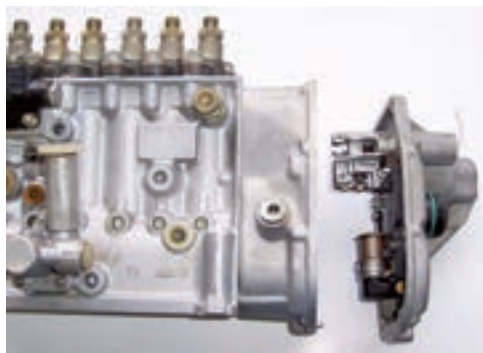
La bomba en línea con regulación electrónica diésel EDC utiliza tecnología informática para controlar el caudal de inyección.

El caudal de inyección se controla por medio de un actuador eléctrico (regulador de caudal) que opera sobre la cremallera de control y cuya posición es controlada por un sensor de posición del regulador de combustible. El sensor de posición del cigüeñal sirve para controlar la velocidad del motor, lo que permite un control en bucle cerrado.

El reglaje de la inyección está controlado por una unidad mecánica integrada en el piñón o engranaje de accionamiento de la bomba de inyección (variador de avance).

El módulo de control del motor utiliza las señales recibidas del sensor de posición del pedal de acelerador y de la información de otros sensores del motor y del vehículo para calcular el caudal de inyección.

Cuando el contacto está quitado, el regulador de caudal volverá a la posición de caudal de combustible 0 y el motor se parará.



Bomba en línea electrónica



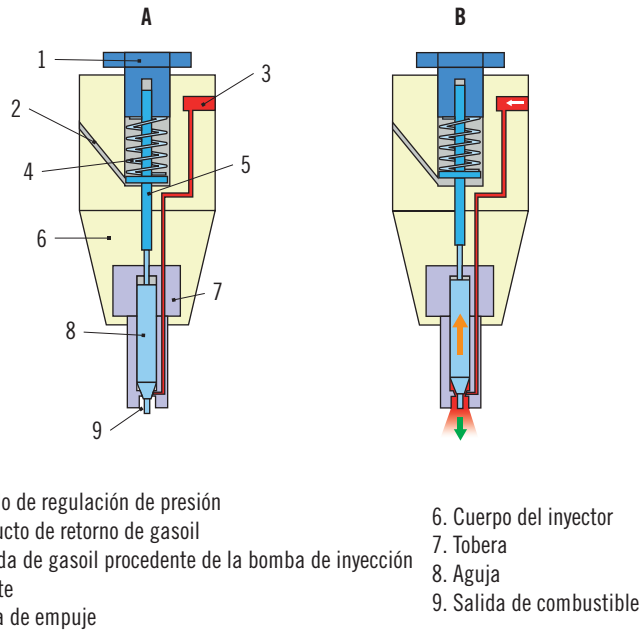
Nota

Para garantizar que el motor pueda parar en caso de anomalía del sistema de control o del actuador, se mantiene un solenoide de corte de combustible.

12. Inyectores

El inyector introduce el combustible en la cámara de combustión, es alimentado por la bomba de inyección y, en su parte principal, consta de un cuerpo y una aguja ensamblados, con una precisión de milésimas, formando ambos una unidad completa. El inyector estará montado sobre el portainyector, que será de la forma adecuada para la sujeción del conjunto en la culata correspondiente. En el portainyector, están fijados el tubo de inyección y un racor para el exceso de combustible (sobrante), que vuelve al depósito.

Funcionamiento del inyector



Posición A: No hay presión de combustible; el resorte empuja la aguja bloqueando la salida del inyector.

Posición B: La bomba envía gasoil hacia el inyector aumentando la presión en la tobera y empujando la aguja en sentido contrario al resorte liberando la salida del inyector y enviando el combustible al cilindro.



Nota

El tubo de unión de la bomba inyectora al inyector es de acero común, de pequeño diámetro interior y con una pared muy gruesa.

12.1. Funcionamiento del inyector

El muelle de compresión mantiene cerrada la aguja del inyector por mediación del perno de presión. La fuerza de este muelle determina la presión de apertura del inyector. El combustible va pasando por el canal del cuerpo, el

disco intermedio y el inyector hacia el asiento de la tobera. Cuando se eleva la presión del combustible, hace subir la aguja del inyector y el combustible pasa por el cuerpo y los orificios de inyección, hasta la cámara de combustión. Al bajar la presión del gasoil (fin de inyección), el muelle empuja la aguja del inyector, cerrando la salida de gasoil y finalizando la inyección.

