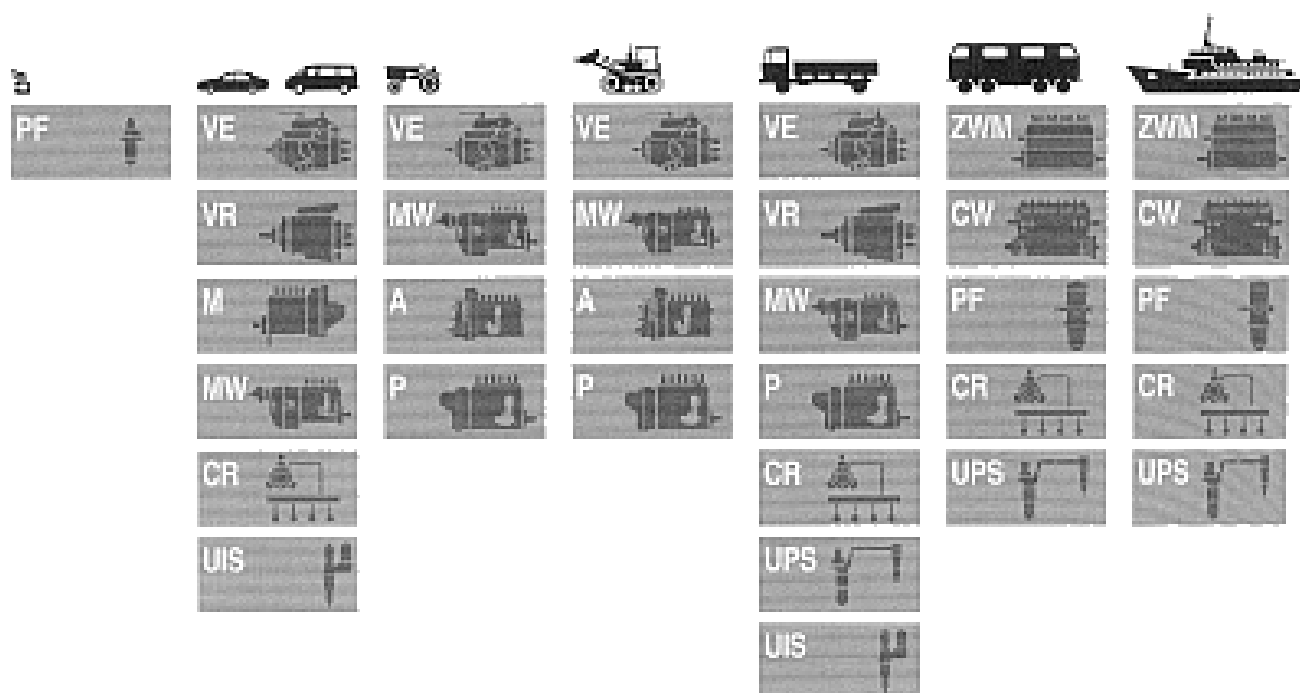


# Curso de sistemas de inyección diesel

## SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL, BOSCH

Campos de aplicación de los sistemas de inyección diesel, Bosch.



**M, MW, A, P, ZWM, CW:** son bombas de inyección en línea de tamaño constructivo ascendente.

**PF:** bombas de inyección individuales.

**VE:** bombas de inyección rotativas de émbolo axial.

**VR:** bombas de inyección rotativas de émbolos radiales.

**UPS:** unidad de bomba-tubería-inyector.

**UIS:** unidad de bomba-inyector.

**CR:** Common Rail.

Para vehículos de gran tamaño como locomotoras barcos y vehículos industriales se utilizan motores diesel alimentados con sistemas de inyección regulados mecánicamente. Mientras que para turismos y también vehículos industriales los sistemas de inyección se regulan electrónicamente por una regulación electrónica diesel (EDC).

### Propiedades y datos característicos de los sistemas de inyección diesel.

Sistemas de inyección ejecución	Inyección				Datos relativos al motor			
	Caudal inyección por carrera (mm <sup>3</sup> )	Presión max. (bar)	m <sub>e</sub> em MV	DI IDI	VE NE	nº cilindros	nº r.p.m	Potencia max. x cilindro (kW)
<b>Bombas de inyección en línea</b>								
<b>M</b>	60	550	m, e	IDI	-	4....6	5000	20
<b>A</b>	120	750	m	DI/IDI	-	2....12	2800	27

<b>MW</b>	150	1100	m	DI	-	4.....8	2600	36
<b>P 3000</b>	250	950	m, e	DI	-	4....12	2600	45
<b>P 7100</b>	250	1200	m, e	DI	-	4....12	2500	55
<b>P 8000</b>	250	1300	m, e	DI	-	6....12	2500	55
<b>P 8500</b>	250	1300	m, e	DI	-	4....12	2500	55
<b>H 1</b>	240	1300	e	DI	-	6.....8	2400	55
<b>H 1000</b>	250	1350	e	DI	-	5.....8	2200	70
<b>Bombas de inyección rotativas</b>								
<b>VE</b>	120	1200/350	m	DI/IDI	-	4.....6	4500	25
<b>VE...EDC</b>	70	1200/350	e, em	DI/IDI	-	3.....6	4200	25
<b>VE...MV</b>	70	1400/350	e, MV	DI/IDI	-	3.....6	4500	25
<b>Bombas de inyección rotativas de émbolos axiales</b>								
<b>VR..MV</b>	135	1700	e, MV	DI	-	4, 6	4500	25
<b>Bombas de inyección de un cilindro</b>								
<b>PF(R)...</b>	150.... 18000	800... 1500	m, em	DI/IDI	-	cualquiera	300... 2000	75..... 1000
<b>UIS 30</b> 2)	160	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	45
<b>UIS 31</b> 2)	300	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	75
<b>UIS 32</b> 2)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	80
<b>UIS-P1</b> 3)	62	2050	e, MV	DI	VE	8 3a)	5000	25
<b>UPS 12</b> 4)	150	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	35
<b>UPS 20</b> 4)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	80
<b>UPS</b> (PF(R))	3000	1400	e, MV	DI	VE	6.....20	1500	500
<b>Sistema de inyección de acumulador Common Rail</b>								
<b>CR 5)</b>	100	1350	e, MV	DI	VE(5a)/NE	3.....8	5000 5b)	30

<b>CR</b> 6)	400	1400	e, MV	DI	VE(6a)/NE	6.....16	2800	200
--------------	-----	------	----------	----	-----------	----------	------	-----

**Tipo de regulación:** **m** mecánicamente; **e** electrónicamente; **em** electromecánicamente; **MV** electroválvula.

**DI:** inyección directa; **IDI:** inyección indirecta. **VE:** inyección previa; **NE:** inyección posterior.

2) **UIS** unidad de bomba-inyector para vehículos industriales; 3) **UIS** para turismos; 3a) con dos unidades de control es posible también número mayor de cilindros; 4) **UPS** unidad de bomba-tubería-inyector para vehículos industriales y autobuses; 5) **CR** Common Rail 1ª generación para turismos y vehículos industriales ligeros; 5a) hasta 90° kW (cigüeñal) antes del PMS elegible libremente; 5b) hasta 5500 rpm en marcha con freno motor; 6) **CR** para vehículos industriales, autobuses y locomotoras diesel; 6a) hasta 30° kW antes del PMS.

## Tipos de sistemas de inyección.

### ● Bombas de inyección en línea

Estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bombeo que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba. El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo.

Los elementos de bomba están dispuestos en línea. La carrera de émbolo es invariable. Para hacer posible una variación del caudal de suministro, existen en el émbolo aristas de mando inclinadas, de forma tal que al girar el émbolo mediante una varilla de regulación, resulte la carrera útil deseada. Entre la cámara de alta presión de bomba y el comienzo de la tubería de impulsión, existen válvulas de presión adicionales según las condiciones de inyección. Estas válvulas determinan un final de inyección exacto, evitan inyecciones posteriores en el inyector y procuran un campo característico uniforme de bomba.



Bomba en línea tipo PE para 4 cilindros

### **Bomba de inyección en línea estándar PE**

El comienzo de suministro queda determinado por un taladro de aspiración que se cierra por la arista superior del émbolo. Una arista de mando dispuesta de forma inclinada en el émbolo, que deja libre la abertura de aspiración, determina el caudal de inyección.

La posición de la varilla de regulación es controlada con un regulador mecánico de fuerza centrífuga o con un mecanismo actuador eléctrico.

### **Bomba de inyección en línea con válvula de corredera**

Esta bomba se distingue de una bomba de inyección en línea convencional, por una corredera que se desliza sobre el émbolo de la bomba mediante un eje actuador convencional, con lo cual puede modificarse la carrera previa, y con ello también el comienzo de suministro o de inyección. La posición de la válvula corredera se ajusta en función de diversas magnitudes influyentes. En comparación con la bomba de inyección en línea estándar PE, la bomba de inyección en línea con válvula de corredera tiene un grado de libertad de adaptación adicional.

### ● Bombas de inyección rotativas

Estas bombas tienen se sirven de un regulador de revoluciones mecánico para regular el caudal de inyección así como de un regulador hidráulico para variar el avance de inyección. En bombas rotativas controladas electrónicamente se sustituyen los elementos mecánicos por actuadores electrónicos. Las bombas rotativas solo tienen un elemento de bombeo de alta presión para todos los cilindros.

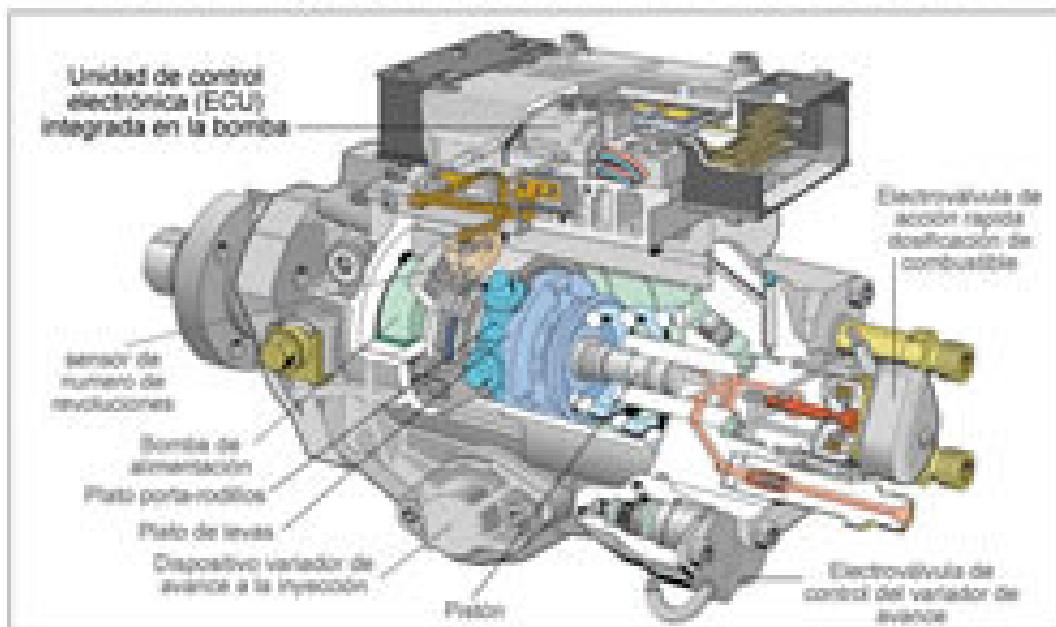


### Bomba de inyección rotativa de émbolo axial.

Esta bomba consta de una bomba de aletas que aspira combustible del depósito y lo suministra al interior de la cámara de bomba. Un émbolo distribuidor central que gira mediante un disco de levas, asume la generación de presión y la distribución a los diversos cilindros. Durante una vuelta del eje de accionamiento, el émbolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a de abastecer. Los resaltes de leva en el lado inferior del disco de leva se deslizan sobre los rodillos del anillo de rodillos y originan así en el émbolo distribuidor un movimiento de elevación adicional al movimiento de giro.

En la bomba rotativa convencional de émbolo axial VE con regulador mecánico de revoluciones por fuerza centrífuga, o con mecanismo actuador regulado electrónicamente, existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro de la bomba puede regularse mediante un anillo de rodillos (variador de avance). En la bomba rotativa de émbolo axial controlada por electroválvula, existe una electroválvula de alta presión controlada electrónicamente, que dosifica el caudal de inyección, en lugar de la corredera de inyección. Las señales de control y regulación son procesadas en dos unidades de control electrónicas ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). El número de revoluciones es regulado mediante la activación apropiada del elemento actuador.

### Bomba de inyección de pistón axial VP29/30 de BOSCH



**BOSCH** 

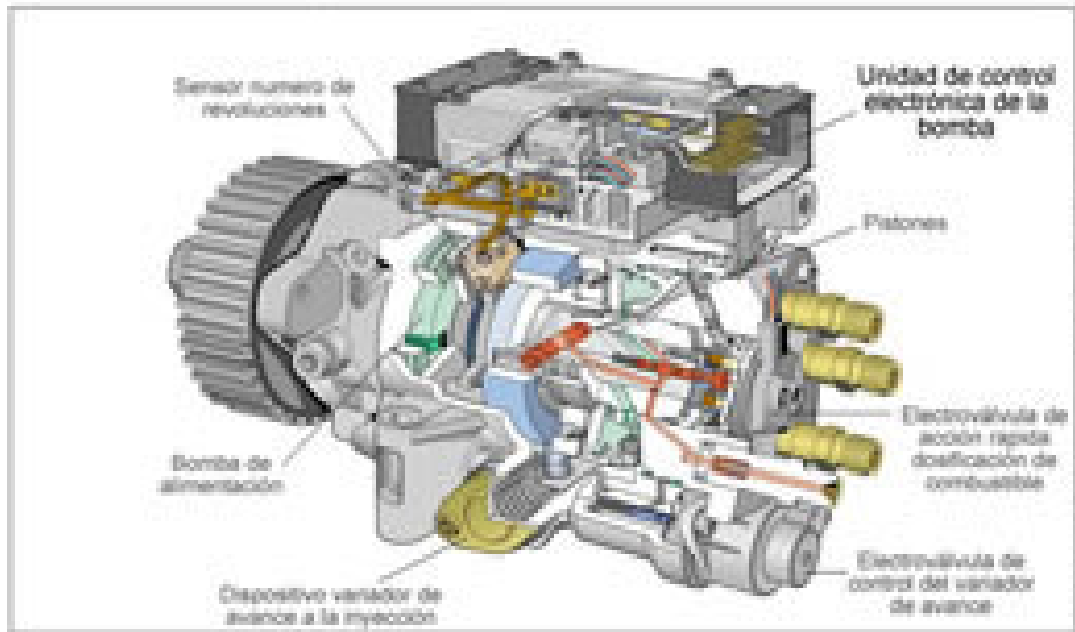
Technical assistance on demand: Bosch Service Hotline 1-800-858888

[Haz click sobre la imagen para verla mas grande](#)

### Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales

Esta bomba se caracteriza por utilizar émbolos radiales para generar presión. Pueden ser dos o cuatro émbolos radiales que son accionados por un anillo de levas. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de inyección. El comienzo de la inyección se regula mediante el giro del anillo de levas, con el variador de avance. Igual que en la bomba de émbolo axial controlada por electroválvula, todas las señales de control y regulación se procesan en dos unidades de control electrónicas ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). Mediante la activación apropiada del elemento actuador se regula el número de revoluciones.

## Bomba de inyección de pistón radial VP44 de BOSCH



**BOSCH**

1-63-10479

[Haz click sobre la imagen para verla mas grande](#)

### ● Bombas de inyección individuales

#### **Bombas de inyección individuales PF**

Estas bombas (aplicadas en motores pequeños, locomotoras diesel, motores navales y maquinaria de construcción) no tienen árbol de levas propio, pero corresponden sin embargo en su funcionamiento a la bomba de inyección en línea PE. En motores grandes, el regulador mecánico-hidráulico o electrónico está adosado directamente al cuerpo del motor. La regulación del caudal determinada por el se transmite mediante un varillaje integrado en el motor.

Las levas de accionamiento para las diversas bombas de inyección PF, se encuentran sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor. Por este motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas. Aquí puede conseguirse un ángulo de variación de algunos grados mediante la regulación de un elemento intermedio (por ejemplo situando un balancín entre el árbol de levas y el impulsor de rodillo).

Las bombas de inyección individuales son apropiadas también para el funcionamiento con aceites pesados viscosos.

#### **Unidad bomba-inyector UIS**

La bomba de inyección y el inyector constituyen una unidad. Por cada cilindro del motor se monta una unidad en la culata que es accionada bien directamente mediante un empujador, o indirectamente mediante balancín, por parte del árbol de levas del motor.

Debido a la supresión de las tuberías de alta presión, es posible una presión de inyección esencialmente mayor (hasta 2000 bar) que en las bombas de inyección en línea y rotativas. Con esta elevada presión de inyección y mediante la regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección), es posible una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diesel.



### Unidad bomba-tubería-inyector UPS

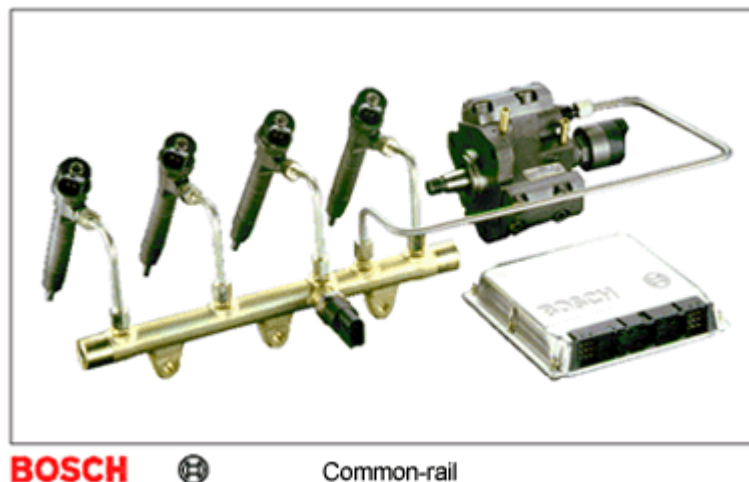
Este sistema trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de bomba-inyector. Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado modularmente. Contrariamente a la unidad bomba-inyector, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema UPS dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor.

Una regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección) aporta una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diesel. En combinación con la electro-válvula de conmutación rápida, accionada electrónicamente, se determina la correspondiente característica de cada proceso de inyección en particular.

### ❶ Sistema de inyección de acumulador

#### Common Rail CR

En la inyección de acumulador "Common Rail" se realizan por separado la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y esta a disposición en el "Rail" (acumulador). El momento y el caudal de inyección se calculan en la unidad de control electrónica ECU y se realizan por el inyector en cada cilindro del motor, mediante el control de una electroválvula.

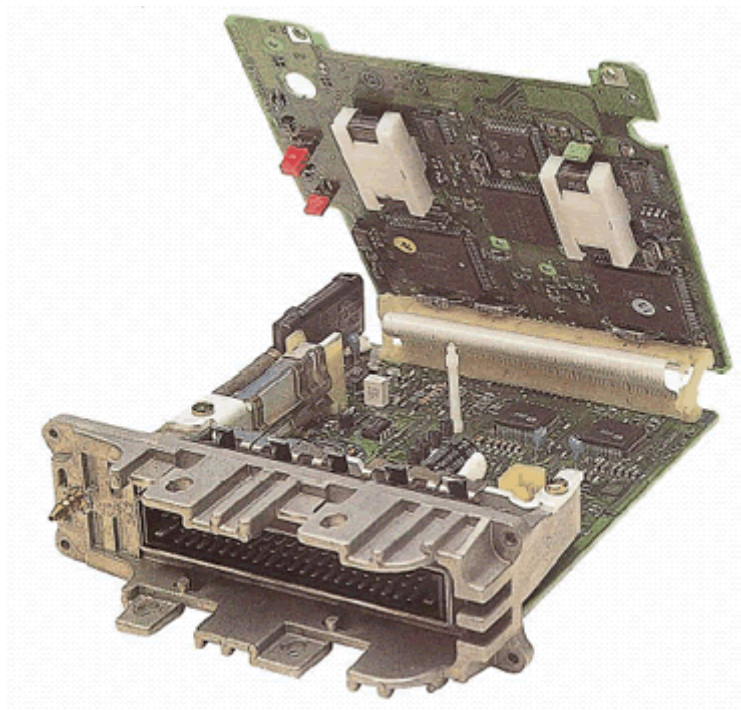


## Regulación electrónica Diesel (EDC)

### Introducción

La disminución del consumo de combustible combinado con el aumento de simultáneo de potencia o del par motor, determina el desarrollo actual en el sector de la técnica Diesel. Esto ha traído en los últimos años una creciente aplicación de motores diesel de inyección directa (DI), en los cuales se han aumentado de forma considerable las presiones de inyección en comparación con los procedimientos de cámara auxiliar de turbulencia o de precámara. De esta forma se consigue una formación de mezcla mejorada y una combustión mas completa. Debido a la formación de mezcla mejorada y a la ausencia de perdidas de descarga entre la precámara y la

cámara de combustión principal, el consumo de combustible se reduce hasta un 10.... 15% respecto a los motores de inyección indirecta (IDI) o precámara.



