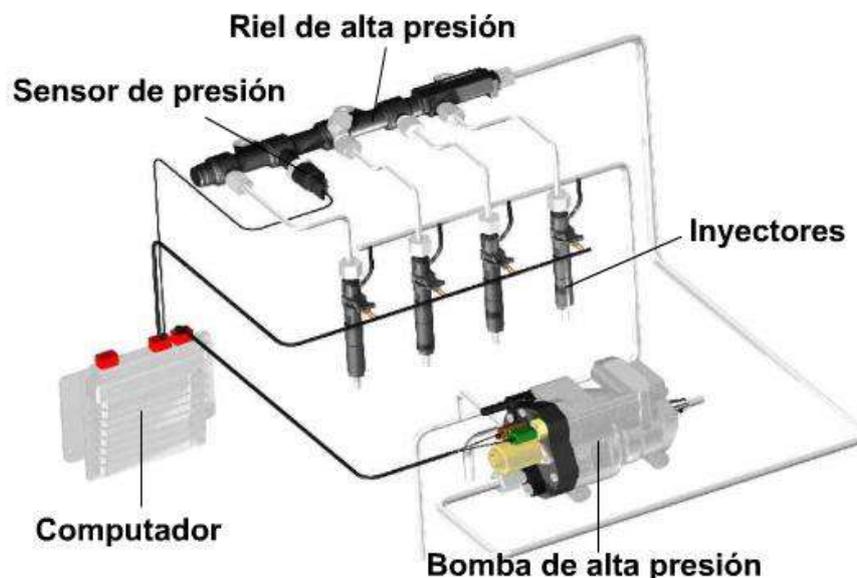


TRABAJO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE RIEL COMÚN DELPHI

El sistema de inyección diesel **de riel común delphi** es un sistema inteligente de control de la inyección de combustible dentro de la **cámara de combustión** de cada cilindro del motor.

La alta presión de trabajo del sistema permite **atomizar** de forma perfecta las moléculas de combustible inyectado y con ello se logra generar una gran **eficiencia del motor**, una reducción significativa en **emisiones de hollín** y una reducción a niveles mínimos los **gases contaminantes** hacia la atmósfera.

Para lograr esos objetivos, es un **computador** quien controla la operación del sistema, recibiendo la información de los sensores y controlando el **tiempo de inyección** y el **avance o retardo** del punto de inyección, enviando **pulsos de corriente** a cada inyector de forma individual.



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEL COMÚN DELPHI

Revisemos primeramente las señales más importantes que debe recibir el **computador (ECM)** como **valores de voltaje o resistencia eléctrica**, que cada sensor, dependiendo de su función y estructura, enviarán de forma diversa pero exacta.



La **información** que recibe el computador es analizada y comparada con sus **mapas internos**, tanto del **mapa de caudal** como en el de **avance de encendido**. Esta información es procesada para determinar el control que debe realizar y enviar los pulsos de corriente a sus **actuadores**.

Los actuadores son los elementos que reciben los pulsos y transforman esta corriente en una función determinada. El actuador más importante, por supuesto, es el **inyector** de cada cilindro, ya que deberá inyectar con precisión el caudal adecuado. Otros actuadores importantes realizarán sus funciones para lo que han sido diseñadas, como por ejemplo la **válvula de regulación de entrada del combustible**, regulando este paso hacia la bomba de alta presión.

Analicemos el cuadro y luego estudiemos las funciones importantes del computador de control.