Tipos de inyectores

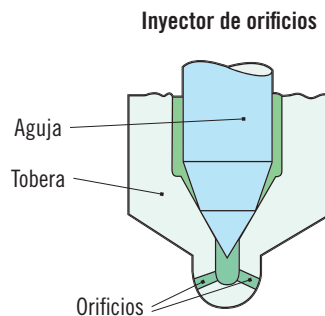
Se distinguen dos tipos principales:

- Pulverizadores de orificios múltiples.
- Pulverizadores de tetón.

Pulverizadores de orificios múltiples

Se utilizan en motores de inyección directa. Constan de un cono hermético, un alojamiento de forma especial en el cuerpo y un orificio ciego.

Los orificios pueden variar en número de 2 a 6, con distinta situación en función de la forma geométrica de la cámara de combustión.



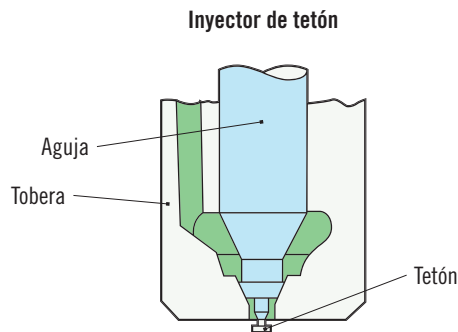


Nota

La presión de apertura de los pulverizadores de orificios múltiples varía entre 150 y 200 bar.

Pulverizadores de tetón

Se utilizan en motores con antecámara. El inyector termina en un perno de forma especial. Este perfil permite la formación de una prepulverización. Al abrir la aguja del inyector, libera primero un pequeño hueco anular muy estrecho que permite la salida de un poco de combustible y, cuando la sección de paso aumenta, se inyecta el principal del combustible.



Nota

Su presión de inyección varía entre 110 y 135 bar.



Aplicación práctica

Un vehículo diésel con inyección mecánica es rechazado en la ITV por exceso de humos y contaminación. Después de verificar el filtro del aire, ¿por dónde continuaría?

SOLUCIÓN

Por la verificación y el control de los inyectores, actuando para ello de la siguiente forma:

1. Desmontar y montar los inyectores del un motor, sustituyendo sus arandelas de estanqueidad.
2. Realizar las pruebas de presión y estanqueidad sobre un aparato de prueba.



Equipo comprobador de inyectores

3. Desmontar el inyector del portainyector y realizar la limpieza de las toberas, volver a montar y comprobar nuevamente.



Ejemplo de pulverización

13. Sistema de precalentamiento

Los motores diésel presentan cierta dificultad para efectuar el arranque en frío.



Sabía que...

Las temperaturas bajas, al aumentar la densidad del aire, hacen que disminuya la presión y la temperatura en la cámara de combustión, de forma que resulta imposible arrancar sin medios auxiliares.

El límite mínimo de temperatura depende de la estructura del motor. En los motores diesel, suele utilizarse como medio auxiliar para el arranque una superficie caliente (bujía de precalentamiento) en la zona donde se realiza la inyección del combustible.

La bujía está compuesta por un cuerpo externo en cuyo interior hay un elemento resistivo atravesado por una corriente eléctrica para provocar el calentamiento.

La temperatura de inicio de la combustión es alrededor de 900 °C. El combustible no es inyectado directamente en la bujía, excepto una pequeña cantidad que, al evaporarse, se incendia y permite que empiece la combustión.

Para que el precalentamiento sea eficaz, es necesario que, entre el momento en que se enciende la bujía y el arranque propiamente dicho, pase cierto tiempo, que depende de la temperatura en la precámara y del tipo de bujía y de motor. Esta temporización está controlada por un dispositivo electrónico.

La finalidad de este dispositivo es suministrar una elevada corriente de precalentamiento desde la batería a las bujías durante un cierto tiempo, variable en función de la temperatura del motor, antes de la puesta en marcha.

En caso de que no se realice la puesta en marcha, un circuito específico desactiva la alimentación eléctrica después de un cierto tiempo.