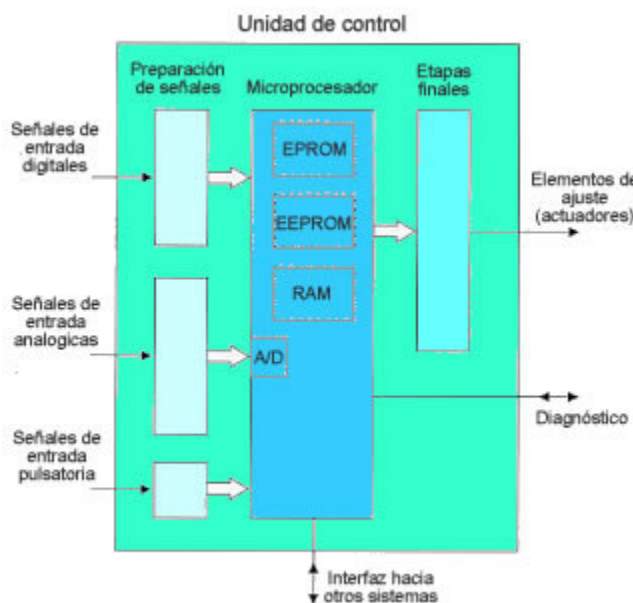
unidad de control de un **EDC**

## Relación general del sistema

La regulación electrónica Diesel EDC (**E**lectronic **D**iesel **C**ontrol) a diferencia de los motores equipados con bombas convencionales de inyección (bombas en línea y bombas rotativas), el conductor no tiene ninguna influencia directa sobre el caudal de combustible inyectado (ejemplo: a través del pedal acelerador y un cable de tracción). El caudal de inyección se determina por el contrario a través de diversas magnitudes (ejemplo: estado de servicio, deseo del conductor, emisiones contaminantes, etc.). Esto requiere un extenso concepto de seguridad que reconoce averías que se producen y que aplica las correspondientes medidas conforme a la gravedad de una avería (ejemplo: limitación del par motor o marcha de emergencia en el margen del régimen de ralentí).

La regulación electrónica diesel permite también un intercambio de datos con otros sistemas electrónicos (ejemplo: sistema de tracción antideslizante, control electrónico de cambio) y, por lo tanto, una integración en el sistema total del vehículo.

## Procesamiento de datos del sistema EDC



## Señales de entrada

Los sensores constituyen junto con los actuadores los intermediarios entre el vehículo y la unidad de control UCE. Las señales de los sensores son conducidas a una o varias unidades de control, a través de circuitos de protección y, dado el caso, a través de convertidores de señal y amplificadores:

- Las señales de entrada analógicas (ejemplo: la que manda el caudalímetro o medidor de caudal de aire aspirado, la presión del turbo, la temperatura del motor etc.) son transformadas por un convertidor analógico/digital (A/D) en el microprocesador de la unidad de control, convirtiéndolas en valores digitales.
- Las señales de entrada digitales (ejemplo: señales de conmutación como la conexión/desconexión de un elemento o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall) pueden elaborarse directamente por el microprocesador.
- Las señales de entrada pulsatorias de sensores inductivas con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia, son procesadas en una parte del circuito de la unidad de control, para suprimir impulsos parásitos, y son transformadas en una señal rectangular.

Según el nivel de integración, el procesamiento de la señal puede realizarse parcialmente o también totalmente en el sensor.

## Preparación de señales

Las señales de entrada se limitan, con circuitos de protección, a niveles de tensión admisibles. La señal se filtra y se libera ampliamente de señales perturbadoras superpuestas, y se adapta por amplificación a la tensión de entrada de la unidad de control.

## Procesamiento de señales en la unidad de control

Los microprocesadores en la unidad de control elaboran las señales de entrada, casi siempre de forma digital. Necesitan para ello un programa que está almacenado en una memoria de valor fijo (ROM o Flash-EPROM). Además existen una parte del programa que se adapta a las características del motor en particular (curvas características específicas del motor y campos característicos para el control del motor) almacenados en el Flash-EPROM. Los datos para el bloqueo electrónico de arranque, datos de adaptación y de fabricación, así como las posibles averías que se producen durante el servicio, se almacenan en una **memoria no volátil de escritura/lectura** (EEPROM).

Debido al gran número de variantes de motor y de equipamientos de los vehículos, las unidades de control están equipadas con una codificación de variantes. Mediante esta codificación se realiza, por parte del fabricante del vehículo o en un taller, una selección de los campos característicos almacenados en el Flash-EPROM, para poder satisfacer las funciones deseadas de la variante del vehículo. Esta selección se almacena también en el EEPROM.

Otras variantes de aparato están concebidas de tal forma que pueden programarse en el Flash-EPROM conjuntos completos de datos al final de la producción del vehículo. De esta forma se reduce la cantidad de tipos de unidades de control necesarios para el fabricante del vehículo.

**Una memoria volátil de escritura/lectura (RAM)** es necesaria para almacenar en memoria datos variables, como valores de cálculo y valores de señal. La memoria RAM necesita para su funcionamiento un abastecimiento continuo de corriente. Al desconectar la unidad de control por el interruptor de encendido o al desenchufar la batería del vehículo, esta memoria pierde todos los datos almacenados. Los valores de adaptación (valores aprendidos sobre estados del motor y de servicio) tienen que determinarse de nuevo en este caso, tras conectar otra vez la unidad de control. Para evitar este efecto, los valores de adaptación necesarios se almacenan en el EEPROM, en lugar de en una memoria RAM.

## Señales de salida

Los microprocesadores controlan con las señales de salida etapas finales que normalmente suministran suficiente potencia para la conexión directa de los elementos de ajuste (actuadores). Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos a masa o a tensión de batería, así como contra la destrucción debida a la destrucción debida a una sobrecarga eléctrica. Estas averías, así como cables interrumpidos, son reconocidas por las etapas finales y son retransmitidas al microprocesador.

Adicionalmente se transmiten algunas señales de salida, a través de interfaces, a otros sistemas.

# Sistemas de ayuda de arranque para motores Diesel

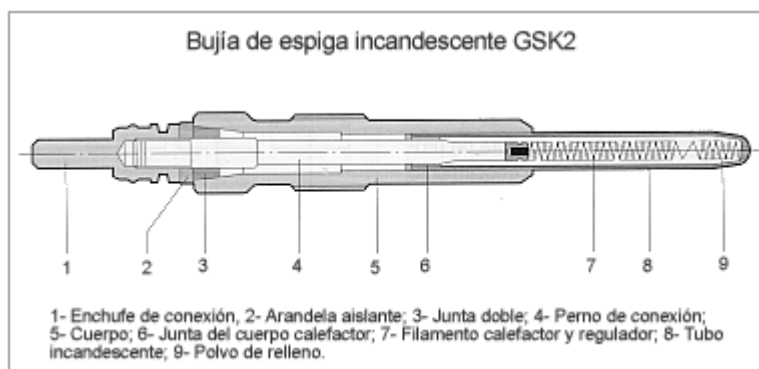
Los motores Diesel cuando están fríos presentan dificultad de arranque o combustión ya que las pérdidas por fugas y de calor al comprimir la mezcla de aire-combustible, disminuyen la presión y la temperatura al final de la



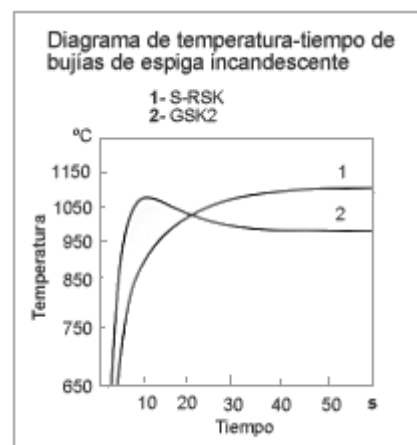
compresión. Bajo estas circunstancias es especialmente importante la aplicación de sistemas de ayuda de arranque. Los motores de antecámara y de cámara auxiliar de turbulencia (inyección indirecta), tienen en la cámara de combustión auxiliar una bujía de espiga incandescente (GSK) (también llamados "calentadores") como "punto caliente". En motores pequeños de inyección directa, este punto caliente se encuentra en la periferia de la cámara de combustión. Los motores grandes de inyección para vehículos industriales trabajan alternativamente con precalentamiento del aire en el tubo de admisión (precalentamiento del aire de admisión) o con combustible especial con alta facilidad para el encendido (Starpilot), que se inyecta en el aire de admisión. Actualmente se emplean casi exclusivamente sistemas con bujías de espiga incandescente.

### Bujía de espiga incandescente

La espiga de la bujía está montada a presión de forma fija y estanca a los gases de escape en un cuerpo de la bujía, y consta de un tubo metálico resistente a los gases calientes y a la corrosión, que lleva en su interior un filamento incandescente rodeado de polvo compactado de óxido de magnesio. Este filamento incandescente consta de dos resistencias conectadas en serie: el filamento calefactor dispuesto en la punta del tubo incandescente, y el filamento regulador. Mientras que el filamento calefactor presenta una resistencia casi independiente a la temperatura, el filamento regulador tiene un coeficiente positivo de temperatura (PTC).



Su resistencia aumenta en las bujías de espiga incandescente de nueva generación (GSK2), al aumentar la temperatura con mayor intensidad todavía que en las bujías de espiga incandescente convencionales (tipo S-RSK). Las bujías GSK2 recientes se caracterizan por alcanzar con mayor rapidez la temperatura necesaria para el encendido (850 °C en 4 seg.) y por una temperatura de inercia mas baja; la temperatura de la bujía se limita así a valores no críticos para si misma. En consecuencia, la bujía de espiga incandescente puede continuar funcionando hasta tres minutos después del arranque. Esta incandescencia posterior al arranque da lugar a una fase de aceleración y calentamiento mejoradas con una reducción importante de emisiones y gases de escape así como reducción del ruido característico en frío de los motores Diesel.



### Bujía de precalentamiento

Esta bujía calienta el aire de admisión mediante la combustión de combustible. Normalmente, la bomba de alimentación de combustible del sistema de inyección, conduce el combustible del sistema de inyección, conduce el combustible a través de una electroválvula a la bujía de precalentamiento. En la boquilla de conexión de la bujía de precalentamiento se encuentra un filtro y un dispositivo dosificador. Este dispositivo dosificador deja pasar un caudal de combustible adaptado correspondiente al motor, que se evapora en un tubo vaporizador dispuesto alrededor de la espiga incandescente y que se mezcla entonces con el aire aspirado. La mezcla se inflama en la parte delantera de la bujía de precalentamiento, al entrar en contacto con la espiga incandescente caliente a mas de 1000 °C.

### Unidad de control de tiempo de incandescencia (GZS)

Dispone, para la activación de las bujías de espiga incandescente, de un relé de potencia, así como de bloques de conmutación electrónica. Estos bloques controlan por ejemplo los tiempos de activación de las bujías de espiga incandescente, o bien realizan funciones de seguridad y de supervisión. Con la ayuda de sus funciones de diagnóstico, las unidades de control del tiempo de incandescencia todavía mas perfeccionadas, reconocen también el fallo de bujías incandescentes aisladas, comunicándolo entonces al conducto. Las entradas de control hacia la unidad de control de tiempo de incandescencia están construidas como un conector múltiple, y la vía de

corriente hacia las bujías de espiga incandescente se conduce mediante pernos roscados o conectores apropiados, con el fin de impedir caídas de tensión no deseadas.

#### Funcionamiento

El proceso de preincandescencia y de arranque se realiza con el interruptor de arranque. Con la posición de la llave "encendido conectado" comienza el proceso de preincandescencia. Al apagarse la lámpara de control de incandescencia, las bujías de espiga incandescente están suficientemente calientes para poder iniciar el proceso de arranque. En la fase de arranque las gotas de combustible inyectadas se evaporan, se inflaman en el aire caliente comprimido, y el calor producido origina el proceso de combustión.

La incandescencia después que el motor ha arrancado contribuye a un funcionamiento de aceleración y de ralentí sin fallos y con poca formación de humo y una disminución del ruido característico del motor en frío. Si no se arranca, una desconexión de seguridad de la bujía de espiga incandescente, impide que se descargue la batería. En caso de acoplamiento de la unidad de control de tiempo de incandescencia a la unidad de control del sistema EDC (Electronic Diesel Control), pueden aprovecharse las informaciones existentes allí, para optimizar la activación de la bujía de espiga en los diversos estados de servicio.

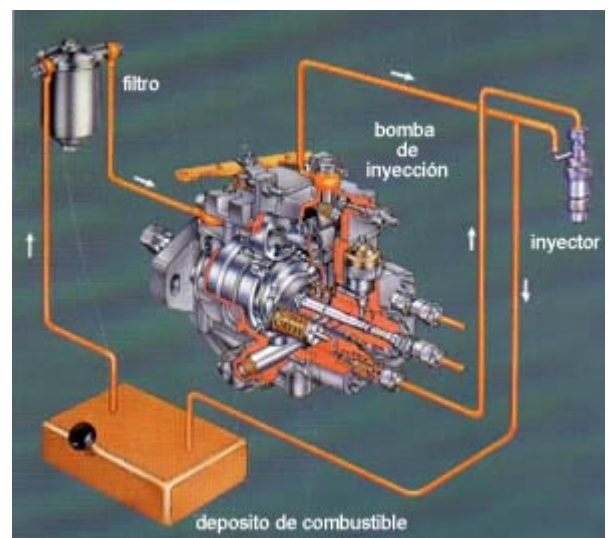
## Bomba rotativa de inyección, tipo VE

#### **Aplicaciones**

El campo de aplicación y el diseño de la bomba viene determinados por el nº de rpm, la potencia y el tipo de construcción del motor diesel. Las bombas de inyección rotativas se utilizan principalmente en automoviles de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios.

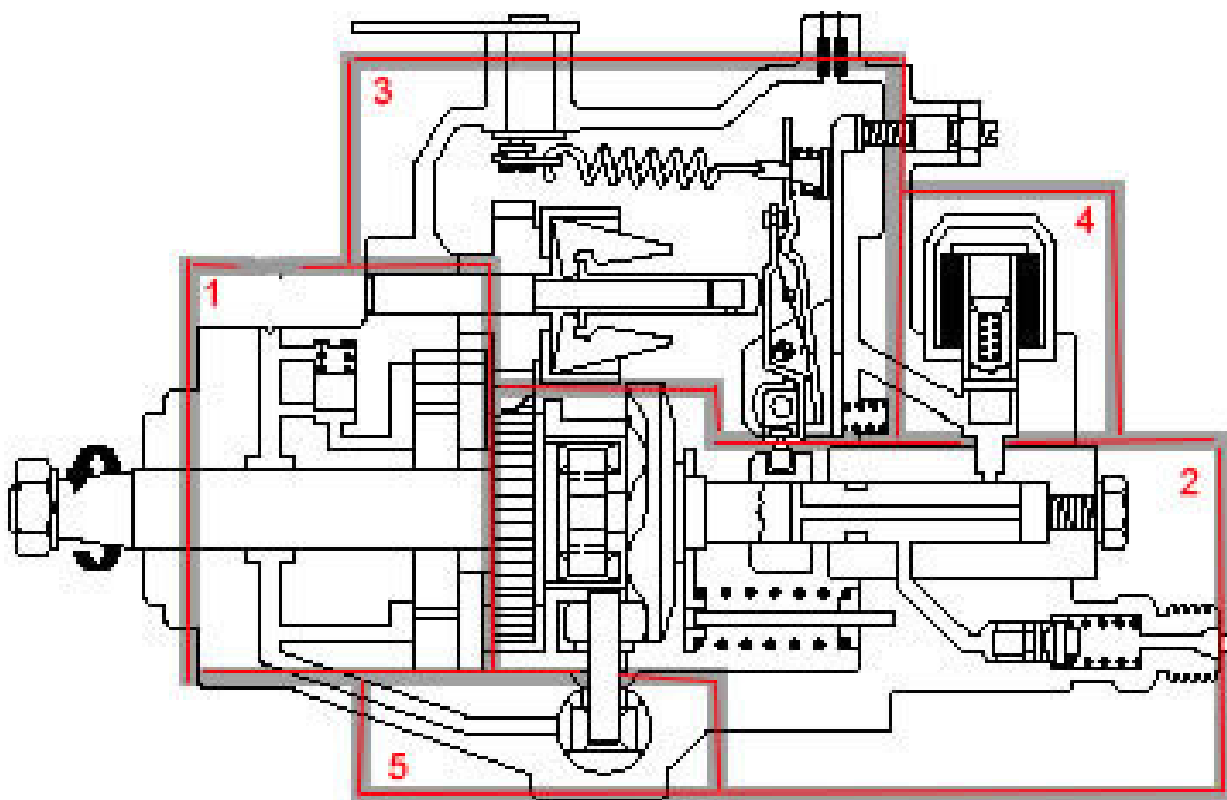
#### **Generalidades**

A diferencia de la bomba de inyección en línea, la rotativa del tipo VE no dispone mas que de un solo cilindro y un solo émbolo distribuidor, aunque el motor sea de varios cilindros. La lumbrera de distribución asegura el reparto, entre las diferentes salidas correspondientes al nº de cilindros del motor, del combustible alimentado por el émbolo de la bomba.



**En el cuerpo cerrado de la bomba se encuentran reunidos los siguientes componentes con sus respectivas funciones:**

- 1.- Bomba de alimentación de aletas: aspira combustible del depósito y lo introduce al interior de la bomba de inyección.
- 2.- Bomba de alta presión con distribuidor: genera la presión de inyección, transporta y distribuye el combustible.
- 3.- Regulador mecánico de velocidad: regula el régimen, varía el caudal de inyección mediante el dispositivo regulador en el margen de regulación.
- 4.- Válvula electromagnética de parada: corta la alimentación de combustible y el motor se para.
- 5.- Variador de avance: corrige el comienzo de la inyección en función del régimen (nº de rpm motor).



**nota:** la bomba rotativa de inyección también puede estar equipada con diferentes dispositivos correctores, que permiten la adaptación individual a las características específicas del motor diesel (p. ejemplo para motores equipados con turbo se utiliza un tipo de bomba que tiene un dispositivo corrector de sobrealimentación).

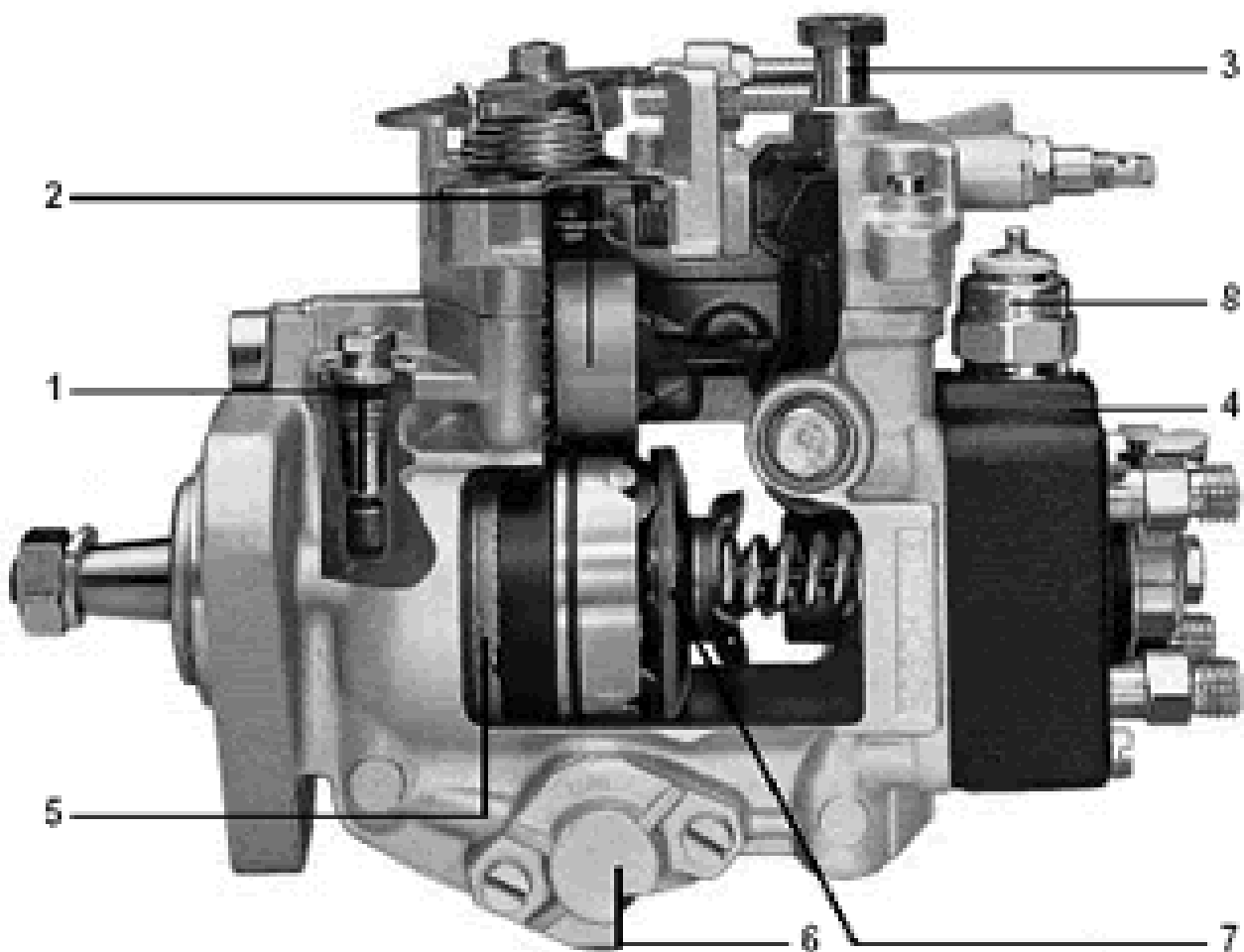
### Estructura

El eje de accionamiento de la bomba va alojado en el cuerpo de ésta. Sobre el va dispuesta en primer lugar la bomba de alimentación de aletas (también llamada bomba de transferencia). Detrás del eje se encuentra el anillo de rodillos, que no es solidario con el eje de accionamiento aunque se encuentra alojado, así mismo, en el cuerpo de la bomba. Por medio del disco de levas que se apoya sobre los rodillos del anillo y es accionado por el eje, se consigue un movimiento simultáneamente rotativo y longitudinal, que se transmite al émbolo distribuidor, el cual es guiado por la cabeza hidráulica, solidaria del cuerpo de la bomba. En este van fijados el dispositivo eléctrico de parada mediante corte de la alimentación de combustible, el tapon roscado con tornillo de purga y las válvulas de impulsión con los correspondientes racores.