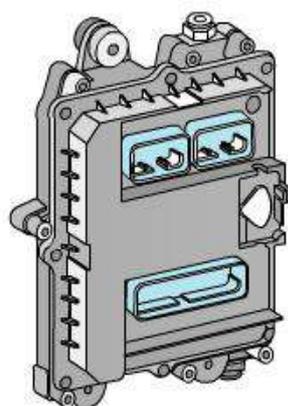


EL COMPUTADOR DE CONTROL

El computador como se lo puede ver en el gráfico, tiene un diseño externo muy robusto para resistir las vibraciones a las cuales puede estar expuesto, a la humedad y a la temperatura externa, pero también a las necesarias temperaturas internas, ya que debe trabajar con buenas potencias de corriente, razón última que requiere adecuarse debidamente con **cuerpos aleteados** para su refrigeración. Internamente su estructura es muy compleja, porque su **procesador** ha sido diseñado para cumplir con exactitud cada etapa de control y para ello dispone de circuitos electrónicos muy bien diseñados y probados durante largas horas en conjunto con cada motor que debe comandar. Hacia la



parte exterior del cuerpo se pueden ver los **pinos de conexión**, en los cuales se conectarán los **conectores** con todos los cables. Estos cables deberán conectarse con cada **sensor** y actuador del motor, así como las corrientes y señales adicionales con otros sistemas combinados.



INCONVENIENTES CON LA PRESIÓN DE TRABAJO

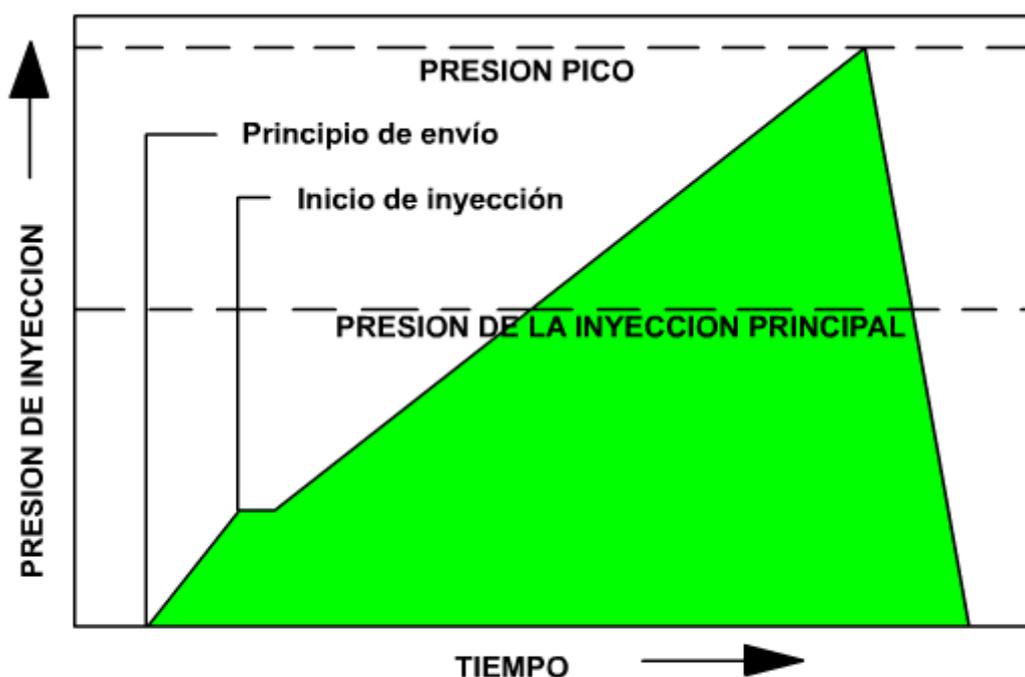
Comparemos inicialmente las **presiones de trabajo** de un sistema convencional mecánico de inyección diesel con la presión utilizada de este sistema de riel común.

Recordaremos que un **sistema mecánico** debe elevar la presión desde el valor de alimentación, valor que no llega a sobrepasar los 6 bar., hasta llegar a **picos de presión** elevados, aproximadamente de 200 hasta 350 bar., suficientes para abrir la **aguja del inyector**, ya que esta presión es la encargada de empujar **hidráulicamente** a la aguja para que se pueda producir la inyección.