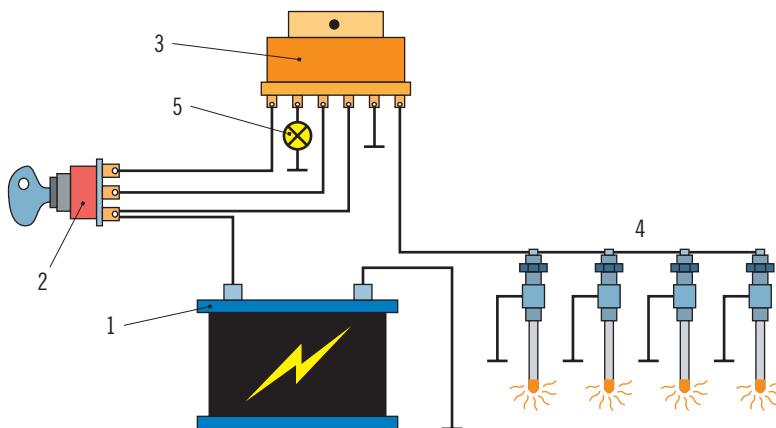


Nota

La alimentación eléctrica a las bujías se prolonga durante algún tiempo (1 o 2 min) incluso después de la puesta en marcha del motor para mejorar el funcionamiento, reduciendo los humos y la dureza de la combustión.

A título de ejemplo, en el siguiente diagrama se representan los parámetros que influyen sobre el tiempo de precalentamiento de las bujías para un modelo con centralita electrónica de precalentamiento.

Esquema del sistema de precalentamiento



- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. Batería | 4. Bujías de fluorescencia |
| 2. Interruptor de encendido | 5. Testigo de precalentamiento |
| 3. Relé de calentamiento | |



Aplicación práctica

Un vehículo Peugeot 306 de inyección indirecta equipado con una bomba inyectora Bosch VE, tiene grandes dificultades para arrancar por las mañanas y es necesario insistir repetidamente, accionando el motor de arranque hasta su puesta en marcha. Una vez arrancado la primera vez, ya no existe problema alguno en las sucesivas puestas en marcha.

¿Qué problema podría tener?

SOLUCIÓN

Habría que proceder a una prueba del sistema de precalentamiento, de la siguiente forma:

1. Comprobar la alimentación eléctrica de los calentadores al poner el contacto.
2. Medición de la resistencia interna de cada bujía de incandescencia o calentador.
3. Sustituir el calentador o calentadores averiados.
4. Pruebas eléctricas del relé de precalentamiento.

14. Resumen

Es posible encontrar sistemas de inyección diésel mecánicos en vehículos fabricados hasta aproximadamente 1996. En vehículos industriales o de cilindradas superiores a 3 litros, se utilizan las bombas de elementos en línea con bombines de alimentación para el sistema de baja presión, filtros de combustible en serie y, en algunos casos, de filtros de aire en aceite.

En turismos, se emplean masivamente las llamadas bombas rotativas, siendo dos los tipos utilizados por prácticamente todos los fabricantes: las CAV y las Bosch, en sus distintos modelos.

Es fundamental conocer las características de los elementos que componen el sistema de alimentación, como el depósito, las bombas de baja, los filtros, los decantadores, las tuberías y los enfriadores de retorno y los inyectores, todos ellos imprescindibles para el funcionamiento de los sistemas de inyección.

La secuenciación de las prácticas se ha realizado en este capítulo partiendo de menor a mayor dificultad, por lo que es importante que el alumno las realice en el orden expuesto.



Ejercicios de repaso y autoevaluación

1. Realice una clasificación de los sistemas de inyección mecánica e indique sus características más importantes.

2. Dibuje el esquema de una válvula de seguridad montada en el tapón del depósito y explique sus funciones.

3. Explique la función de las bombas de alimentación dentro del circuito de alimentación.

4. ¿Cuáles son los tipos de filtros más utilizados en automoción?

5. ¿Cuál es la función de la válvula dosificadora de una bomba CAV?

6. Explique el funcionamiento del variador de avance de una bomba Bosch VE.

7. Nombre los pasos generales para realizar el calado de las bombas rotativas sobre el motor.

8. Explique el principio de funcionamiento de los elementos de bombeo de la bomba en línea.

9. ¿Cuáles son las principales diferencias entre las bombas en línea mecánicas y las bombas en línea de control electrónico?

10. Explique el funcionamiento de un inyector mecánico.