El grupo regulador es movido por el accionamiento correspondiente solidario del eje conductor, a través de una rueda dentada. El grupo regulador va equipado con pesos centrífugos y el manguito regulador. El mecanismo regulador, compuesto por las palancas de ajuste, de arranque y tensora, va alojado en el cuerpo y es giratorio. Sirve para modificar la posición de la corredera de regulación del émbolo de bomba. En la parte superior del mecanismo regulador actúa el resorte de regulación, unido a la palanca de control a través del eje de esta. El eje va alojado en la tapa del regulador, mediante lo cual y a través de la palanca de control se actúa sobre el funcionamiento de la bomba. La tapa del regulador cierra por arriba la bomba de inyección. En el regulador van dispuestos, además, el tornillo de ajuste del caudal de plena carga, el estrangulador de rebose y el tornillo de ajuste de régimen.

### Componentes de una bomba VE:

- 1.- Válvula reguladora de presión en el interior de la bomba.
- 2.- Grupo regulador del caudal de combustible a inyectar.
- 3.- Estrangulador de rebose (retorno a depósito).
- 4.- Cabezal hidráulico y bomba de alta presión.
- 5.- Bomba de alimentación de aletas.
- 6.- Variador de avance a la inyección.
- 7.- Disco de levas.
- 8.- Válvula electromagnética de parada.



Montado en sentido transversal al eje de accionamiento de la bomba, en la parte inferior de la bomba va alojado el variador de vance hidráulico. Su funcionamiento es influido por la presión interna de la bomba de inyección. La presión depende del nº de rpm. a la que gire la bomba de alimentación de paletas y de la válvula reguladora de presión.

### Accionamiento de la bomba

En los motores de 4 tiempos, la velocidad de rotación de la bomba es la mitad de la del cigüeñal del motor diesel y la misma velocidad que la del árbol de levas. El accionamiento de las bombas es forzado y, además se realiza, de forma que el eje conductor de la bomba gira en perfecto sincronismo con el movimiento del pistón del motor. Este movimiento sincronico se consigue mediante correa dentada, piñon de acoplamiento, rueda dentada o cadena. Hay bombas rotativas de inyección para giro a derechas o a izquierdas. El orden de inyección depende, por tanto, del sentido de rotación, pero las salidas inyectan siempre el combustible según el orden geometrico de disposición. Para evitar confusiones con la designación de los cilindros del motor, las salidas de la bomba se designan con A, B, C, etc.

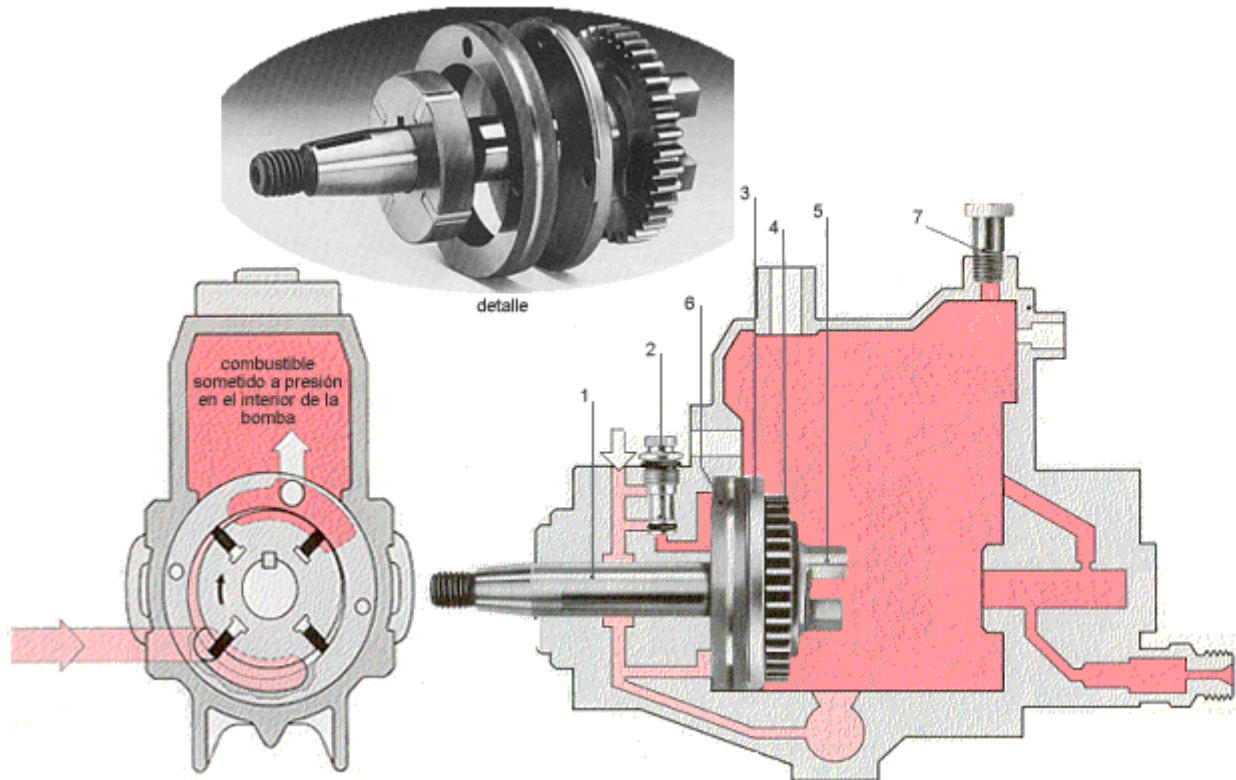
### Sección de baja presión

Los elementos que forman la parte de baja presión en las bombas rotativas son:

- Bomba de alimentación de aletas.
- Válvula reguladora de presión.
- Estrangulador de rebose.

En el circuito de alimentación de los motores diesel, el combustible es aspirado del deposito mediante la bomba de alimentación de aletas y transportado al interior de la bomba de inyección. Para obtener en el interior de la bomba una presión determinada en función del régimen (nº de rpm), se necesita una válvula reguladora de presión que permita ajustar una presión definida a un determinado régimen. La presión aumenta proporcionalmente al aumentar el nº de rpm, es decir, cuanto mayor sea el régimen, mayor será la presión en el interior de la bomba. Una parte del caudal de combustible transportado retorna, a través de la válvula reguladora de presión a la entrada de la bomba de aletas. Además, para la refrigeración y autopurga de aire de la bomba de inyección, el

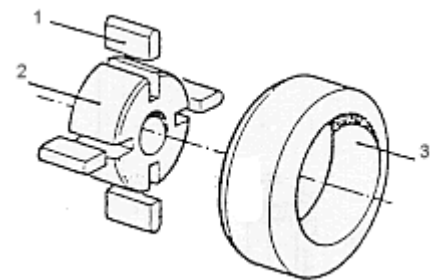
combustible retorna al depósito de combustible a través del estrangulador de rebose dispuesto en la parte superior de la bomba.



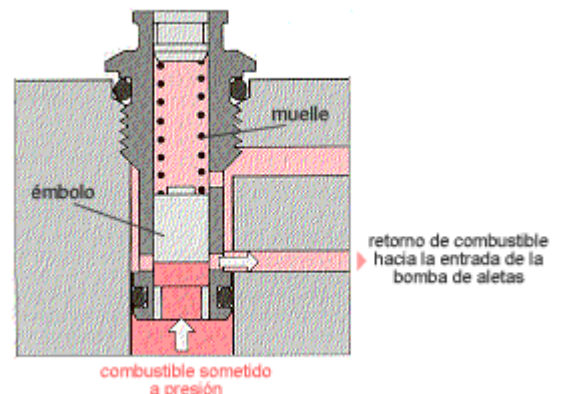
**Elementos que forman la parte de baja presión de una bomba de inyección:** 1.- Eje de accionamiento; 2.- Válvula reguladora de presión; 3.- Anillo de apoyo; 4.- Rueda dentada de accionamiento del regulador de caudal de combustible; 5.- Garra del eje; 6.- Anillo excéntrico; 7.- Estrangulador de rebose.

**Bomba de alimentación de aletas:** Esta montada entorno al eje de accionamiento de la bomba de inyección. El rotor (2) de aletas (1) esta centrado sobre el eje y es accionado por una chaveta del disco. El rotor de aletas esta rodeado por un anillo excéntrico (3) alojado en el cuerpo.

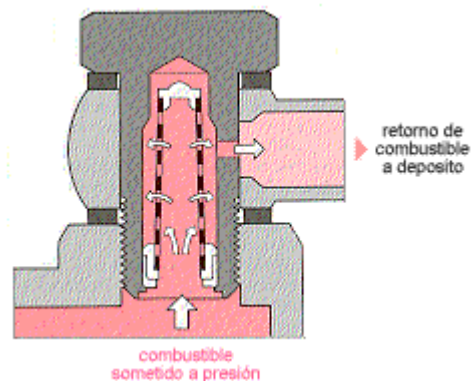
Las cuatro aletas (1) del rotor (2) son presionadas hacia el exterior, contra el anillo excéntrico (3), por efecto del movimiento de rotación y de la fuerza centrífuga resultante. El combustible llega al cuerpo de la bomba de inyección a través del canal de alimentación y pasa, por una abertura en forma de riñón. Por efecto de la rotación, el combustible que se encuentra entre las aletas, es transportado hacia el recinto superior y penetra en el interior de la bomba de inyección a través de un taladro. Al mismo tiempo, a través de un segundo taladro, una parte del combustible llega a la válvula reguladora de presión.



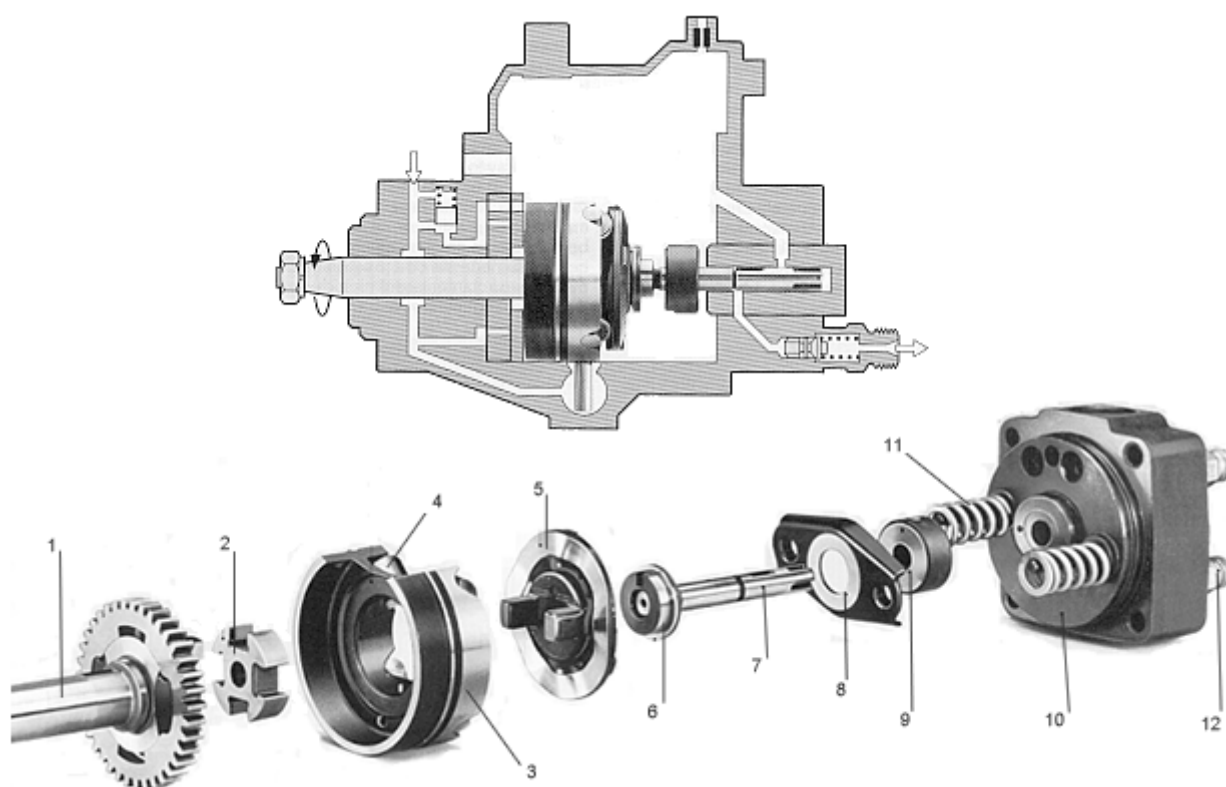
**Válvula reguladora de presión:** situada cerca de la bomba de alimentación de aletas. Esta válvula es de corredera, tarada por muelle, con lo que se puede variar la presión en el interior de la bomba de inyección según el caudal de combustible que se alimente. Si la presión de combustible excede un determinado valor, el embolo de la válvula abre el taladro de retorno, de forma que el combustible pueda retornar a la entrada de la bomba de alimentación de aletas. La presión de apertura de la válvula la determina la tensión previa del muelle de compresión.



**Estrangulador de rebose:** va roscado en la parte superior de la bomba de inyección. Permite el retorno de un caudal variable de combustible al depósito, a través de un pequeño orificio (diámetro 0.6 mm.). El taladro ofrece una resistencia a la salida de combustible, por lo que se mantiene la presión en el interior de la bomba. Como en el recinto interior de la bomba se necesita una presión de combustible exactamente definida de acuerdo con el régimen, el estrangulador de rebose y la válvula reguladora de presión están coordinados entre sí en lo que al funcionamiento se refiere.



## Sección de alta presión



Elementos de la bomba encargados de generar y distribuir el combustible a alta presión: 1.- Eje de accionamiento; 2.- Disco cruceta; 3.- Anillo de rodillos; 4.- Rodillo; 5.- Disco de levas; 6.- Arandelas de ajuste; 7.- Émbolo distribuidor; 8.- Puente elástico; 9.- Corredera de regulación; 10.- Cabeza distribuidora; 11.- Muelle; 12.- Racor de impulsión (válvula de reaspiración).

## Funcionamiento de la sección de alta presión de la bomba

El movimiento rotativo del eje de accionamiento (1) se transmite al émbolo distribuidor (7) por medio de un acoplamiento. Las garras del eje de accionamiento y del disco de levas (5) engranan en el disco cruceta (2) dispuesto entre ellas. Por medio del disco de levas, el movimiento giratorio del eje de accionamiento se convierte en un movimiento de elevación y giro. Esto se debe a que la trayectoria de las levas del disco discurre sobre los rodillos del anillo. El émbolo distribuidor es solidario del disco de levas por medio de una pieza de ajuste, y esta coordinado por un arrastrador. El desplazamiento del émbolo distribuidor hacia el punto muerto superior (PMI) está asegurado por el perfil del disco de levas. Los dos muelles antagonistas del émbolo, dispuestos simétricamente, que reposan sobre la cabeza distribuidora (10) y actúan sobre el émbolo distribuidor a través de un puente elástico (8), que provocan el desplazamiento del émbolo al punto muerto inferior (PMI). Además, dichos muelles impiden que el disco de levas pueda saltar, a causa de la elevada aceleración, de los rodillos del anillo. Para que el émbolo distribuidor no pueda salirse de su posición central a causa de la presión centrífuga, se ha determinado con precisión la altura de los muelles antagonistas del émbolo que están perfectamente coordinados.



### Discos de levas y formas de leva

Además de la función motriz del eje de accionamiento, el disco de levas influye sobre la presión de inyección y sobre la duración de esta. Los criterios determinantes a este respecto son la carrera y la velocidad de elevación de la leva. Según la forma de la cámara de combustión y el método de combustión de los distintos tipos de motor, las condiciones de inyección deberán producirse de forma individualmente coordinada. Por esta razón, para cada tipo de motor se calcula una pista especial de levas que luego se coloca sobre la cara frontal del disco de levas. El disco así configurado se monta acto seguido en la correspondiente bomba de inyección



Por esta razón, los discos de levas de las distintas bombas de inyección no son intercambiables entre si.

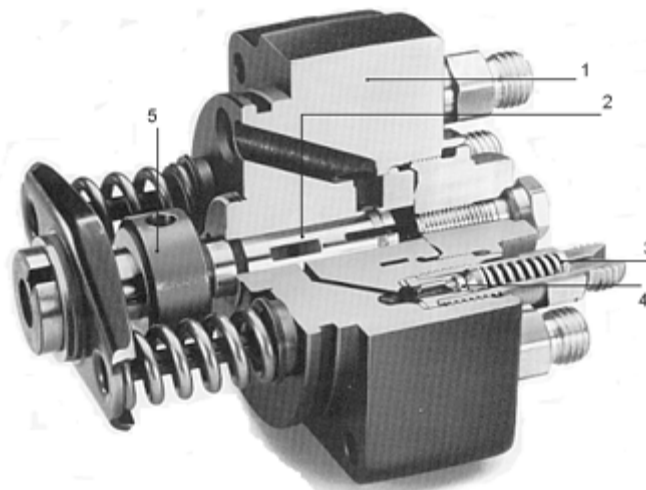
### Conjunto de la bomba

La cabeza y el émbolo distribuidores, así como la corredera de regulación están tan exactamente ajustados entre sí (por rodaje) que su estanqueidad es total incluso a las presiones mas elevadas.

Las perdidas por fugas son ínfimas pero tan inevitables como necesarias para la lubricación del émbolo distribuidor.



Por esta razón, en caso de sustitución deberá cambiarse el conjunto de bomba completo; en ningún caso el émbolo distribuidor, la cabeza distribuidora o la corredera de regulación, por separado.

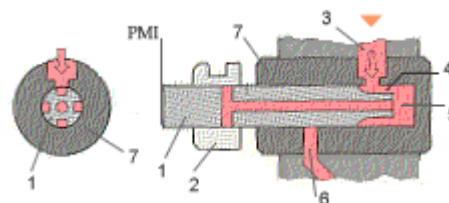


**Conjunto de cabeza y émbolo distribuidores:** 1.-Cabeza distribuidora; 2.- Embolo distribuidor; 3.- Racor de impulsión; 4.- Válvula de reaspiración (también llamada de impulsión); 5.- Corredera de regulación.

### Fases de la generación y distribución del combustible a alta presión.

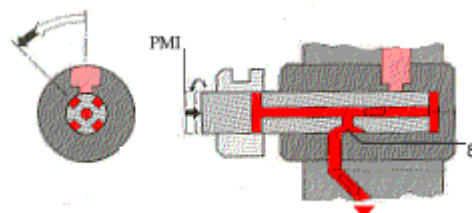
#### Entrada de combustible:

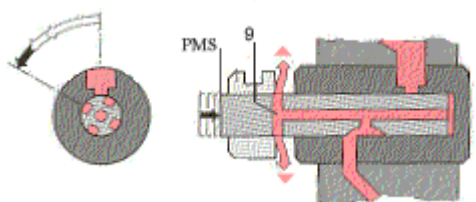
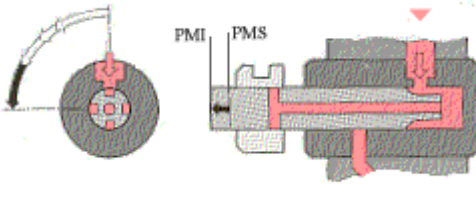
Con el émbolo (1) en posición PMI (Punto Muerto Inferior), el combustible entra al recinto de alta presión (5), a través del canal de entrada (3) y la ranura de control (4).



#### Alimentación de combustible.

Durante la carrera de PMI hacia PMS (Punto Muerto Superior), el émbolo cierra el canal de entrada (3), sometiendo a presión al combustible que se encuentra en el recinto de alta presión (5). Durante el movimiento giratorio del embolo (1) la ranura de distribución (8) coincide con uno de los orificios que tiene la cabeza distribuidora (7) y que alimenta a uno de los inyectores.

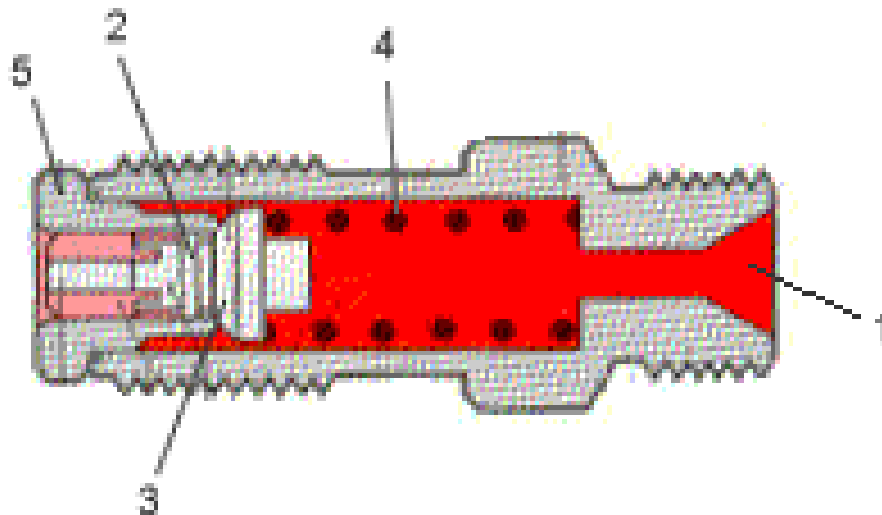


<p><b>Fin de alimentación.</b> La alimentación de combustible concluye en cuanto la corredera de regulación (2) abre los orificios de descarga (9).</p>	
<p><b>Entrada de combustible.</b> Cuando el émbolo retorna de PMS hacia PMI en su movimiento alternativo y sumando a este el movimiento rotativo se cierra la ranura de distribución (8) y se abre el canal de entrada (3) para volverse a llenar de combustible el recinto de alta presión (5).</p>	

Las fases que sirven para generar y distribuir el combustible a alta presión que se ven en el cuadro superior corresponde a la alimentación de uno de los cilindros del motor. En el caso de un motor de 4 cilindros el émbolo (1) describe un cuarto de vuelta entre las posiciones PMI y PMS y un sexto de vuelta si se trata de un motor de 6 cilindros.