También podemos analizar en el cuadro que, dependiendo de los valores de regulación de apertura de los inyectores mecánicos, la presión que está enviando la bomba podrá seguir subiendo desde que se abre el inyector hasta que se deja de inyectar, momento en el cual la presión decae rápidamente.

Esta **variación de presión** durante el proceso de inyección utilizando bombas mecánicas, produce primeramente una variación en el **caudal de combustible** entregado por los inyectores y también un **retardo en el principio de inyección**, ya que desde que se empieza a elevar la presión hasta el momento en el cual se abre la aguja del inyector han pasado algunos milisegundos.

Podremos deducir entonces que la combustión será irregular y con ello la calidad de la combustión.



ESQUEMA DE UN SISTEMA CONVENCIONAL CON BOMBA

ESTABILIDAD Y EXACTITUD CON LA PRESIÓN ESTABLE

El **sistema de riel común delphi**, por medio de su trabajo de control de la presión en el riel, puede mantener niveles muy exactos de la cantidad de combustible inyectado y además una precisión en el **tiempo de la inyección**,



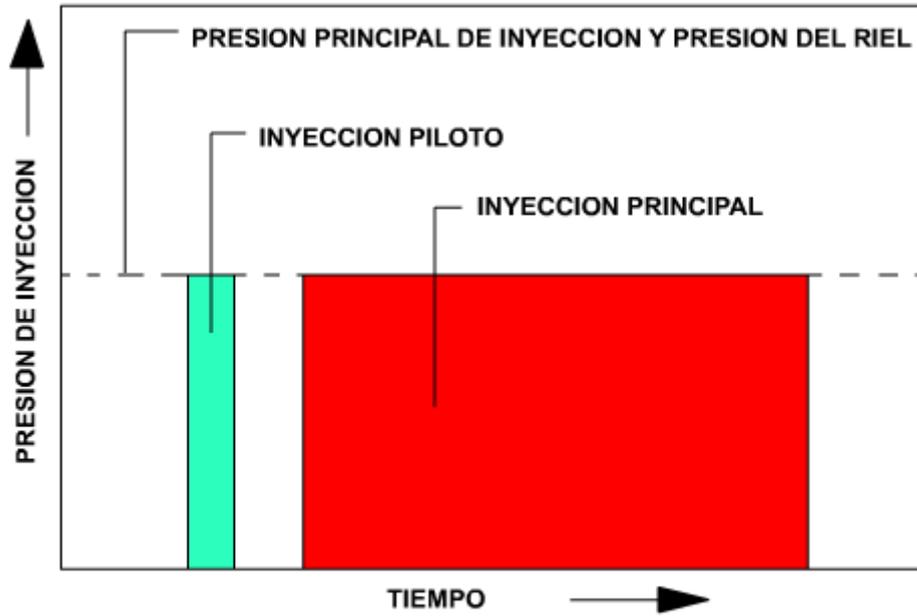
ya que estos 2 factores son controlados por el computador en 1 milésima de segundo, obteniendo con ello altos niveles de **eficiencia del motor**.

También el computador puede permitir operar a los inyectores cualquier momento y mantenerlos funcionando por el tiempo que necesite el motor en cada etapa y condición de trabajo.