#### Válvula de reaspiración (también llamada de impulsión)

Esta válvula aísla la tubería que conecta la bomba con el inyector de la propia bomba de inyección. La misión de esta válvula es descargar la tubería de inyección tras concluir la fase de alimentación de la bomba, extrayendo un volumen exactamente definido de la tubería para por una parte mantener la presión en la tubería (así la próxima inyección se realice sin retardo alguno), y por otra parte debe asegurar, igualmente, la caída brusca de la presión del combustible en los conductos para obtener el cierre inmediato del inyector, evitando así cualquier minina salida de combustible, unida al rebote de la aguja sobre su asiento.



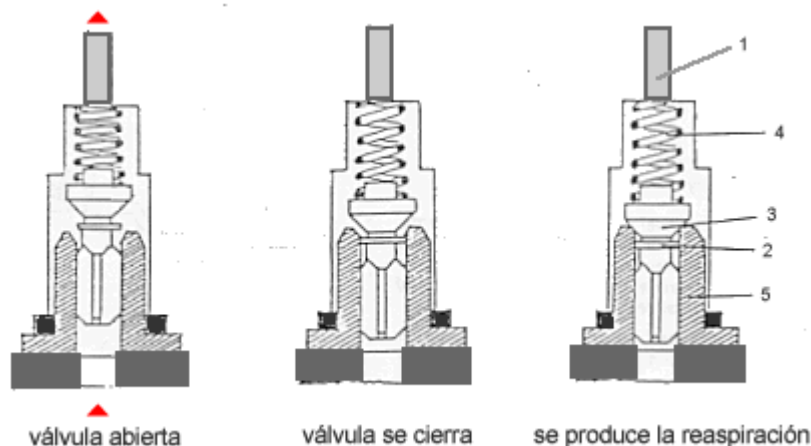
**Esquema de una válvula de reaspiración:** 1.- Salida de combustible hacia inyector a través del tubo; 2.- Pistón de expansión; 3.- Cono de válvula; 4.- Muelle; 5.- Porta-válvula unido a la bomba.

#### Funcionamiento

Al final de la inyección, la válvula desciende bajo la acción del muelle (4). El pistón de expansión (2) se introduce en el porta-válvula (5), antes de que el cono de válvula (3) descienda sobre su asiento, aislando el tubo de alimentación de inyector (1).

El descenso de la válvula (3) realiza una reaspiración de un determinado volumen dentro de la canalización, lo que da lugar a una expansión rápida del combustible provocando, en consecuencia, el cierre brusco del inyector.





## Inyectores

La misión del inyector es introducir el combustible alimentado a alta presión por la bomba de inyección a la cámara de combustión del motor. El inyector consta de cuerpo y aguja. Ambos están ensamblados con una precisión de ajuste del orden de 2 a 4 micrómetros y solo deben utilizarse como unidad completa.

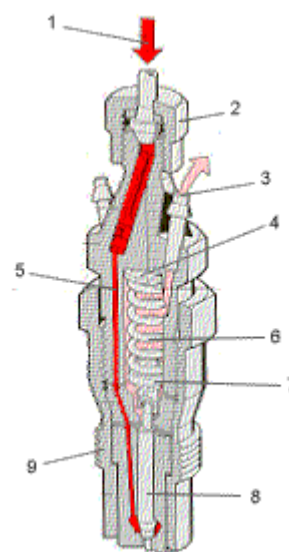
El conjunto inyector/portainyector va montado en la culata del motor. El portainyector sirve para fijar el inyector en la culata, y para estanqueizarlo frente a la cámara de combustión. El tubo de alimentación desemboca en el portainyector. Este tiene, además, una conexión para la fuga de combustible.

### Tipos de inyectores

Se distinguen dos tipos de inyectores:

- Inyectores de orificios para motores de inyección directa.
- Inyectores de tetón para motores con precámara de combustión y cámara de turbulencia.

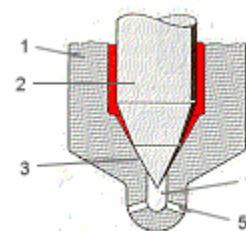
Dentro de estos dos tipos de inyectores existe, sin embargo, diversidad de variantes previstas para los diferentes tipos de motores.



**Inyector de tetón:** 1.- Entrada de combustible; 2.- Tuerca de racor para tubería de alimentación; 3.- Conexión para combustible de retorno; 4.- Arandelas de ajuste de presión; 5.- Canal de alimentación; 6.- Muelle; 7.- Perno de presión; 8.- Aguja del inyector; 9.- Tuerca de fijación del portainyector a la culata del motor.

### Inyectores de orificios

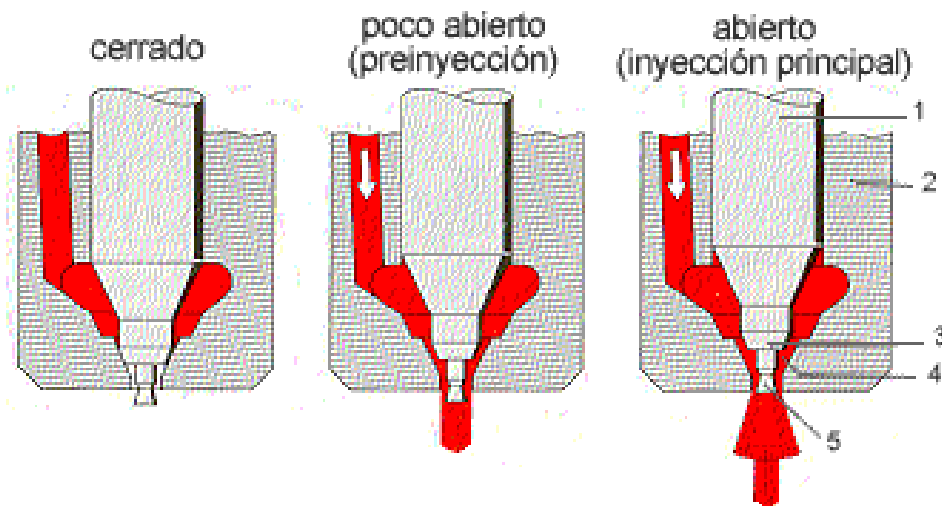
Tienen un cono de estanqueidad, un asiento de inyector de forma muy particular en el cuerpo del inyector y un taladro ciego. Los inyectores de orificios se realizan predominantemente con perforaciones múltiples. Sin embargo, también los hay de un solo orificio. En función de las condiciones de la cámara de combustión, el orificio de inyección del inyector de orificio único puede estar dispuesto central o lateralmente. En el caso de inyectores de varios orificios de inyección, estos pueden estar dispuestos simétrica o asimétricamente. La presión de apertura del inyector se encuentra por lo general entre 150 y 250 bar.



**Sección del inyector de orificios:** 1.- Cuerpo del inyector; 2.- Aguja del inyector; 3.- Asiento del inyector; 4.- Taladro ciego; 5.- Agujero de inyección.

### Inyectores de tetón

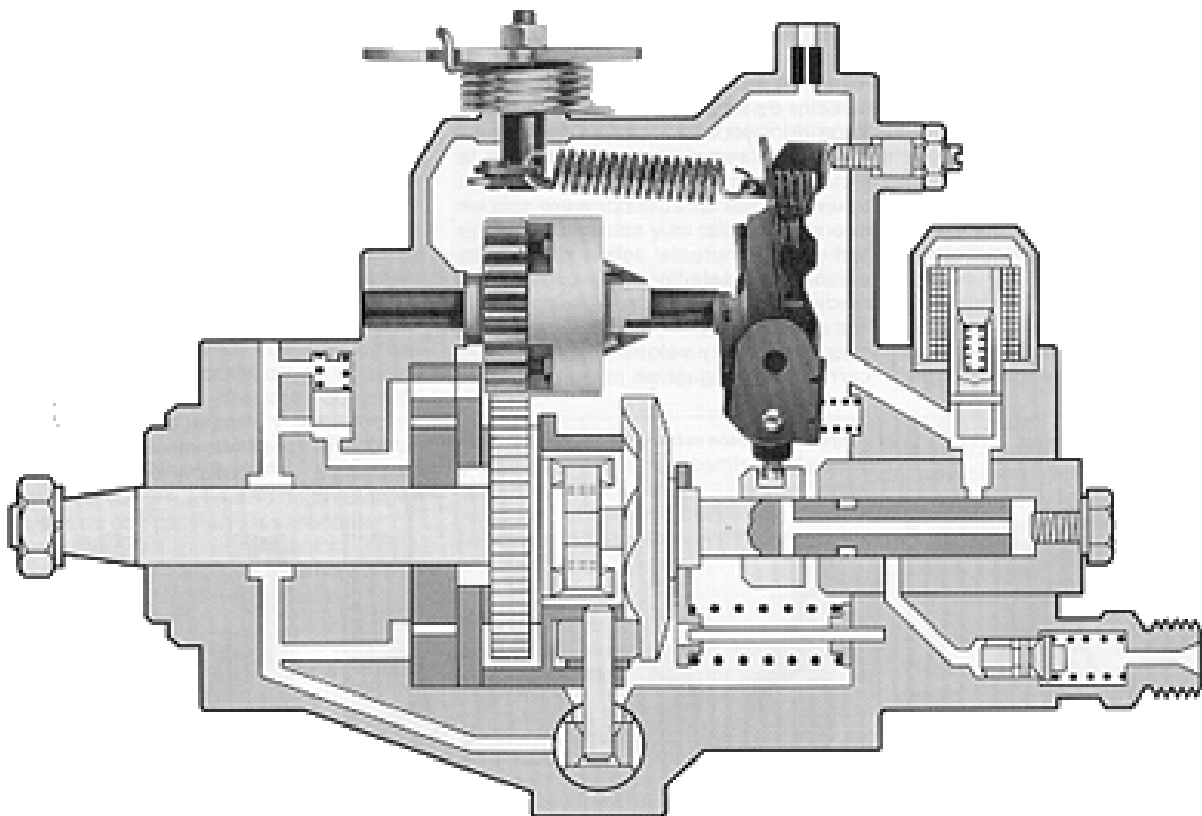
En el caso de motores con precámara o cámara de turbulencia, la preparación de la mezcla de combustible se efectúa principalmente mediante turbulencia de aire asistida por un chorro de inyección con la forma apropiada. En el caso de inyectores de tetón, la presión de apertura del inyector se encuentra generalmente entre 110 y 135 bar. La aguja del inyector de tetón tiene en su extremo un tetón de inyección con una forma perfectamente estudiada, que posibilita la formación de una preinyección. Al abrir el inyector, la aguja del inyector se levanta, se inyecta una cantidad muy pequeña de combustible que ira aumentando a medida que se levanta mas la aguja del inyector (efecto estrangulador), llegando a la máxima inyección de combustible cuando la aguja se levanta a su máxima apertura. El inyector de tetón y el estrangulador asegura una combustión mas suave y por consiguiente, un funcionamiento mas uniforme del motor, ya que el aumento de la presión de combustión es mas progresivo.



**Inyector de tetón:** 1.- Aguja del inyector; 2.- Cuerpo del inyector; 3.- Cono de impulsión; 4.- Cámara de presión; 5.- Tetón de inyección.

## Regulación mecánica de la dosificación de combustible.

El comportamiento de los vehículos diesel es satisfactorio cuando el motor responde a cualquier movimiento del acelerador. Al ponerlo en marcha, no debe tender a pararse de nuevo. Cuando se varía la posición del pedal del acelerador, el vehículo debe acelerar o retener sin tirones. A idéntica posición del acelerador y con pendiente constante de la calzada, la velocidad de marcha debe mantenerse asimismo constante. Al dejar de pisar el acelerador, el motor debe retener el vehículo. En el motor diesel, estas funciones están encomendadas al regulador de régimen o también llamado regulador de la dosificación de combustible.



### Funciones del regulador

#### - Regulador del ralentí

El motor diesel no funciona con un régimen de ralentí inferior al prefijado, si dicho régimen ha sido regulado.

#### - Regulación del régimen máximo

En caso de bajada de régimen máximo de plena carga esta limitado al de ralentí superior. El regulador considera esta situación y retrae la corredera de regulación hacia la dirección de parada. El motor recibe menos combustible.

#### - Regulación de regímenes intermedios

Esta función corre a cargo del regulador de todo régimen. Con este tipo de regulador también se pueden mantener constantes, dentro de determinados límites, los regímenes comprendidos entre el de ralentí y el máximo.

Además de sus funciones propias, al regulador se le exigen funciones de control:

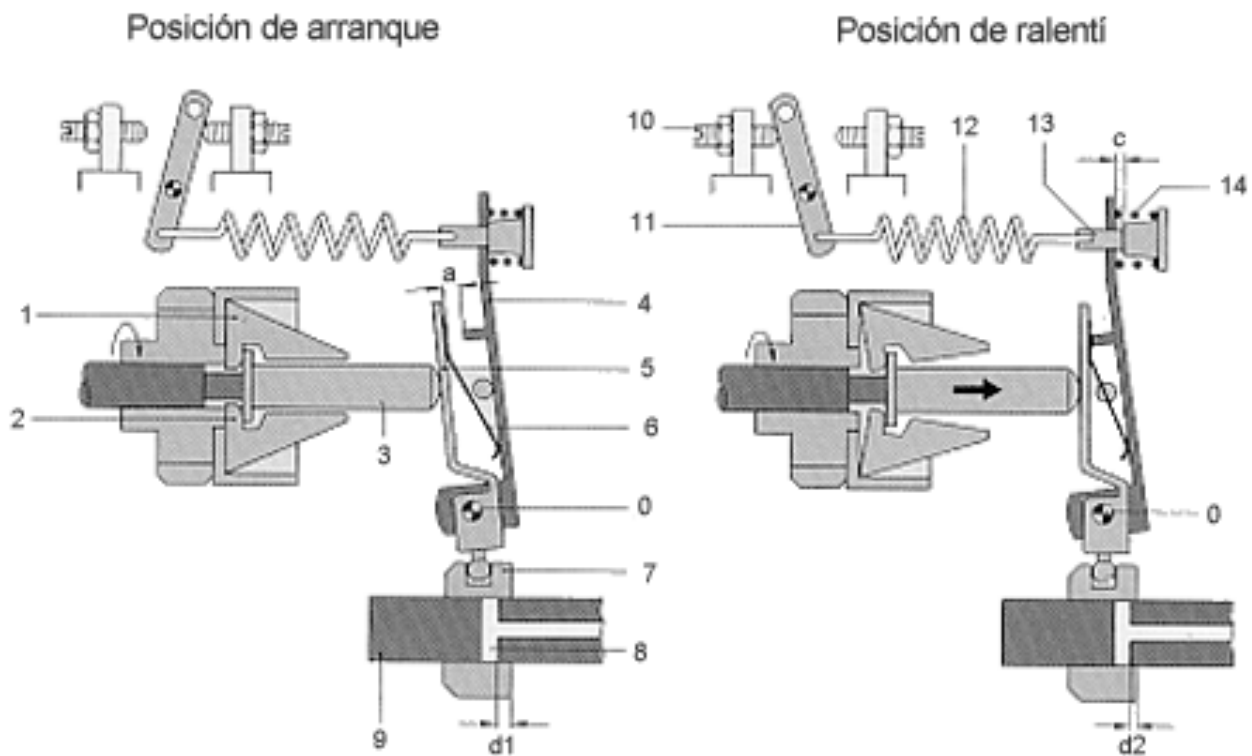
- Liberación o bloqueo de un caudal mayor de combustible necesario para el arranque.
- Variación del caudal de plena carga en función del régimen (corrección).

Para estas funciones adicionales, se precisan, en parte, dispositivos adaptadores.

### Regulador de todo régimen

El regulador de todo régimen ajusta este entre el de arranque y el máximo.

Con este regulador se pueden regular, además de los regímenes de ralentí y el nominal, cualquier otro régimen que se encuentre comprendido entre estos.



**Esquema de regulador de todo régimen:** 1,2.- Pesos centrífugos; 3.- Manguito regulador; 4.- Palanca tensora; 5.- Palanca de arranque; 6.- Muelle de arranque; 7.- Corredera de regulación; 8.- Taladro de mando del émbolo distribuidor; 9.- Émbolo distribuidor; 10.- Tornillo de ajuste, régimen del ralentí; 11.- Palanca de control de todo régimen; 12.- Muelle de regulación; 13.- Perno de fijación; 14.- Muelle de ralentí; a.- Carrera del muelle de arranque; c.- Carrera del muelle de ralentí; d1 Carrera útil máxima, arranque; d2.- Carrera útil mínima, ralentí; 0.- Punto de giro para 4 y 5.

### Construcción

El bloque regulador que comprende los pesos centrífugos y su carcasa, así como el muelle de regulación y el grupo de palancas, es movido por el eje de arrastre de la bomba. El bloque regulador gira sobre el eje de regulación solidario del cuerpo de la bomba. El movimiento radial de los pesos centrífugos se transforma en desplazamiento axial del manguito regulador. La fuerza del manguito regulador y su recorrido influyen en la posición del mecanismo regulador, compuesto por tres palancas: la de ajuste, la tensora y la de arranque. La palanca de ajuste gira sobre un pivote alojado en el cuerpo de la bomba y se puede graduar mediante el tornillo de ajuste de caudal de alimentación. Las palancas de sujeción y de arranque pivotan también sobre la de ajuste. La palanca de arranque dispone en su parte inferior de una rotula que actúa sobre la corredera de regulación, en oposición a la cual, en su parte superior, va fijado el muelle de arranque. En la parte superior de la palanca tensora va fijado el muelle de ralentí por medio de un perno de retención, al que también va enganchado el muelle

de regulación. La palanca de control y el eje de está forman la unión con la que regula el régimen. La posición del mecanismo de regulación queda definida por la interacción de las fuerzas del muelle y el manguito. El movimiento de control se transmite a la corredera de regulación y de esta forma se determina el caudal de alimentación del émbolo distribuidor.

### **Comportamiento en el arranque**

Cuando la bomba rotativa de inyección esta parada, los pesos centrífugos se encuentran en reposo, y el manguito regulador en su posición inicial. La palanca de arranque se desplaza a la posición de arranque mediante el muelle de arranque, que la hace girar alrededor de su punto de rotación "0". Simultáneamente, la rotula de la palanca de arranque hace que la corredera de regulación se desplace sobre el émbolo distribuidor en la dirección del caudal de arranque, con el resultado de que el émbolo distribuidor debe recorrer una carrera útil considerable (volumen de alimentación máximo = caudal de arranque) hasta que se produce la limitación determinada por el mando. De este modo, al arrancar se produce el caudal necesario para la puesta en marcha. El régimen mas bajo (régimen de arranque) es suficiente para desplazar el manguito regulador, en oposición al débil muelle de arranque, una distancia igual a **a**. La palanca de arranque vuelve a girar entonces alrededor del punto "0", y el caudal de arranque se reduce automáticamente al necesario para el ralentí.

### **Regulación de ralentí**

Una vez arrancado el motor diesel, al soltar el acelerador, la palanca de control de régimen pasa a la posición de ralentí, quedando apoyada entonces sobre su tope del tornillo de ajuste de éste. El régimen de ralentí ha sido elegido de modo que, en ausencia de carga, el motor continúe funcionando de forma segura y sin el riesgo de que se pare.

La regulación la asegura el muelle de ralentí dispuesto sobre el perno de sujeción. Este mediante el equilibrio en contra de la oposición creada por los pesos centrífugos. Mediante este equilibrio de fuerzas se determina la posición de la corredera de regulación respecto del orificio de descarga del émbolo distribuidor y, por lo tanto, se fija la carrera útil. Cuando los regímenes superan el margen de ralentí, finaliza el recorrido "c" del muelle y se vence la resistencia opuesta por el muelle.

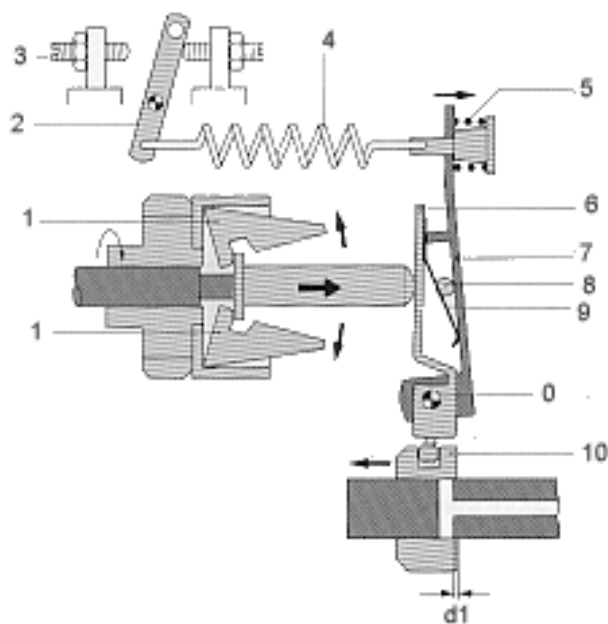
### **Funcionamiento en carga**

En servicio la palanca de control de régimen pivota y adopta una posición definida por el régimen o la velocidad de desplazamiento deseada del vehículo. Esta posición la determina el conductor mediante la correspondiente posición del acelerador. La acción de los muelles de arranque y de ralentí queda anulada para regímenes superiores al margen de ralentí. Aquellos no influyen sobre la regulación. El muelle de regulación interviene solo en el siguiente caso.

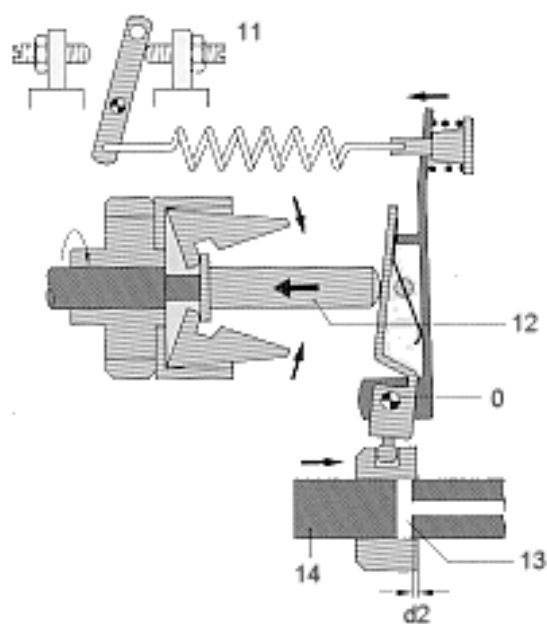
Ejemplo: El conductor acciona el acelerador y pone la palanca de mando de régimen en una posición determinada que debe corresponder a la velocidad deseada (superior). Esta corrección somete al muelle de regulación a una tensión de un valor determinado. El efecto de la fuerza del muelle de regulación es por tanto superior al de la fuerza centrífuga. Las palancas de arranque y de sujeción siguen el movimiento del muelle, es decir, pivotan alrededor del eje "0" y transmiten el movimiento a la corredera, desplazandola en el sentido de caudal máximo. Este aumento del caudal de alimentación determina una subida del régimen, acción que obliga a los pesos centrífugos a desplazarse hacia al exterior y empujar el manguito regulador en oposición a la fuerza del muelle actuante. Sin embargo la corredera de regulación permanece en "máximo" hasta que el par se equilibra. Si el régimen motor sigue aumentando, los pesos centrífugos se desplazan mas hacia afuera, predominando entonces el efecto de la fuerza del manguito de regulación. Por consiguiente, las palancas de arranque y de sujeción pivotan alrededor de su eje común "0" y desplazan la corredera de regulación en el sentido de "parada", con lo que el orificio de descarga queda libre antes. El caudal de alimentación puede reducirse hasta "caudal nulo", lo que garantiza la limitación de régimen.

Si la carga (ejemplo: en una pendiente) es tan pronunciada que la corredera de regulación se encuentra en la posición de plena carga, pero el régimen disminuye a pesar de ello, los pesos centrífugos se desplazan mas hacia el interior y en función de este régimen. Pero como la corredera de regulación ya se encuentra en la posición de plena carga, no es posible aumentar mas el caudal de combustible. El motor esta sobrecargado y, en este caso, el conductor debe reducir a una marcha inferior, o bien modificar el régimen.

### Funcionamiento al aumentar el régimen



### Funcionamiento al disminuir el régimen



**Regulador de todo régimen:** 1.- Pesos centrífugos; 2.- Palanca de control de régimen; 3.- Tornillo de ajuste del régimen de ralentí; 4.- Muelle de regulación; 5.- Muelle de ralentí; 6.- Palanca de arranque; 7.- Palanca tensora; 8.- Tope de la palanca tensora; 9.- Muelle de arranque; 10.- Corredera de regulación; 11.- Tornillo de ajuste plena carga; 12.- Manguito regulador; 13.- Taladro de control del émbolo distribuidor; 14.- Émbolo distribuidor; 0.- eje de giro de 6 y 7; d1.- Carrera útil de media carga; d2.- Carrera útil de plena carga.

### Marcha con freno motor

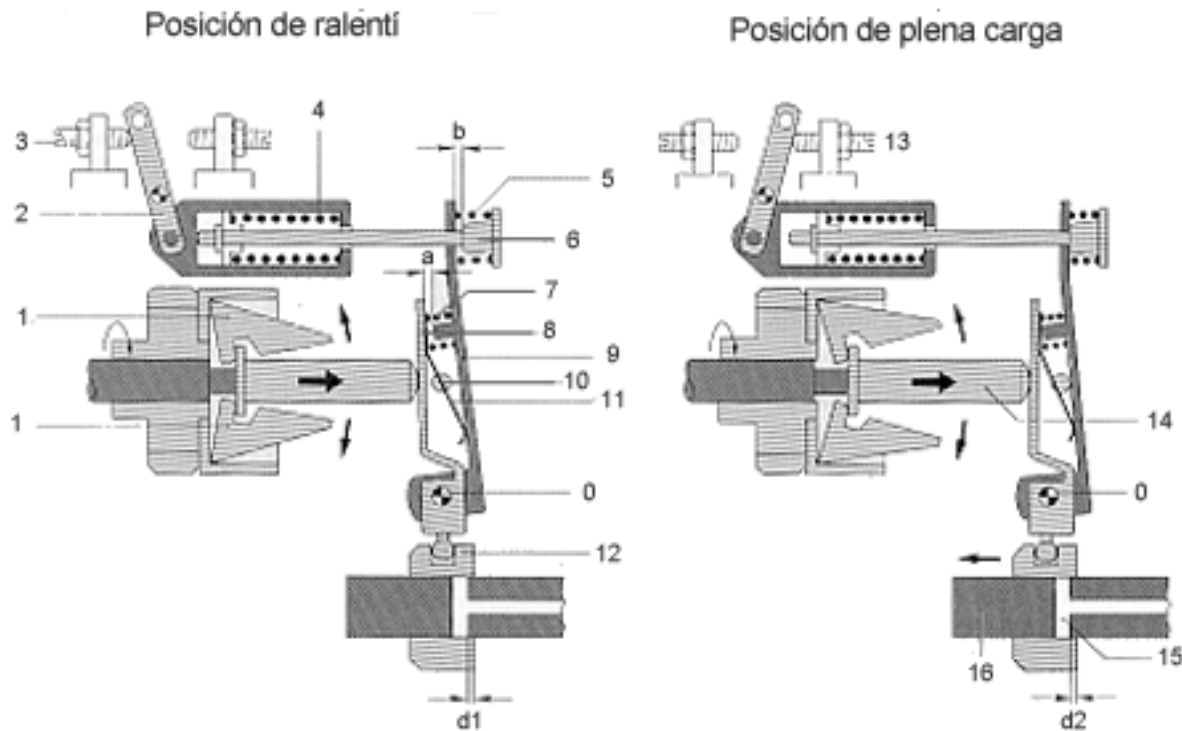
Al bajar una pendiente (marcha con freno motor) ocurre lo contrario. El impulso y la aceleración del motor los produce el vehículo. Debido a esto, los pesos centrífugos se desplazan hacia afuera y el manguito regulador presiona contra las palancas de arranque y de sujeción. Ambas cambian de posición y desplazan la corredera de regulación en la dirección de menos caudal hasta que se ajusta un caudal de alimentación inferior, correspondiente al nuevo estado de carga, que en el caso extremo es nulo. En caso de descarga completa del motor se alcanza el régimen superior de ralentí. El comportamiento del regulador de "todo régimen" ya descrito es siempre aplicable a todas las posiciones de la palanca de control de régimen si, por algún motivo, la carga o el régimen varían de forma tan considerable que la corredera de regulación apoya en sus posiciones finales de "plena carga" o "parada".

### Regulador mini-maxi

Este regulador determina únicamente los regímenes de ralentí y máximo. El margen intermedio se controla directamente mediante el acelerador.

### Construcción

El bloque regulador, que comprende los pesos centrífugos y el conjunto de palancas, es similar al regulador de todo régimen. El regulador mini-maxi se distingue por el muelle de regulación y su montaje. Se trata de un muelle de compresión alojado en un elemento guía. La unión entre la palanca de sujeción y el muelle de regulación está encomendada al perno de tope.



**Regulador mini-maxi:** 1.- Pesos centrífugos; 2.- Palanca de control de régimen; 3.- Tornillo de ajuste de ralenti; 4.- Muelle de regulación; 5.- Muelle intermedio; 6.- Perno de fijación; 7.- Muelle de ralenti; 8.- Palanca de control; 9.- Palanca de sujeción.; 10.- Tope de la palanca de sujeción.; 11.- Muelle de arranque; 12.- Corredera de regulación; 13.- Tornillo de ajuste de plena carga; 14.- Manguito regulador; 15.- Taladro de control del émbolo distribuidor; a.- Carrera de los muelles de arranque y de ralenti; b.- Carrera del muelle intermedio; d1.- Carrera útil mínima de ralenti; d2.- Carrera útil de plena carga; 0.- eje de rotación de 8 y 9.

### Comportamiento en el arranque

El manguito regulador se encuentra en la posición de salida, ya que los pesos centrífugos están en reposo. Por ello, el muelle de arranque está en condiciones de presionar la palanca de arranque contra el manguito regulador. La corredera de regulación del émbolo distribuidor se encuentra en la posición "caudal de arranque".

### Regulación de ralenti

Después de arrancar el motor y soltar el acelerador, la palanca de control del régimen pasa a la posición de ralenti por efecto del muelle antagonista. Al aumentar el régimen aumenta también la fuerza centrífuga de los pesos que, por su ala interna presionan al manguito regulador contra la palanca de arranque. La regulación se efectúa por medio del muelle de ralenti solidario de la palanca de sujeción. La corredera de regulación se desplaza en el sentido correspondiente a "reducción de caudal de alimentación" por efecto del movimiento giratorio de la palanca de arranque. La posición de la corredera de regulación la determina, por tanto, la interacción entre la fuerza centrífuga y la del muelle.

### Funcionamiento en carga

Si el conductor acciona el pedal del acelerador, la palanca de mando de régimen adopta un ángulo de inclinación determinado. El margen de actuación de los muelles de arranque y de ralenti queda anulado y entra en acción el muelle intermedio. El muelle intermedio del regulador mini-maxi permite obtener un margen de ralenti mas amplio y una transición mas "suave" al margen no regulado. Si la palanca de control de régimen se sigue desplazando en dirección de plena carga, el desplazamiento del muelle intermedio prosigue hasta que el collarín del perno apoya en la palanca tensora. El margen de actuación del muelle intermedio queda anulado y actúa, por tanto, el margen sin regulación, determinado por la tensión previa del muelle de regulación. Para este margen de régimen, el muelle puede considerarse rígido. La variación de la posición de la palanca de control de régimen (o del pedal del acelerador) es transmitida ahora a la corredera de regulación por medio del mecanismo regulador. Así, mediante el pedal del acelerador, se determina directamente el caudal de alimentación. Si el conductor desea aumentar la velocidad o ha de subir una pendiente, debe dar "mas gas"; si, por el contrario, se exige menor potencia de motor, deberá "quitar gas". Si el motor queda ahora sin carga, con la posición de la palanca de control de régimen sin modificar, a caudal constante se produce una elevación del régimen. La fuerza centrífuga aumenta, y obliga a los pesos a desplazar el manguito regulador contra las palancas de arranque y de sujeción. Solo después de que ha sido vencida la tensión previa del muelle de regulación por efecto de la fuerza del manguito, tiene lugar de forma eficiente la regulación limitadora final al margen de régimen nominal. En ausencia total de carga, el motor alcanza el régimen máximo de ralenti y esta, por tanto, protegido contra sobrerrevoluciones.

Los vehículos de turismo suelen ir equipados con una combinación de reguladores "todo régimen" y "mini-maxi".

## Variación del avance a la inyección

Este dispositivo de la bomba rotativa de inyección permite adelantar el comienzo de la alimentación en relación con la posición del cigüeñal del motor y de acuerdo con el régimen, para compensar los retardos de inyección e inflamación.

### Función

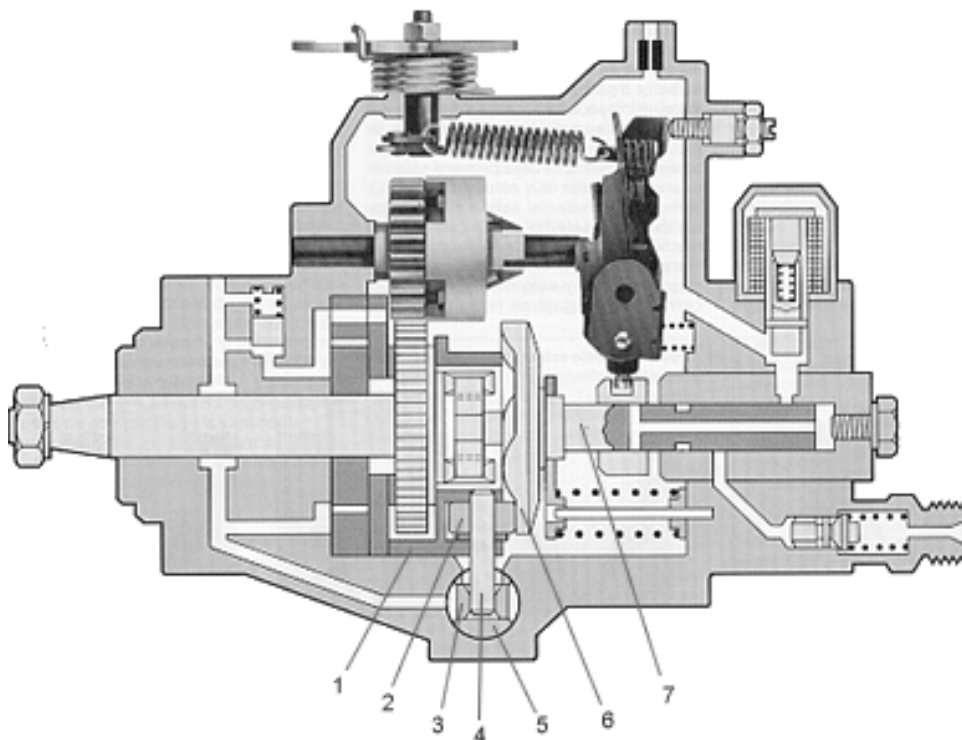
Durante la fase de alimentación de la bomba de inyección, la apertura del inyector se produce mediante una onda de presión que se propaga a la velocidad del sonido por la tubería de inyección. El tiempo invertido en ello es independiente del régimen, sin embargo, el ángulo descrito por el cigüeñal entre el comienzo de la alimentación y de la inyección aumenta con el régimen. Esto obliga, por tanto, a introducir una corrección adelantando el comienzo de la alimentación. El tiempo de la propagación de la onda de presión la determinan las dimensiones de la tubería de inyección y la velocidad del sonido que es de aprox. 1500 m/seg. en el gasoleo. El tiempo necesario para ello se denomina retardo de inyección y el comienzo de la inyección esta, por consiguiente, retrasado con respecto al comienzo de alimentación. Debido a este fenómeno, a regímenes altos el inyector abre, en términos referidos a la posición del pistón, mas tarde que a regímenes bajos.

Después de la inyección, el gasoleo necesita cierto tiempo para pasar al estado gaseoso y formar con el aire la mezcla inflamable.

Este tiempo de preparación de la mezcla es independiente del régimen motor. El intervalo necesario para ello entre el comienzo de la inyección y de la combustión se denomina, en los motores diesel, retraso de inflamación que depende del "índice de cetano", la relación de compresión, la temperatura del aire y la pulverización del combustible. Por lo general, la duración del retraso de inflamación es del orden de 1 milisegundo. Siendo el comienzo de la inyección constante y el régimen del motor ascendente, el ángulo del cigüeñal entre el comienzo de la inyección y el de la combustión, va aumentando hasta que esta ultima no puede comenzar en el momento adecuado, en términos relativos a la posición del pistón del motor. Como la combustión favorable y la optima potencia de un motor diesel solo se consiguen con una posición determinada del cigüeñal o del pistón, a medida que aumenta el régimen debe de adelantarse el comienzo de alimentación de la bomba de inyección para compensar el desplazamiento temporal condicionado por el retraso de la inyección e inflamación. Para ello se utiliza el variador de avance en función del régimen.

### Construcción

El variador de avance por control hidráulico va montado en la parte inferior del cuerpo de la bomba rotativa de inyección, perpendicular a su eje longitudinal. El émbolo del variador de avance es guiado por el cuerpo de la bomba, que va cerrado por tapas a ambos lados. En el embolo hay un orificio que posibilita la entrada de combustible, mientras que en lado contrario va dispuesto un muelle de compresión. El embolo va unido al anillo de rodillos mediante un una pieza deslizante y un perno.

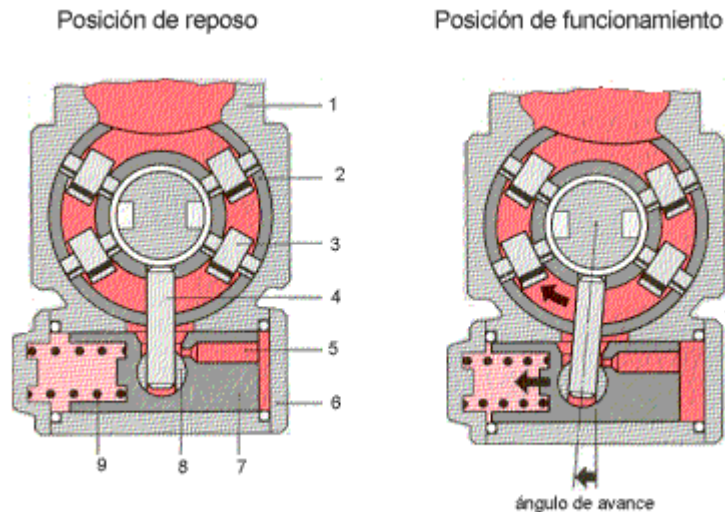


**Disposición del variador de avance en la bomba rotativa:** 1.- Anillo de rodillos; 2.- Rodillos del anillo; 3.- Pieza deslizante; 4.- Perno; 5.- Embolo del variador de avance; 6.- Disco de levas; 7.- Embolo distribuidor.

## Funcionamiento

La posición inicial del embolo del variador de avance en la bomba de inyección rotativa la mantiene el muelle tarado del variador. Durante el funcionamiento, la presión de combustible en el interior de la bomba la regula, en proporción al régimen, la válvula reguladora de presión junto con el estrangulador de rebose. Por consiguiente la presión de combustible creada en el interior de la bomba se aplica por el lado del émbolo opuesto al muelle del variador de avance.

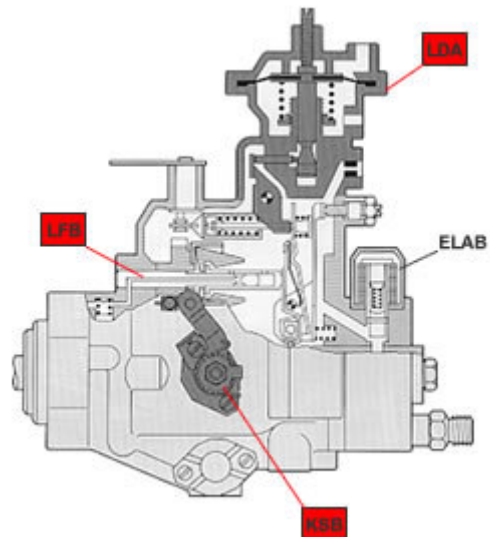
La presión del combustible en el interior de la bomba solo vence la resistencia inicial del muelle y desplaza el émbolo del variador a partir de un determinado régimen (300 rpm). El movimiento axial del émbolo se transmite al anillo de rodillos montado sobre cojinete por medio de la pieza deslizante y el perno. Esto hace que la disposición del disco de levas con respecto al anillo de rodillos varíe de forma que los rodillos del anillo levanten, con cierta antelación, el disco de levas en giro. El disco de levas y el embolo distribuidor están, por tanto, desfasados en un determinado ángulo de rotación con respecto al anillo de rodillos. El valor angular puede ser de hasta 12° de ángulo de levas (24° de ángulo de cigüeñal).



**Sección del variador de avance:** 1.- Cuerpo de la bomba; 2.- Anillo de rodillos; 3.- Rodillo; 4.- Perno; 5.- Orificio del émbolo; 6.- Tapa; 7.- Embolo; 8.- Pieza deslizante; 9.- Muelle.

## Dispositivos de adaptación

La bomba de inyección ha sido realizada según el principio de construcción modular y puede ser equipada con diferentes dispositivos adicionales según las exigencias del motor. De esta forma se consiguen múltiples posibilidades de adaptación que permiten alcanzar los valores mas favorables de par motor, potencia, consumo y emisiones de escape.



Bomba rotativa de inyección con dispositivos de adaptación.

En el esquema siguiente se explican los dispositivos de adaptación y como influyen en el funcionamiento del motor diesel.



**Compensación mecánica/hidráulica de plena carga.**  
Compensación de caudal de alimentación a las características de consumo de combustible del motor en función del régimen

**LCA** Tope de plena carga en función de la presión de carga.  
Control de caudal de alimentación según la presión de carga.

**LFB** Comienzo de alimentación en función de la carga.  
Adaptación del inicio de la alimentación al estado de carga para evitar ruidos

**ADA** Tope de plena carga según la presión atmosférica.  
Control del caudal de alimentación de acuerdo con la presión atmosférica

**KSB** Acelerador de arranque en frío.  
Mejora del comportamiento de arranque en frío modificando el comienzo de la inyección.

**TAS (\*)** Caudal de arranque según la temperatura.  
El control del caudal de arranque en función de la temperatura del motor evita la emisión de humos al arrancar en caliente.