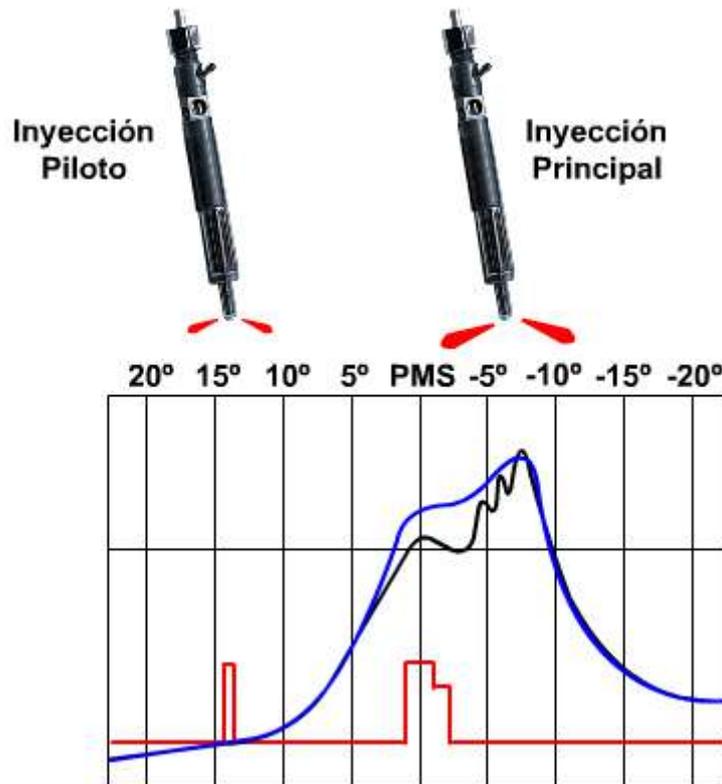
El computador entonces puede inyectar previamente dentro del cilindro una pequeña cantidad de combustible (**inyección piloto**) con el objeto de preparar la **cámara de combustión**, mucho antes de que el pistón suba hacia el **punto muerto superior**, es decir recién en la etapa media de **compresión**.

Esta inyección piloto se realiza con una cantidad insuficiente de combustible para que se **auto inflame**, pero suficiente para permitir mezclar a las **moléculas de combustible** inyectado con el aire que se está comprimiendo, obligando a estas moléculas a ocupar todo el volumen de la cámara.

Después de prepararla, el computador inyecta la adecuada cantidad de combustible (inyección principal durante el tiempo exacto, es decir inclusive unos pocos grados después de que el pistón llegó al **PMS**, produciéndose una combustión eficiente y son desperdicios de moléculas del combustible, ya que se puede lograr reducir el caudal de la **inyección principal** utilizando la estrategia de la inyección piloto, además de que el ruido de la combustión disminuye grandemente porque no se requiere adelantar mucho el principio de envío.



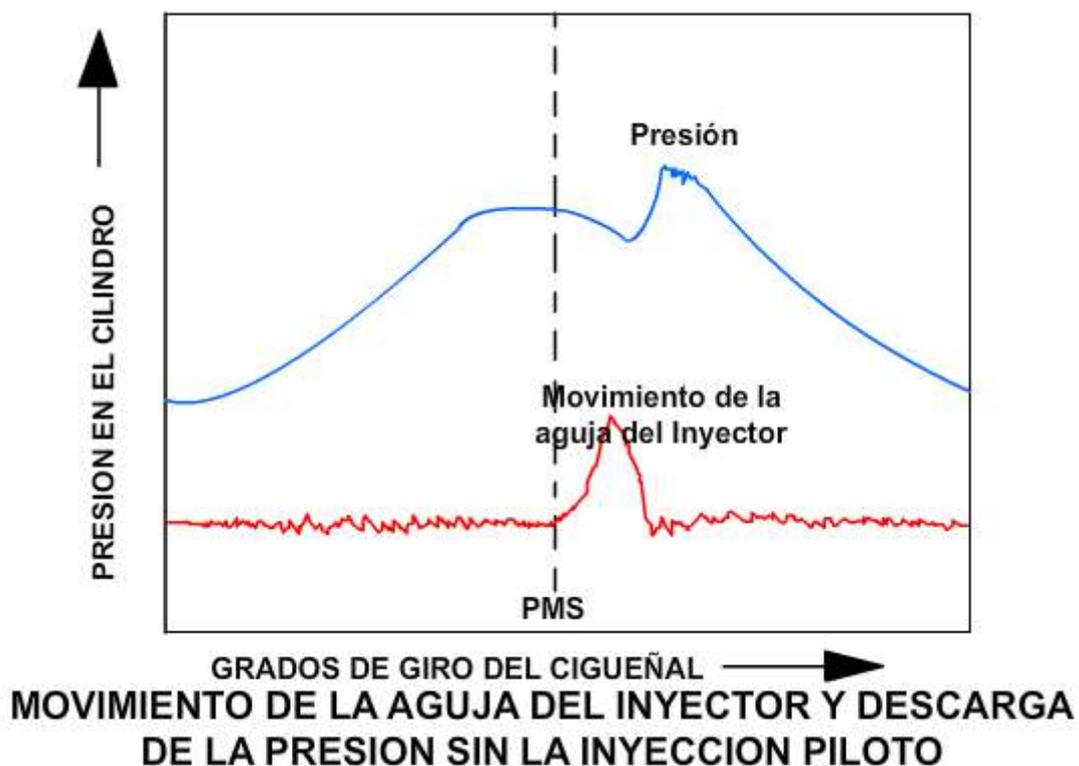
PRESION PILOTO Y PRESION PRINCIPAL DEL SISTEMA