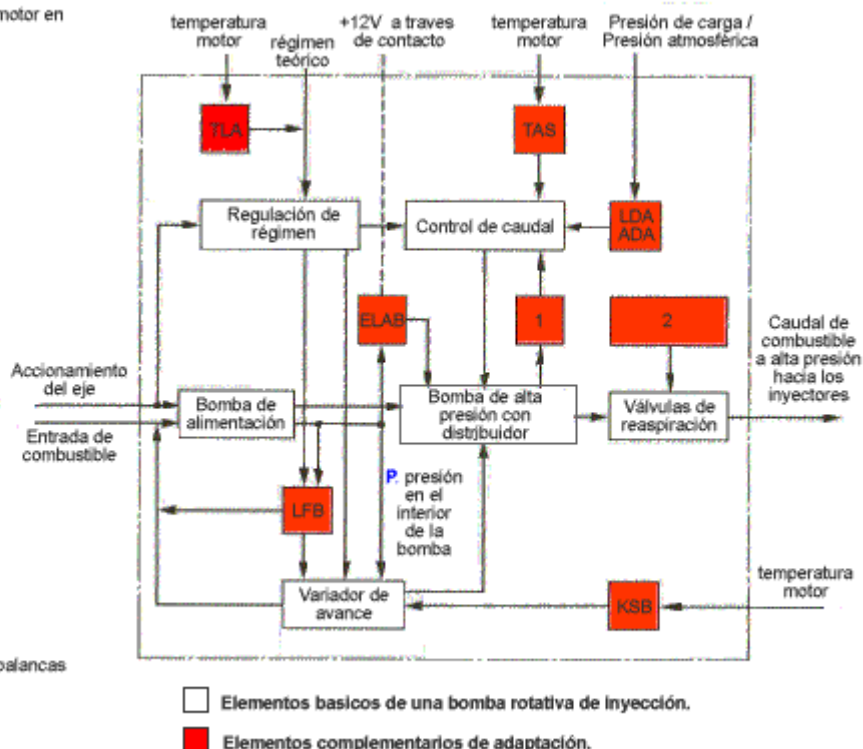
**TLA (\*)** Elevación del régimen de ralentí en función de la temperatura.  
Mejora de la fase de calentamiento y de la estabilidad de funcionamiento elevando el régimen de ralentí con el el motor frío.

**ELAB** Dispositivo eléctrico de parada.

1- Compensación de plena carga con grupo de palancas de regulación.

2 - Compensación hidráulica de plena carga

(\*) sólo es posible conjuntamente con KSB.

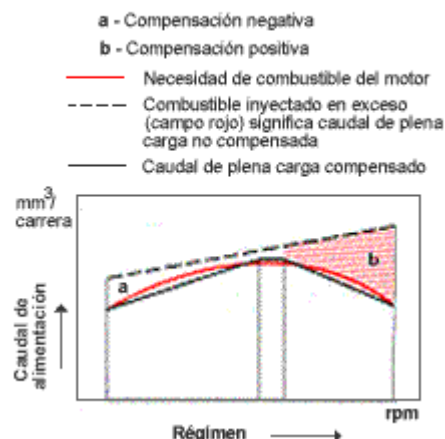


## Compensación

Se entiende por compensación la adaptación del caudal de alimentación de combustible a la curva característica de consumo del motor de acuerdo con el régimen.

La compensación puede ser necesaria frente a determinadas exigencias a la característica de plena carga (optimización de la composición de los gases de escape, de la característica del par motor y del consumo de combustible). En consecuencia se debe inyectar tanto combustible como consume el motor. El consumo de combustible disminuye sensiblemente al aumentar el régimen. En la figura se muestra la curva característica del caudal de alimentación de una bomba de inyección no compensada. De ella se desprende que, a idéntica posición de la corredera de regulación en el émbolo distribuidor, la bomba de inyección alimenta algo más de combustible a régimen alto que a régimen bajo.

Evolución del caudal de alimentación con y sin compensación de plena carga



La causa de este caudal adicional es el efecto de estrangulación del orificio de descarga del émbolo distribuidor. Si el caudal de alimentación de la bomba de inyección se ajusta de forma que el par motor máximo posible se consiga en el margen inferior del régimen, a regímenes elevados el motor no quemará el combustible inyectado sin producir humos. La consecuencia de inyectar demasiado combustible será un sobrecalentamiento del motor. Si, por el contrario, el caudal de alimentación máximo se determina de forma que corresponda al consumo del motor a su régimen y cargas máximas, a regímenes bajos, éste no podrá desarrollar su máxima potencia, ya que también el caudal de alimentación se reduce cada vez más a medida que el régimen disminuye. La potencia no sería, por tanto, "óptima". En consecuencia, el caudal de combustible inyectado se debe adaptar al consumo de combustible del motor. La compensación puede efectuarse en la bomba rotativa de inyección mediante la válvula de reaspiración o un grupo ampliado de palancas de regulación. La compensación de plena carga con el grupo de palancas de regulación se efectúa siempre que una compensación positiva de plena carga con la válvula de reaspiración no es suficiente, o bien se requiere una compensación de plena carga negativa.

## Compensación positiva

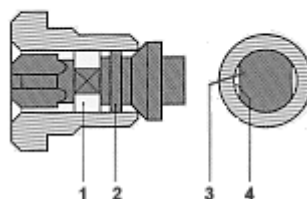
La compensación positiva de plena carga es necesaria en las bombas de inyección que alimentan demasiado combustible en el margen superior del régimen. Para evitarlo en algunas bombas de inyección es preciso reducir el caudal de alimentación de la bomba de inyección a medida que aumenta el régimen.

### - Compensación positiva con la válvula de reaspiración.

Esta compensación positiva puede conseguirse, dentro de determinados límites, mediante válvulas de reaspiración. Para este caso de aplicación, las válvulas de reaspiración llevan, además de collarín de descarga, un segundo collarín. Sobre este según las necesidades, van dos superficies cónicas. Las secciones así formadas actúan a modo de estrangulador que, a medida que aumenta el régimen de la bomba de inyección, produce una evolución decreciente del caudal de alimentación.

Compensación con válvula de reaspiración.

- 1 - Collarín de descarga
- 2 - Collarín de compensación
- 3 - Facetado
- 4 - Sección de estrangulamiento

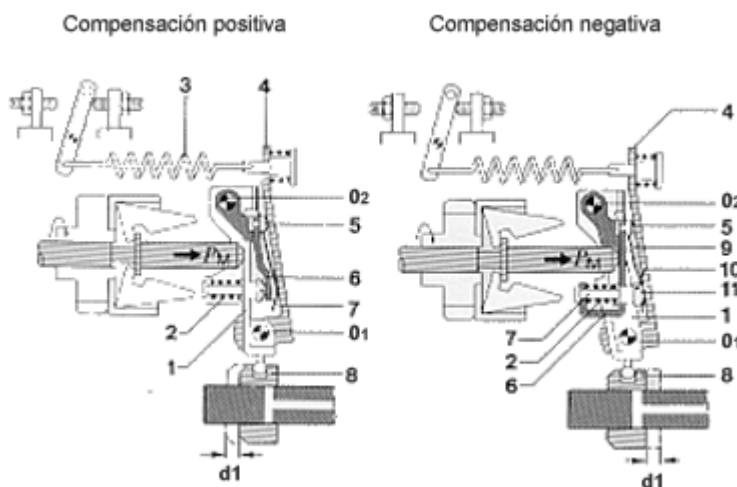


### - Compensación positiva con el grupo de palancas de regulación.

El régimen específico de inicio de la compensación depende de los distintos valores de tarado del muelle de compensación. Al alcanzarse este régimen las fuerzas de tarado inicial del muelle de compensación y la fuerza del manguito ( $P_m$ ) deben de estar equilibradas.

Compensación con grupo de palancas de regulación.

- 1- Palanca de arranque
- 2- Muelle de compensación
- 3- Muelle de regulación
- 4- Palanca de sujeción
- 5- Perno de tope
- 6- Palanca de compensación
- 7- Perno de compensación
- 8- Corredera de regulación
- 9- Muelle de arranque
- 10- Collarín de perno
- 11- Punto de tope
- 01- Eje de giro de 1 y 4
- 02- Eje de giro de 1 y 6
- $P_m$ - Fuerza del manguito
- d1- Carrera de regulación



La palanca de compensación (6) apoya entonces sobre el perno tope (5) de la palanca tensora (4). El extremo libre de la palanca de compensación toca el perno de compensación. Si aumenta el régimen lo hace también la fuerza del manguito que actúa sobre la palanca de arranque (1). El eje de giro común (02) de la palanca de arranque y de la de compensación cambia de posición. Simultáneamente, la palanca de compensación gira alrededor del perno tope (5) y presiona el de compensación en dirección al tope. Debido a esto la palanca de arranque gira alrededor del eje (01) y empuja la corredera de regulación (8) hacia menor caudal de inyección. Tan pronto como el collarín del perno (10) descansa en la palanca de arranque (1), la compensación termina.

### Compensación negativa

La compensación negativa de plena carga puede ser necesaria en los motores con problemas de humos negros en el margen inferior del régimen o que precisan conseguir un aumento especial del par motor. Asimismo, los motores sobrealimentados exigen una compensación negativa si se prescinde del tope de plena carga en función de la presión de carga (LDA). En estos casos, a medida que aumenta el régimen crece también considerablemente el caudal de alimentación como se ve en la figura de las curvas de arriba.

### - Compensación negativa con el grupo de palancas de regulación.

Tras comprimir el muelle de arranque (9) la palanca de compensación (6) apoya en la palanca de sujeción (4) por medio del perno de tope (5). El perno de compensación (7) también apoya en la palanca tensora. Si la fuerza del manguito ( $P_m$ ) crece como consecuencia del aumento del régimen, la palanca de compensación presiona contra el muelle de compensación tarado. Si la fuerza del manguito es superior a la del muelle de compensación, la palanca de compensación (6) es empujada en dirección al collarín del perno (10) con lo que el eje de giro conjunto (02) de las palancas de arranque y de compensación cambia de posición. Simultáneamente, la palanca de arranque gira alrededor de su eje (01) y empuja la corredera de regulación (8) en dirección a más caudal. La compensación termina tan pronto como la palanca de compensación descansa sobre el collarín del perno.

Adaptación de la presión de carga

El tope de plena carga según la presión de carga (LDA) reacciona a la que produce el turbocompresor de gases de escape y tiene por misión adaptar el caudal de alimentación de plena carga a la presión de carga.

### El tope de plena carga según la presión de carga (LDA)

#### Función

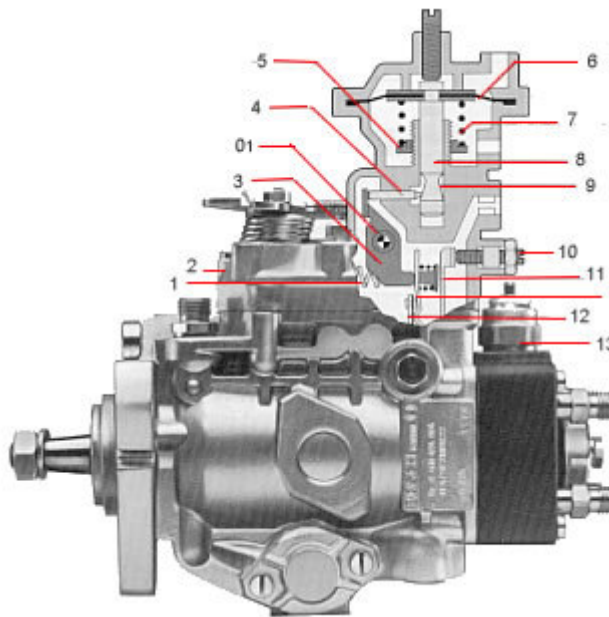
Este dispositivo se utiliza en motores sobrealimentados. En estos motores diesel, el caudal de combustible está adaptado al mayor volumen de aire de llenado de los cilindros. Si el motor diesel sobrealimentado funciona con un volumen de aire inferior en los cilindros del motor, el caudal de combustible deberá ser adaptado a esta masa de aire reducida. De esta misión se encarga el tope de plena carga accionado por la presión de carga, que reduce el caudal de plena carga a partir de una presión de turbo definida.

#### Construcción

Este dispositivo va montado en la parte superior de la bomba de inyección como se ve en la figura. En la parte superior se encuentra la conexión para la presión de turbo y el orificio de purga. El recinto interior se divide en dos cámaras autónomas y estancas al aire por medio de una membrana contra la que actúa un muelle de compresión fijado al otro lado mediante una tuerca de ajuste, con la que se puede graduar la tensión previa del muelle de compresión. De esta forma se adapta el momento de actuación del tope de plena carga a la presión del turbo en función de la presión de carga. La membrana es solidaria del perno de control, que dispone de un cono al que palpa un pasador guía. Este pasador transmite el movimiento de regulación del perno de ajuste a la palanca de tope, que modifica el tope de plena carga. Con el perno de ajuste en la parte superior del LDA se define la posición de partida de la membrana y el perno de control.

#### A la derecha una bomba de inyección con tope de plena carga en función de la presión de carga (LDA)

- 1- Muelle de regulación
- 2- Tapa del regulador
- 3- Palanca de tope
- 4- Pasador guía
- 5- Tuerca de ajuste
- 6- Membrana
- 7- Muelle de compresión
- 8- Perno de control
- 9- Cono de control
- 10- Tornillo de ajuste del caudal de plena carga
- 11- Palanca de ajuste
- 12- Palanca de sujeción
- 13- Palanca de arranque
- 01- Eje de giro de 3



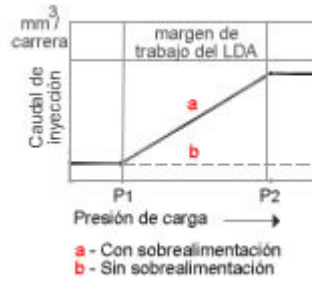
#### Funcionamiento

La presión del turbo a bajo régimen no basta para vencer la tensión del muelle. La membrana se encuentra en su posición inicial. En el momento en que la membrana es sometida a la fuerza generada por la presión del turbo, la membrana y, por tanto, el perno de control, se desplazan en oposición al empuje del muelle. Debido a este movimiento vertical del perno de control, el pasador guía cambia de posición, lo que obliga a la palanca de tope a realizar un movimiento de giro alrededor de su eje de giro (01). Gracias a la fuerza de tracción del muelle de regulación, la palanca de sujeción, la de tope, el pasador guía y el cono de control se hacen solidarios. Por tanto, la palanca de sujeción sigue el movimiento de la de tope, de forma que las palancas de arranque y de sujeción describen un movimiento de giro alrededor de su eje común, y desplazan la corredera de regulación en el sentido de "aumento de caudal". El caudal de combustible adapta, por tanto, a la mayor masa de aire presente en la cámara de combustión del motor. Si la presión del turbo desciende, el muelle de compresión situado debajo de la membrana de empuja el perno de control hacia arriba. El movimiento de ajuste del mecanismo regulador se invierte, con lo que se reduce el caudal de combustible en función de la variación de presión del turbo. Si se avería el turbocompresor, el LDA vuelve a su posición de partida y limita el caudal de plena carga de forma que quede garantizada una combustión sin humos. El caudal de plena carga se ajusta mediante el tornillo de tope de plena carga montado en la tapa del regulador (10).

### Margen de trabajo del LDA.

Al alcanzarse una presión de carga determinada ( $P_1$ ), el LDA incrementa el caudal de inyección a medida que crece aquella.

Por encima de la presión de carga predeterminada ( $P_2$ ) el caudal de inyección deja de aumentar.



### Adaptación en función de la carga

El instante de comienzo de la alimentación debe desplazarse en el sentido de "avance" o en el de "retraso" de acuerdo con la carga del motor Diesel.

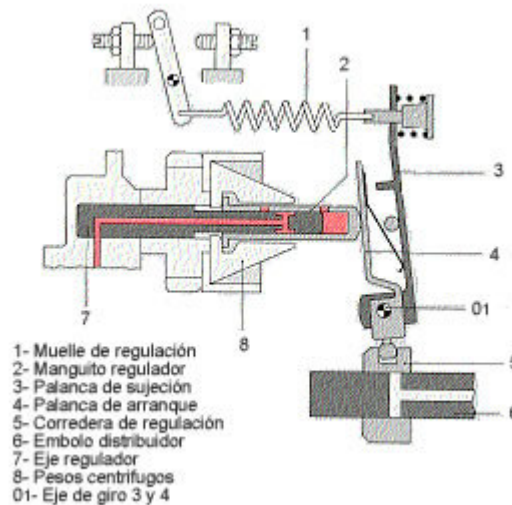
### Comienzo de la alimentación en función de la carga (LFB)

#### Función

El instante de comienzo de la alimentación en función de la carga ha sido calculado de forma que, al reducirse la carga (por ejemplo de máxima a parcial), a idéntica posición de la palanca de mando de régimen, el comienzo de alimentación se desplace en el sentido de "retraso". A medida que aumenta la carga se va produciendo un desplazamiento del momento inicial de la alimentación o bien del de inyección, en el sentido de "avance". Mediante esta adaptación se consigue una marcha mas suave del motor.

#### Estructura

La adaptación de "comienzo de alimentación según la carga" se realiza modificando el manguito regulador, el eje regulador y el cuerpo de la bomba. Para ello el manguito va provisto de un taladro transversal adicional y el eje lleva un orificio longitudinal así como dos transversales. En el cuerpo de la bomba hay otro orificio mas, de forma que con esta disposición se establezca la unión entre el recinto interior de la bomba de inyección y el lado de aspiración de la bomba de alimentación de aletas.

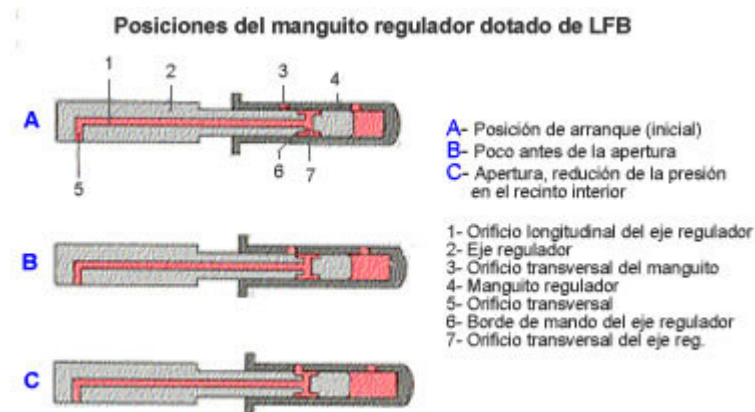


#### Funcionamiento

El variador de avance desplaza en el comienzo de la alimentación en el sentido de "avance" a medida que aumenta régimen, debido a la presión creciente de la bomba de alimentación de aletas. Mediante la reducción de presión en el recinto interior de la bomba provocada por el LFD, se puede conseguir un desplazamiento (relativo) en el sentido de "retraso". El control tiene lugar por medio de los taladros del eje y del manguito de regulación. Mediante la palanca de control de régimen se puede preajustar un régimen determinado. Para alcanzar este régimen teórico preestablecido es necesario aumentarlo. A medida que aumenta el régimen los pesos centrífugos se mueven hacia afuera desplazando el manguito regulador. Así, por un lado, en lo relativo a la regulación normal, se reduce el caudal de alimentación, y por otro, regula el orificio del manguito regulador mediante el borde de control de eje. Ahora una parte de combustible fluye a través de los orificios longitudinal y transversal del eje regulador en dirección al lado de aspiración, provocando una disminución de la presión en el recinto interior de la bomba.

Debido a esta disminución el émbolo del variador de avance cambia de posición, lo que necesariamente provoca el giro hacia el interior de la bomba del anillo de rodillos, con el consiguiente desplazamiento del comienzo de la alimentación hacia el "retraso". Al disminuir el régimen (por ejemplo: por aumento de la carga "subir una pendiente"), el manguito regulador se desplaza de forma que sus orificios y los del eje regulador quedan tapados. El combustible del recinto interior de la bomba ya no puede circular al lado de aspiración, con lo que aumenta la

presión en el interior. El émbolo del variador de avance realiza un movimiento en oposición a la fuerza de su muelle, el anillo de rodillos se desplaza en sentido inverso al giro de la bomba y el comienzo de la alimentación se desliza de nuevo en sentido de "avance".



## Adaptación acorde con la presión atmosférica

A grandes altitudes y debido a la menor densidad del aire, la masa de aire aspirada es también menor. El caudal de plena carga inyectado, no se puede quemar, se producen humos y aumenta la temperatura del motor. Para evitarlo, se emplea un tope de plena carga en función de la presión atmosférica, que modifica el caudal de plena carga en función del valor de aquella.

### Tope de plena carga según la presión atmosférica (ADA)

#### Construcción

Se encuentra situado al igual que el que actúa en función de la presión de carga (LDA), en la tapa de regulador. Este tiene en lugar de la membrana, una cápsula barométrica. El muelle de compresión, con el que se puede determinar el momento de actuación de la cápsula barométrica, esta dispuesto entre el cuerpo de la tapa del regulador y el platillo de muelle. La cápsula barométrica esta en comunicación con la atmósfera a través del orificio de purga.

#### Funcionamiento

En el margen de actuación de la cápsula barométrica se produce un aumento de la altura de la cápsula a medida que disminuye la presión atmosférica. El perno de control cargado por muelle se desplaza en oposición a la fuerza de este, y el pasador guía describe un movimiento horizontal debido al cono de control.

La continuación del proceso de control ya ha sido descrita en funcionamiento del tope de plena carga en función de la carga (LDA).

## Adaptación para arranque en frío

Este sistema permite mejorar las características del motor diesel en frío, desplazando el comienzo de la alimentación en dirección de "avance".

La corrección la efectúa el conductor desde el habitáculo del vehículo por medio de un cable, o bien se realiza automáticamente mediante un dispositivo de accionamiento en función de la temperatura del motor.

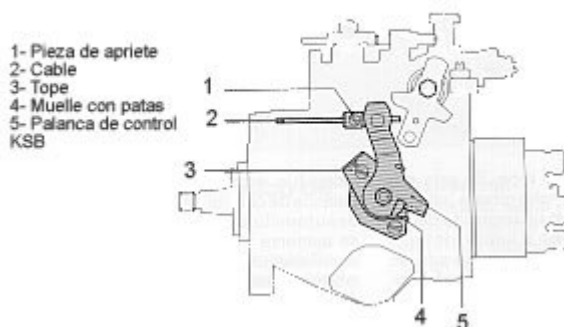
### Acelerador mecánico de arranque en frío (KSB).