PRESIÓN DENTRO DEL CILINDRO SIN INYECCIÓN PILOTO

En los sistemas mecánicos de inyección diesel se debía anticipar demasiado el **inicio de la inyección**, justamente porque le toma demasiado tiempo a la bomba elevar la presión y luego porque debía inyectar un caudal mayor al necesario para que la **combustión** sea completa. Esto producirá lamentablemente mucho **ruido del motor**, y también exceso de humo y **residuos contaminantes** en el tubo de escape del motor.

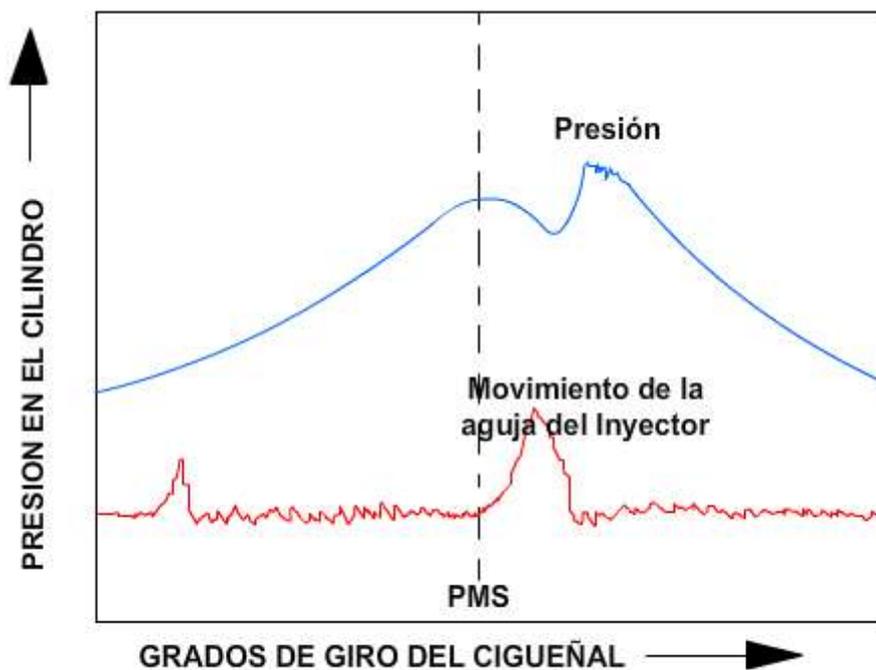
Cuando no existe una preparación del cilindro como la lograda con la **inyección piloto**, la presión de compresión dentro del cilindro se eleva mucho antes de que el pistón llegue al **PMS**, debido a que empezaba a inyectar antes de que sea necesario y por esta razón el pistón debe vencer esta alta resistencia producida, generando un ruido muy fuerte desde este momento hasta que se produce la **real expansión de los gases** combustionados. En el cuadro podemos observar con línea azul la forma creciente y elevada de la presión antes del **PMS** y una oscilación indeseable durante la combustión.