#### Construcción

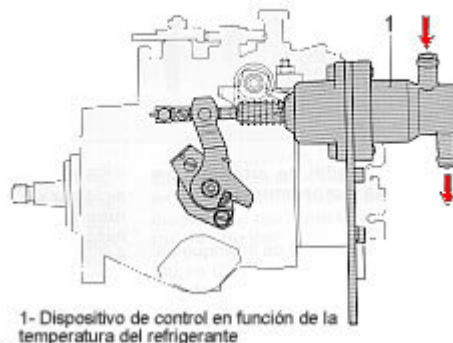
El KSB va montado sobre el cuerpo de la bomba. La palanca de tope esta unida por un árbol a la palanca interior, en la que va dispuesta, en posición excéntrica, una rotula, y que actúa sobre el anillo de rodillos. (Existe también una versión en la que el dispositivo de ajuste actúa sobre el émbolo del variador de avance). La posición inicial de la palanca de tope la define el tope y el muelle con patas. En la parte superior de la palanca de tope va fijado el cable que conecta con el dispositivo de control manual o automático. El dispositivo de control automático va fijado mediante un soporte a la bomba, mientras que el de accionamiento manual se encuentra en el habitáculo del vehículo.



Acelerador de arranque en frío, por control manual



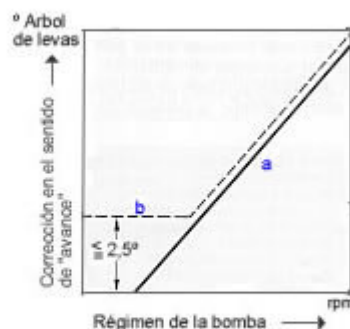
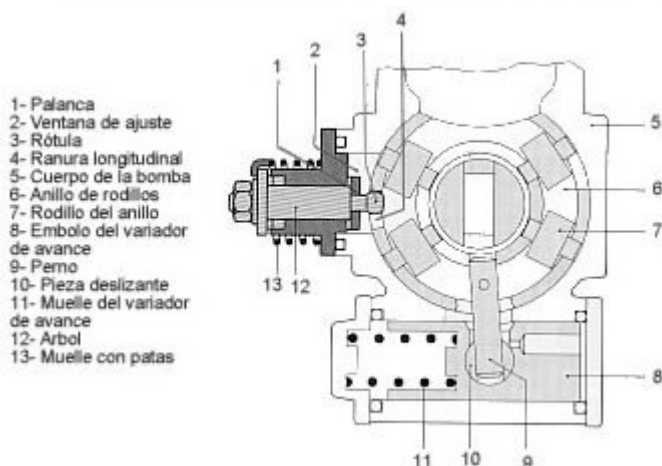
Acelerador de arranque en frío, de control automático



## Funcionamiento

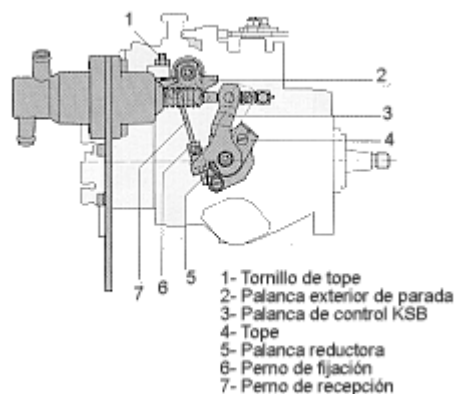
Los aceleradores para arranque en frío mediante control automático solo se diferencian de los manuales en el dispositivo de corrección externa. Su funcionamiento es idéntico. Si no se acciona el cable, el muelle con patas empuja la palanca de tope contra esta. La rotula y el anillo de rodillos se encuentran en la posición inicial. Cuando el conductor acciona el cable, la palanca de tope y el árbol, así como la palanca interior con la rotula giran. Debido a este movimiento giratorio, el anillo de rodillos cambia de posición anticipándose el comienzo de la alimentación. La rotula engancha el anillo de rodillos en una ranura longitudinal. Así, el émbolo del variador de avance puede seguir desplazando el anillo de rodillos en el sentido de "avance", a partir de un régimen determinado. La corrección automática tiene lugar mediante un dispositivo de control en el que un elemento dilatable en función de la temperatura mueve el dispositivo de arranque en frío. La ventaja está en que, según sea la temperatura del refrigerante (arranque en frío, fase de calentamiento o arranque con el motor caliente), siempre se ajusta al instante óptimo del comienzo de alimentación o de inyección.

Acelerador mecánico de arranque en frío solidario del anillo de rodillos



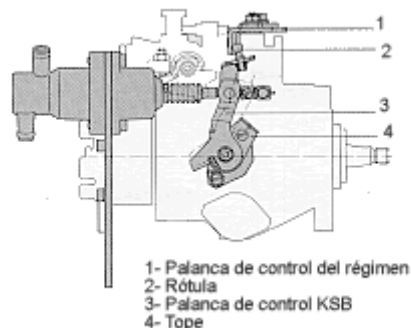
Según el sentido de giro y la posición montaje, existen diferentes disposiciones de palancas y dispositivos de accionamiento. **Control de caudal de arranque en función de la temperatura (TAS)**

Este dispositivo es un equipo adicional que se puede combinar con el KSB automático. Al poner en marcha en frío el motor diesel, no actúa el dispositivo del caudal de arranque en función de la temperatura debido a que la palanca de control KSB se encuentra en su posición inicial. La palanca exterior de parada está en posición de reposo, ya que descansa sobre la tapa del regulador. En esta posición de la palanca es posible la máxima alimentación de caudal durante el proceso de arranque. Con el motor caliente, la palanca de mando KSB descansa en su tope. En esta posición, la varilla ha hecho girar la palanca exterior de parada en un recorrido determinado en la dirección al tornillo tope. Así, mediante la palanca de parada se impide que la carrera de caudal de arranque se libere totalmente o en parte en el interior de la bomba, con lo que se evita la formación de humos al arrancar (con motor caliente).



### Elevación de ralentí en función de la temperatura (TLA)

También el TLA es accionado mediante el dispositivo de control y esta combinado con el KSB automático, para lo cual se ha prolongado la palanca de control KSB y se le ha dotado de una rotula. Con el motor frío, esta rotula presiona contra la palanca de control de régimen y la separa de su tornillo de tope de ralentí, con lo que se aumenta el régimen de este, evitándose la marcha irregular del motor. Con el motor caliente, la palanca de control KSB descansa en su tope. Como consecuencia, la palanca de mando de régimen descansa también en el tornillo tope de ralentí, y la elevación de régimen en función de la temperatura deja de actuar.



### Acelerador hidráulico de arranque en frío

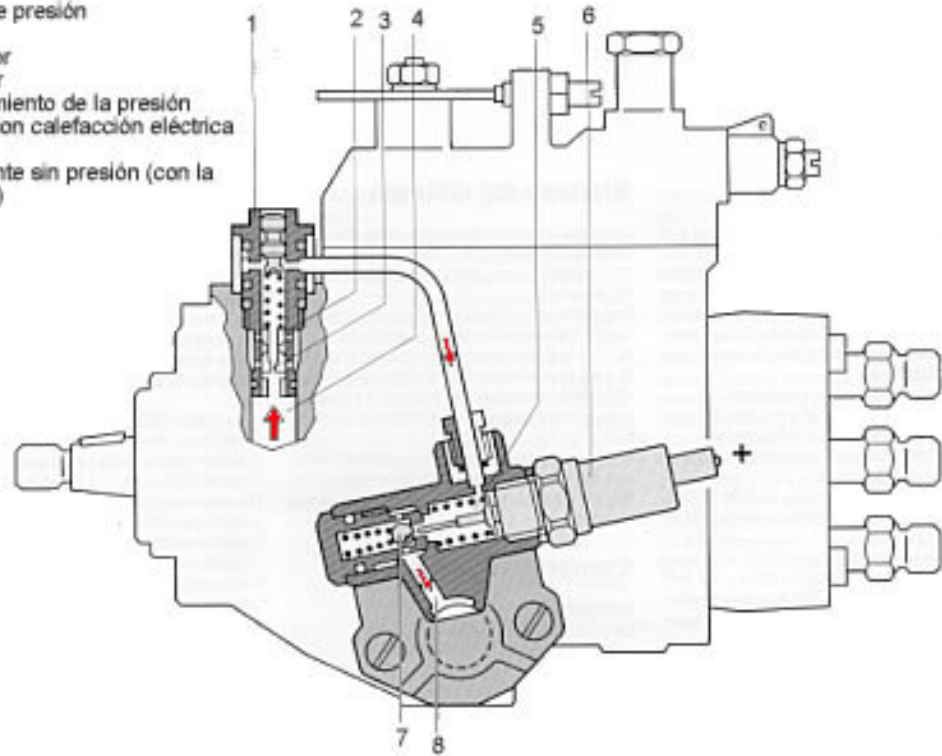
El avance del instante comienzo de la inyección mediante el desplazamiento mecánico del embolo del variador de avance solo se puede realizar dentro de estrechos limites y no es aplicable a todos los motores. El método hidráulico de desplazamiento del momento de inyección en sentido de "avance" consiste en aplicar el émbolo del variador de avance la presión reinante en el interior de la bomba. La presión en el recinto interior se eleva automáticamente para lograr una corrección en el sentido de "avance" a los bajos regímenes de arranque en frío. Para lograrlo se actúa directamente sobre el control automático de presión del interior de la bomba, a través de un canal en bypass situado en la válvula de mantenimiento de presión.

### Construcción

El acelerador hidráulico de arranque en frío consta de dos válvulas, una de control y otra de mantenimiento de la presión, y de un elemento dilatable con calefacción eléctrica.

### Acceptor hidráulico de arranque en frío

- 1- Válvula de control de presión
- 2- Émbolo de válvula
- 3- Orificio estrangulador
- 4- Presión en el interior
- 5- Válvula de mantenimiento de la presión
- 6- Elemento dilatante con calefacción eléctrica
- 7- Válvula de bola
- 8- Combustible circulante sin presión (con la válvula de bola abierta)



#### Funcionamiento

La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito y lo conduce al interior de la bomba de inyección. Desde aquí, el combustible, sometido a la presión interior, llega a la cara frontal del émbolo del variador de avance. Según la presión existente, el émbolo se desplaza en oposición a la fuerza del muelle antagonista. Su carrera define la corrección del instante del comienzo de la inyección. La presión en el interior de la bomba la determina la válvula reguladora de presión que la hace subir a medida que aumenta el nº de rpm y, por tanto, conforme aumenta el caudal de alimentación. Para conseguir la evolución de la curva de presión representada a trazos en la gráfica, el émbolo de la válvula reguladora de presión lleva un orificio estrangulador a través del cual se consigue una mayor presión en el interior de la bomba mientras la válvula de mantenimiento intercalada detrás, esta cerrada.

Una vez en marcha el motor, la válvula de mantenimiento de presión se abre por medio del elemento dilatante con calefacción eléctrica, de forma que el combustible puede circular sin presión. Luego el descenso del nivel de presión en el interior de la bomba se efectúa únicamente mediante la válvula de control de presión.

#### Dispositivo de parada

La parada del motor diesel se efectúa interrumpiendo la entrada de combustible.

#### Función

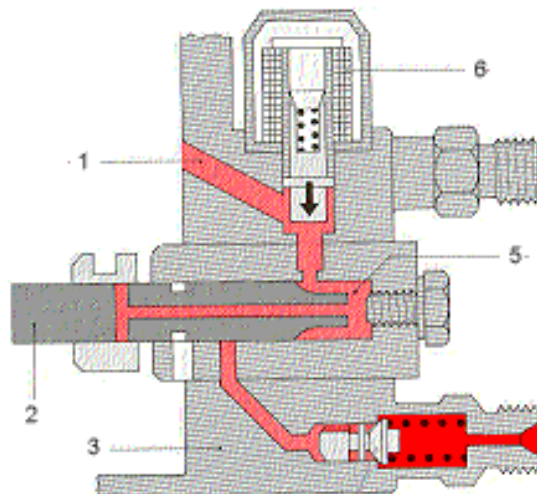
Debido a su principio de funcionamiento (autoinflamación), el motor diesel solo puede pararse cortando la alimentación de combustible. La bomba rotativa de inyección se puede equipar opcionalmente con un dispositivo de parada mecánico o eléctrico.

#### Dispositivo de parada mecánico

Este dispositivo trabaja mediante un conjunto de palancas. Está dispuesto en la tapa del regulador y lleva dos palancas de parada; exterior e interior. La palanca de parada exterior la acciona el conductor, por ejemplo mediante un cable, desde el habitáculo del vehículo. Al accionar el cable, ambas palancas giran alrededor de su eje de rotación, con lo que la palanca de parada interior hace presión contra la de arranque del mecanismo regulador. La palanca de arranque gira así mismo alrededor de su eje O2 y desplaza la corredera de regulación a la posición de parada. El orificio de descarga del émbolo distribuidor permanece abierto y este no puede seguir suministrando combustible.

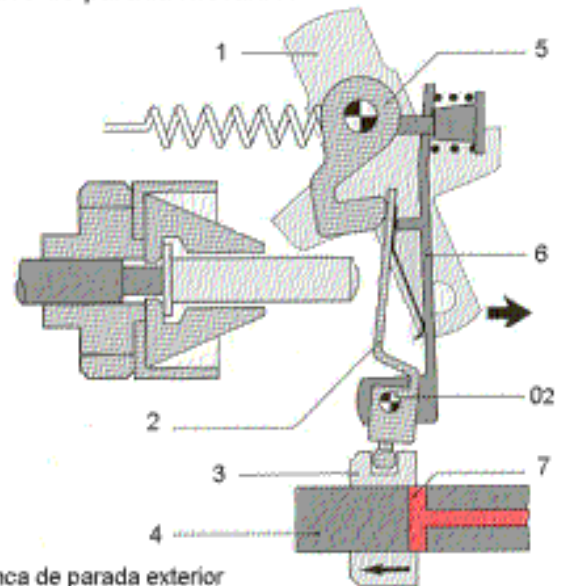


Dispositivo de parada eléctrica (ELAB)



- 1- Orificio de entrada
- 2- Embolo distribuidor
- 3- Cabeza distribuidora
- 4- Válvula de reaspiración
- 5- Cámara de alta presión
- 6- Electroimán de tracción o de empuje

Dispositivo de parada mecánico



- 1- Palanca de parada exterior
- 2- Palanca de arranque
- 3- Corredera de regulación
- 4- Embolo distribuidor
- 5- Palanca de parada exterior
- 6- Palanca de sujeción
- 7- Orificio de control
- 02- Eje de rotación de 2 y 6

### Dispositivo de parada eléctrica (ELAB).

Este dispositivo se activa con la llave de contacto, tiene mayor aceptación por que ofrece al conductor una mayor comodidad de manejo. La válvula electromagnética de corte de alimentación de combustible va montada en la parte superior de la cabeza distribuidora de la bomba de inyección. Cuando esta conectada, es decir, con el motor diesel en marcha, el electroimán mantiene abierto el orificio de entrada al recinto de alta presión. Al quitar el contacto mediante el interruptor correspondiente, la bobina del electroimán queda sin corriente. El campo magnético se anula y el muelle presiona el inducido contra el asiento de la válvula, con lo que se obtura el orificio de llegada a la cámara de alta presión y el émbolo distribuidor deja de alimentar combustible. Existen diversas posibilidades de realizar el circuito eléctrico de corte (electroimán de tracción o de empuje).

Con la regulación electrónica diesel (EDC) se para el motor mediante el mecanismo posicionador de caudal (procedimiento: caudal de inyección a cero). En este caso el ELAB (dispositivo de parada eléctrica) sirve únicamente para efectuar la desconexión de seguridad en caso de fallo del mecanismo posicionador.

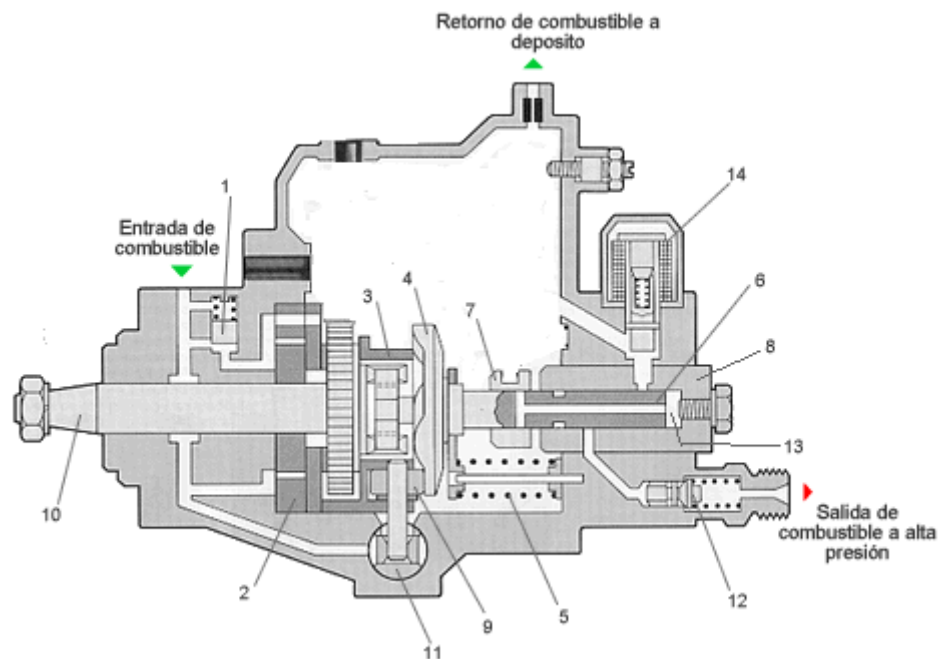
## Bombas de inyección rotativas

### "Mecánicas y electrónicas"

Este tipo de bombas se viene usando desde hace bastante tiempo en los motores diesel, su constitución básica no ha cambiado, las únicas variaciones han venido dadas por la aplicación de la gestión electrónica en los motores diesel.

En la figura se pueden ver las "partes comunes" de una bomba de inyección rotativa del tipo VE usada tanto con gestión electrónica ([bomba electrónica](#)) como sin gestión electrónica ([bomba mecánica](#)).

- 1- Válvula reductora de presión
- 2- Bomba de alimentación
- 3- Plato porta-rodillos
- 4- Plato de levas
- 5- Muelle de retroceso
- 6- Pistón distribuidor
- 7- Corredera de regulación
- 8- Cabeza hidráulica
- 9- Rodillo
- 10- Eje de arrastre de la bomba
- 11- Variador de avance de inyección
- 12- Válvula de reaspiración
- 13- Cámara de combustible a presión
- 14- Electroválvula de STOP

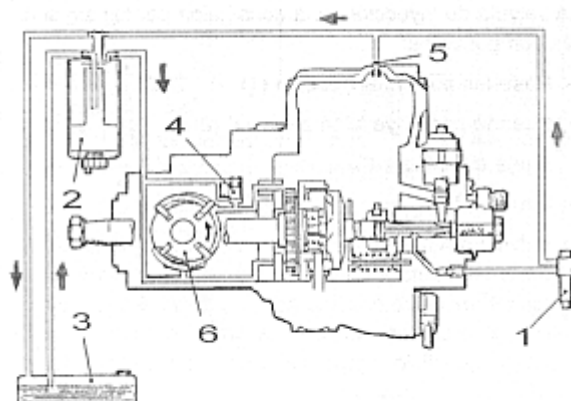


El pistón distribuidor (6) es solidario a un plato de levas (4) que dispone de tantas levas como cilindros alimentar tiene el motor. El plato de levas es movido en rotación por el eje de arrastre (10) y se mantiene en apoyo sobre el plato porta-rodillos (3) mediante unos muelles de retroceso (5). La mayor o menor presión de inyección viene determinada por la forma de la leva del disco de levas. Además de influir sobre la presión de inyección también lo hace sobre la duración de la misma.

Las bombas de inyección rotativas aparte de inyectar combustible en los cilindros también tienen la función de aspirar gas-oil del deposito de combustible. Para ello disponen en su interior, una bomba de alimentación (6) que aspira combustible del deposito (3) a través de un filtro (2). Cuando el régimen del motor (RPM) aumenta: la presión en el interior de la bomba asciende hasta un punto en el que actúa la válvula reductora de presión (4), que abre y conduce una parte del combustible a la entrada de la bomba de alimentación (6). Con ello se consigue mantener una presión constante en el interior de la bomba.

En la figura se ve el circuito de combustible exterior a la bomba de inyección así como el circuito interno de alimentación de la bomba.

- 1- Inyector
- 2- Filtro de combustible
- 3- Deposito de combustible
- 4- Válvula reductora de presión
- 5- Conexión de retorno
- 6- Bomba de alimentación

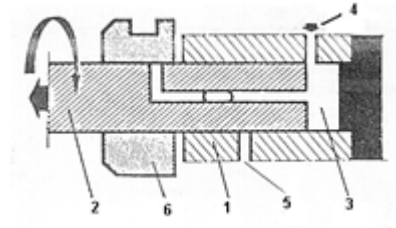


En la parte mas alta de la bomba de inyección hay una conexión de retorno (5) con una estrangulación acoplada al conducto de retorno para combustible. Su función es la de, en caso necesario, evacuar el aire del combustible y mandarlo de regreso al deposito,

### Como generan presión las bombas de inyección rotativas

La alta presión se genera por medio de un dispositivo de bombeo que además dosifica y distribuye el combustible a los cilindros.

- 1- Cilindro
- 2- Pistón
- 3- Cámara de expulsión
- 4- Entrada de combustible
- 5- Salida de gas-oil a alta presión hacia el inyector.
- 6- Corredera de regulación



**En la figura se ve el dispositivo de bombeo de alta presión.** El pistón retrocede hacia el PMI llenándose la cámara de expulsión de combustible.