PRESIÓN DENTRO DEL CILINDRO CON INYECCIÓN PILOTO

La nueva tecnología de inyección de riel común permite inyectar una cantidad pequeña de combustible previa dentro del cilindro, preparando a las **moléculas del combustible** bien mezcladas en todos los sectores de la cámara de combustión.

Con la preparación del cilindro utilizando la **inyección piloto**, la presión de compresión dentro del cilindro se eleva suave y progresivamente hasta que el pistón llega al **PMS**, como podemos observar en el gráfico y desde este momento, hasta que se produce la real expansión de los gases **combustionados**, la presión es amortiguada y suave, reduciendo significativamente el ruido “clásico” de un motor diesel y con ello las fuerzas contrarias al giro del motor. Deduciremos en este caso que el motor podrá trabajar mucho más suave, sin ruido y sobre todo de una manera muy **eficiente** ya que no será necesario inyectar más que las moléculas indispensables para lograr esta combustión y con ello se reducirán las emisiones y el humo.



MOVIMIENTO DE LA AGUJA DEL INYECTOR Y DESCARGA DE LA PRESION CON LA INYECCION PILOTO

CUADRO DE RELACIÓN ENTRE PUNTO DE ENCENDIDO Y DESEMPEÑO DEL MOTOR



CUADRO DE RELACION ENTRE PUNTO DE ENCENDIDO Y DESEMPEÑO DEL MOTO
 Al referimos al punto de inyección o principio de envío del motor diesel moderno

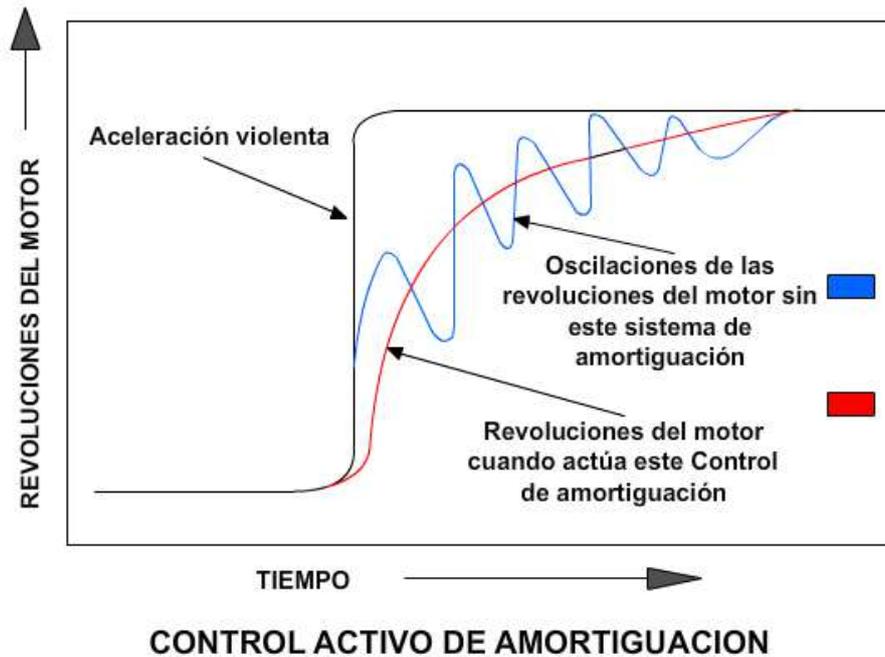
PARAMETRO DEL MOTOR	PUNTO DE ENCENDIDO	
	RETARDADO	AVANZADO
Temperatura de escape	Incrementa	Disminuye
Presión en el cilindro	Disminuye	Incrementa
Presión de colector de admisión	Incrementa	Disminuye
Consumo específico de combustible	Incrementa	Disminuye
Oxidos de Nitrógeno	Disminuye	Incrementa
Reenvío de calor	Incrementa	Disminuye
Hidrocarburos (HC)	Incrementa	Disminuye
Humo Negro (1.000 rpm)	Incrementa	Disminuye
Humo Negro (Torque máximo)	Disminuye	Incrementa
Humo Negro (determinado)	Incrementa	Disminuye
Humo Blanco (menor a 1.000 rpm)	Incrementa	Disminuye
Humo Blanco (mayor a 1.000 rpm)	Incrementa	Disminuye