El dispositivo de bombeo de alta presión esta formado por:

**Cilindro o cabezal hidráulico (1):** Por su interior se desplaza el pistón. Tiene una serie de orificios uno es de entrada de combustible (4) y los otros (5) para la salida a presión del combustible hacia los inyectores. Habrá tantos orificios de salida como cilindros tenga el motor.

**Un pistón móvil (2):** Tiene dos movimientos uno rotativo y otro axial alternativo. El movimiento rotativo se lo proporciona el árbol de la bomba que es arrastrado a su vez por la correa de distribución del motor. Este movimiento sirve al pistón para la distribución del combustible a los cilindros a través de los inyectores.

El movimiento axial alternativo es debido a una serie de levas que se aplican sobre el pistón. Tantas levas como cilindros tenga el motor. Una vez que pasa la leva el pistón retrocede debido a la fuerza de los muelles.

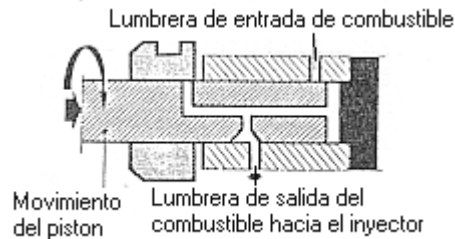
El pistón tiene unas canalizaciones interiores que le sirven para distribuir el combustible y junto con la corredera de regulación también para dosificarlo.

**La corredera de regulación (6):** Sirve para dosificar la cantidad de combustible a inyectar en los cilindros. Su movimiento es controlado principalmente por el pedal del acelerador. Dependiendo de la posición que ocupa la corredera de regulación, se libera antes o después la canalización interna del pistón.

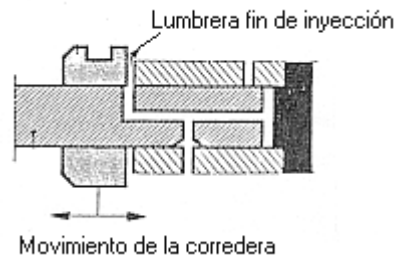
**Funcionamiento del dispositivo:** Cuando el pistón se desplaza hacia el PMI, se llena la cámara de expulsión de gas-oil, procedente del interior de la bomba de inyección. Cuando el pistón inicia el movimiento axial hacia el PMS, lo primero que hace es cerrar la lumbrera de alimentación, y empieza a comprimir el combustible que esta en la cámara de expulsión, aumentando la presión hasta que el pistón en su movimiento rotativo encuentre una lumbrera de salida. Dirigiendo el combustible a alta presión hacia uno de los inyectores, antes tendrá que haber vencido la fuerza del muelle que empuja la válvula de reaspiración. El pistón sigue mandando combustible al inyector, por lo que aumenta notablemente la presión en el inyector, hasta que esta presión sea tan fuerte que venza la resistencia del muelle del inyector. Se produce la inyección en el cilindro y esta durara hasta que el pistón en su carrera hacia el PMS no vea liberado el orificio de fin de inyección por parte de la corredera de regulación.

Cuando llega el fin de inyección hay una caída brusca de presión en la cámara de expulsión, lo que provoca el cierre de la válvula de reaspiración empujada por un muelle. El cierre de esta válvula realiza una reaspiración de un determinado volumen dentro de la canalización que alimenta al inyector, lo que da lugar a una expansión rápida del combustible provocando en consecuencia el cierre brusco del inyector para que no gotee.

El pistón se desplaza hacia el PMS comprimiendo el gas-oil de la cámara de expulsión y lo distribuye a uno de los inyectores.



En la figura se produce el final de la inyección, debido a que la corredera de regulación libera la canalización interna del pistón a través de la lumbrera de fin de inyección.

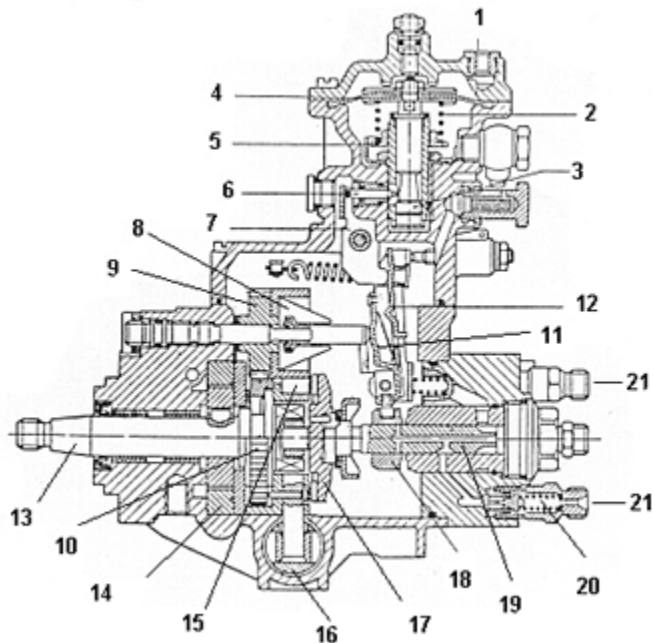


La corredera de regulación cuanto mas a la derecha este posicionada, mayor será el caudal de inyección.

### Bomba mecánica

Bomba de inyección rotativa con corrector de sobrealimentación para motores turboalimentados sin gestión electrónica. En la parte alta de la bomba se ve el corrector de sobrealimentación para turbo nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Los nº 8, 9, 10 forman parte del regulador mecánico de velocidad que actúa por la acción de la fuerza centrífuga en combinación con las palancas de mando (11 y 12) de la bomba, sobre la corredera de regulación (18) para controlar el caudal a inyectar en los cilindros, a cualquier régimen de carga del motor y en función de la velocidad de giro. El resto de los componentes son los comunes a este tipo de bombas.

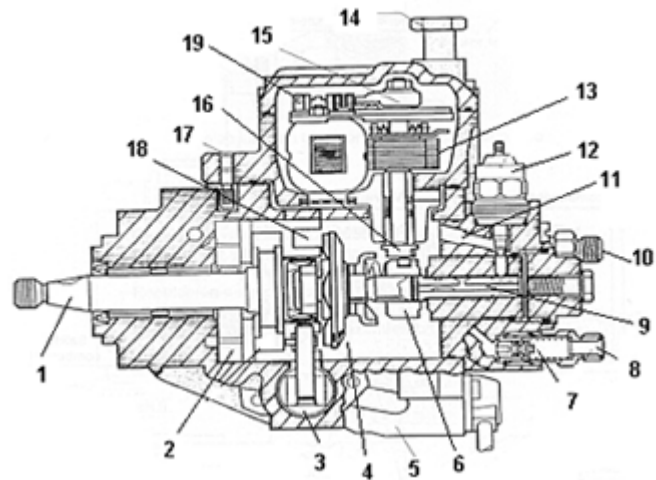
- 1- Presión turbo
- 2- Muelle de compresión
- 3- Eje de reglaje
- 4- Membrana
- 5- Tuerca de reglaje
- 6- Dedo palpador
- 7- Palanca de tope móvil
- 8- Contrapesos conjunto regulador
- 9- Rueda dentada
- 10- Rueda dentada
- 11- Palanca de arranque
- 12- Palanca de tensión
- 13- Eje de arrastre
- 14- Bomba de alimentación
- 15- Plato porta-rodillos
- 16- Regulador de avance a la inyección
- 17- Plato de levas
- 18- Corredera de regulación
- 19- Pistón distribuidor
- 20- Válvula de reaspiración
- 21- Salida hacia los inyectores



### Bomba electrónica

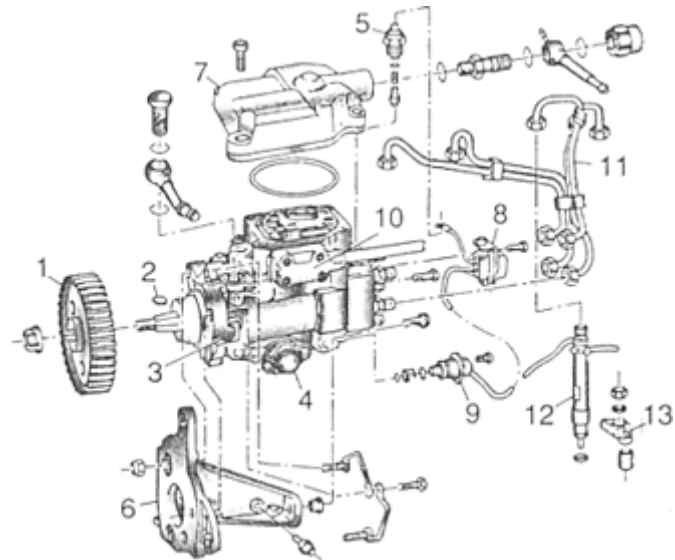
Bomba de inyección rotativa para motores diesel con gestión electrónica.

- 1- Eje de arrastre
- 2- Bomba de alimentación
- 3- Regulador de avance a la inyección
- 4- Plato de levas
- 5- Válvula magnética
- 6- Corredera de regulación
- 7- Válvula de reaspiración
- 8 y 10- Salida hacia los inyectores
- 9- Pistón distribuidor
- 11- Entrada de combustible al pistón
- 12- Electrovalvula de STOP
- 13- Servomotor
- 14- Retorno de gas-oil al deposito de combustible.
- 15- Sensor de posición
- 16- Perno de excéntrica
- 17- Entrada de combustible
- 18- Plato porta-rodillos
- 19- Sensor de temperatura de combustible



### *Despiece de una bomba electrónica*

- 1.- Rueda dentada de arrastre.
- 2.- Chaveta.
- 3.- Bomba de inyección.
- 4.- Dispositivo de avance de la inyección.
- 5.- Electroválvula de paro.
- 6.- Soporte de bomba.
- 7.- Tapa.
- 8.- Válvula de caudal.
- 9.- Válvula de principio de inyección.
- 10.- Regulador de caudal.
- 11.- Tubo de inyector.
- 12.- Inyector del cilindro nº 3 con transmisor de alzada de aguja.
- 13.- Brida de fijación.



### **Dispositivo de parada**

El dispositivo de parada del motor va instalado en la bomba de inyección (este dispositivo se usa tanto en bombas mecánicas como electrónicas). Se trata de una electroválvula (de STOP) (12) que abre o cierra el circuito de entrada de combustible (11) al pistón distribuidor (9), con lo que permite o imposibilita la inyección de combustible por parte de la bomba.

La electroválvula se acciona cuando se gira la llave de contacto, dejando libre el paso de combustible y se desconecta al quitar la llave de contacto cerrando el paso de combustible.

### **Sensor de temperatura**

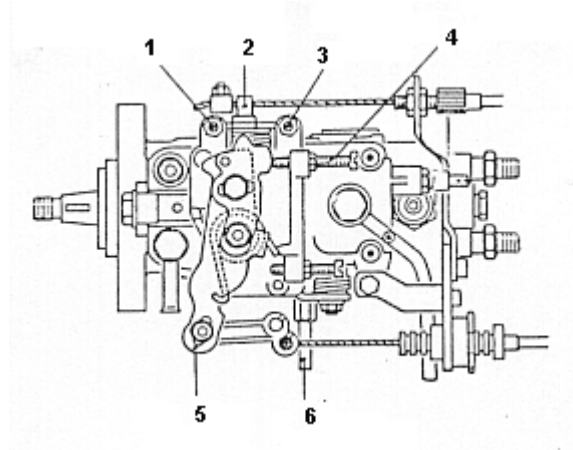
Debido a que el contenido de energía del combustible depende de su temperatura, hay un sensor de temperatura (19), del tipo NTC, instalado en el interior de la bomba de inyección (este sensor solo se usa en bombas electrónicas) que envía información a la ECU. La ECU puede entonces calcular exactamente el caudal correcto a inyectar en los cilindros incluso teniendo en cuenta la temperatura del combustible.

### **Reglajes de las bombas de inyección**

**En las bombas mecánicas:** A medida que pasa el tiempo o cada vez que se desmonta para hacer una reparación, hay que hacer una serie de reglajes de los mandos, además de hacer el calado de la bomba sobre el motor.

**En la figura vemos una bomba mecánica con sus mandos de accionamiento exteriores.**

- 1- Tope de ralentí acelerado
- 2- Palanca de ralentí
- 3- Tope de ralentí
- 4- Tope de reglaje de caudal residual
- 5- Palanca de aceleración
- 6- Mando manual de STOP



Los reglajes que se efectúan en las bombas mecánicas son:

- Reglaje de ralentí.
- Reglaje de caudal residual.
- Reglaje de ralentí acelerado,
- Reglaje del mando del acelerador.

## **Calado bomba de inyección rotativa**

### ***Bomba rotativa Bosch***

#### **Método de calado**

En una bomba de inyección de distribución rotativa <Bosch> el comienzo de inyección está en relación directa con la carrera del pistón interno.

El control se efectúa en la cabeza hidráulica desmontando el tapón obturador (A) (Fig. 1).

Un valor de desplazamiento del pistón (precisado con una ficha técnica) determina con exactitud el comienzo de la inyección.

Desmontar el tornillo (A) (con su arandela junta de cobre) en la parte trasera de la cabeza hidráulica (B) (Fig. 2). Colocar el soporte del comparador y fijar el adaptador específico (C).

Montar en el extremo del eje de accionamiento la tuerca de sujeción del piñón con una contratuca para permitir la rotación de la bomba mediante una llave. Desconectar del circuito el sistema de salida en frío y girar el eje de accionamiento en el sentido normal de rotación para determinar con precisión el punto muerto inferior del pistón de la bomba.

Una vez en esta posición, colocar el comparador ejerciendo una precarga de 1 a 2 mm sobre éste. Ajustar la escala del comparador a "cero". Girar a continuación el eje de accionamiento (siempre en el mismo sentido de rotación) para llevar la chaveta del eje (D) (Fig. 3) justo delante del eje de la salida (E) que corresponde al cilindro motor nº 1.

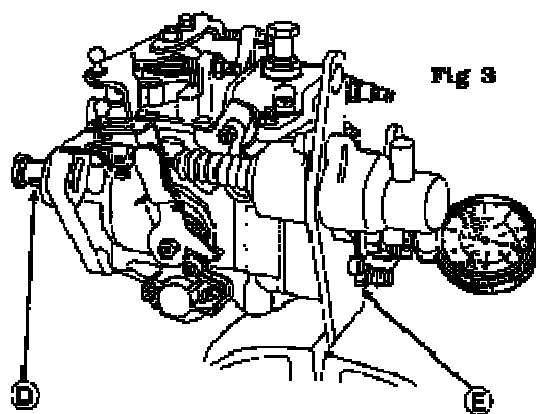
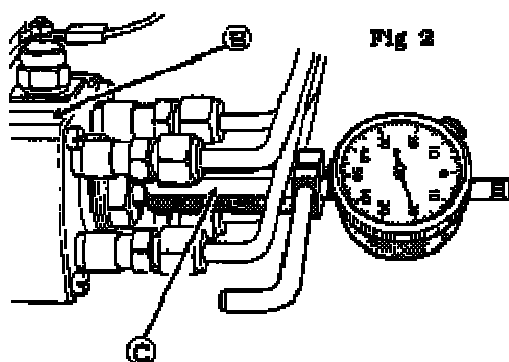
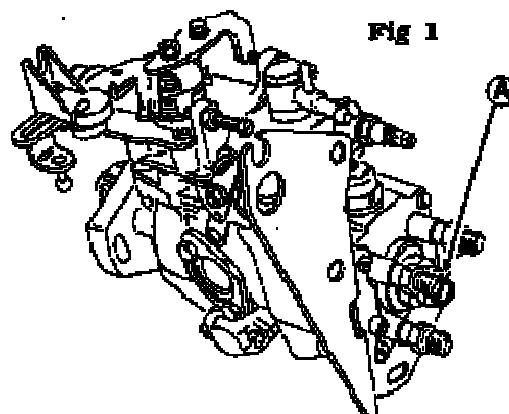
Por medio del cigüeñal girar el motor para llevar el pistón del cilindro nº 1 al PMS fin de compresión, o bien por una marca en la polea, o bien por una marca en el volante motor o bien, siendo lo más frecuente, por la colocación de un pasador de calado.

Presentar la bomba de inyección en el motor alineando la chaveta de arrastre con el piñón. Colocar los tornillos o tuercas de fijación sin apretarlos y ajustar la bomba en rotación hasta que la escuadra del comparador indique el valor preconizado por el constructor (ver fichas técnicas).

#### **Control del calado**

Por medio de cigüeñal dar una vuelta completa al motor en su sentido normal de rotación. Cuando el pistón de la bomba esté al PMI controlar con precisión el "cero" en la escala del comparador.

Situar el cilindro de referencia del motor al PMS fin de compresión (marca o pasador de calado). La escala del comparador debe indicar la alza del pistón precisada por el constructor (ver fichas técnicas).



Para comprobar el [calado de una bomba](#) de forma dinámica (es decir: en funcionamiento).

## **Calado bomba de inyección**

### **Control del calado dinámico de una bomba**

#### **Introducción**

Las exigencias cada vez más duras en relación con el consumo de combustibles y la emisión de humos en todos los motores Diesel imponen un calado de alta precisión de la bomba de inyección.

El esquema adjunto (Fig.1) representa la incidencia del calado en las emisiones (CO-NOx-HC).

El sistema de control del calado dinámico permite efectuar, de modo simple y rápido, una prueba en el desarrollo del avance de la bomba según el régimen motor y en el calado de base. (Diagnóstico rápido para saber si el calado de la bomba de inyección es el responsable de la emisión de humos o de la falta de potencia.)

#### **Método**

El control del calado de una bomba en movimiento en un motor Diesel se realiza utilizando una lámpara estroboscópica (E) (Fig.2) con un captador de impulsiones (D).

El captador se adapta en un tubo de alta presión del cilindro de referencia a cierta distancia del inyector o de la salida de la bomba (precisada por el fabricante de la lámpara).

En general, los fabricantes del material de control determinan los valores de control del calado en movimiento y dan las instrucciones necesarias relativas a la posición del captador en el tubo de alta presión.

En un motor Diesel, el calado es la diferencia angular entre el comienzo de la inyección de la bomba y el PMS fin de compresión del cilindro de referencia motor.

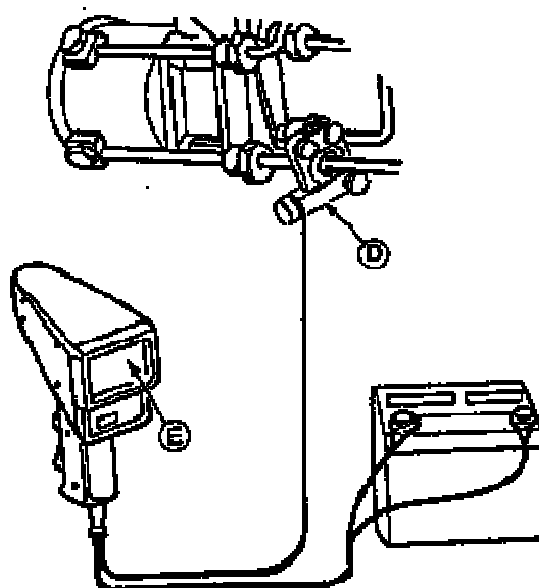
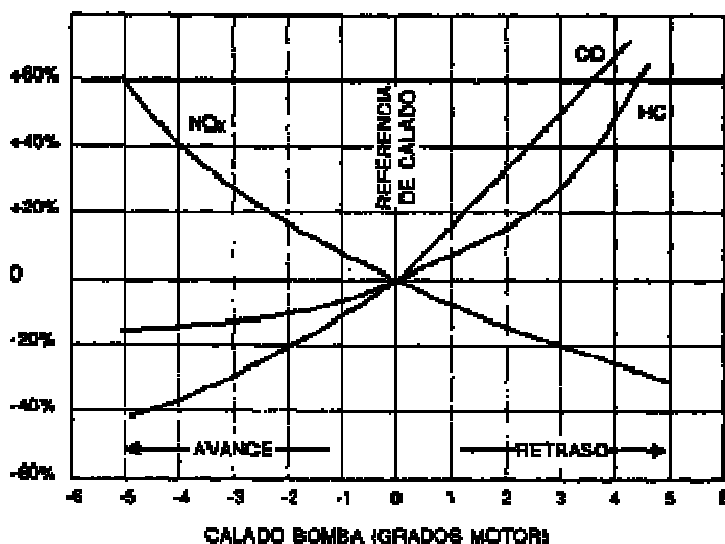
Es el resultado de alinear las marcas de calado o en el volante motor, o en la polea del cigüeñal. Se obtiene una señal de medición precisa con una velocidad de rotación mínima (régimen de ralentí).

En caso de que el valor controlado no corresponda a los dados por el constructor (o el fabricante del material) parar el motor y realizar la corrección necesaria procediendo al calado estático completo de la bomba.

#### **Importante**

Antes de controlar el calado, comprobar que el motor está a su temperatura de funcionamiento normal (incluido el aceite motor).

**Fig 1**





**En las bombas electrónicas:** No es necesario hacer reglajes, ya que no dispone de mandos mecánicos. A la vez que no necesita hacer el calado de la bomba, ya que se monta en una posición fija en el motor.

El único reglaje al que es susceptible la bomba electrónica, es el que viene motivado por un caudal de inyección a los cilindros diferente al preconizado por el fabricante, que se verificara en el banco de pruebas.

- Si el valor del caudal medido es menor que el indicado por el fabricante, tiene que modificarse la posición del mecanismo de ajuste de caudal (servomotor). Golpeándose, muy ligeramente, con un mazo de plástico en dirección hacia las salidas de alta presión, se consigue un aumento de caudal.

- Cuando el caudal de inyección medido es mayor que el indicado por el fabricante, tiene que modificarse la posición del mecanismo del ajuste de caudal (servomotor). Golpeando con mucho cuidado, con una maza de plástico en dirección contraria a la anterior se consigue una disminución de caudal.