CONTROL ACTIVO DE AMORTIGUACIÓN

El motor diesel que tiene instalado **sistemas mecánicos de inyección** tiende a que sus revoluciones oscilen en algunas circunstancias específicas, tales como en aceleraciones violentas y con grandes **esfuerzos** (de carga, por ejemplo)

Este fenómeno se produce debido a que el **gobernador mecánico** intenta entregar el más apropiado caudal de combustible en estas etapas, y para lograrlo utiliza **correcciones** para mejorar y mantener el **torque del motor**, produciéndose con ello las oscilaciones molestas durante esta aceleración y desaceleración, causadas por las correcciones mecánicas. El **sistema de riel común** tiene una gran ventaja con respecto a los anteriores sistemas, ya que los inyectores son **controlados** por el computador con gran exactitud y a una gran velocidad de respuesta, de tal forma que controlan de forma activa el caudal y tiempo de inyección, logrando una gran estabilidad de aceleración del motor en todo estado y especialmente en estas circunstancias.

Para ello el computador avanza el punto de inyección para dar mayor torque y puede aumentar el **caudal entregado**, pero cuando el motor intenta acelerarse, reduce el caudal y **retarda el tiempo de inyección**, y de esta manera cambia las oscilaciones en una aceleración suave y progresiva.

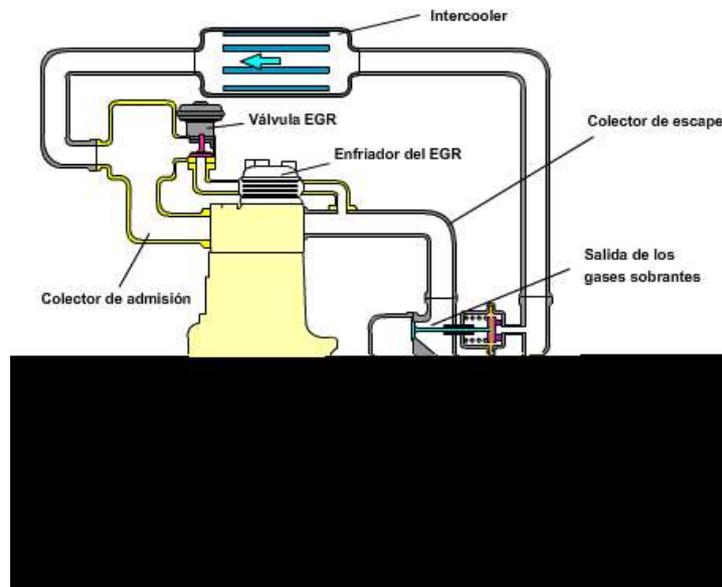


CONTROL DE LA VÁLVULA “EGR” O RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE

Otro control muy importante que realiza el computador del sistema de riel común es la postinyección, es decir, una inyección posterior a la inyección principal, y se la realiza con el objetivo de reducir las emisiones de óxidos nitrosos en los gases de escape.

Adicionalmente a este control de la postinyección se utiliza el sistema de **recirculación de los gases de escape (EGR)** para reducir aún más los gases nocivos emitidos a la atmósfera. El EGR no es más que utilizar un porcentaje de los gases de escape, inyectándolos en el colector de admisión y para ello se utiliza una válvula. Para abrirse la válvula, dispone de un **diafragma** que hala a la válvula, diafragma que es succionado con la depresión de una **bomba de**

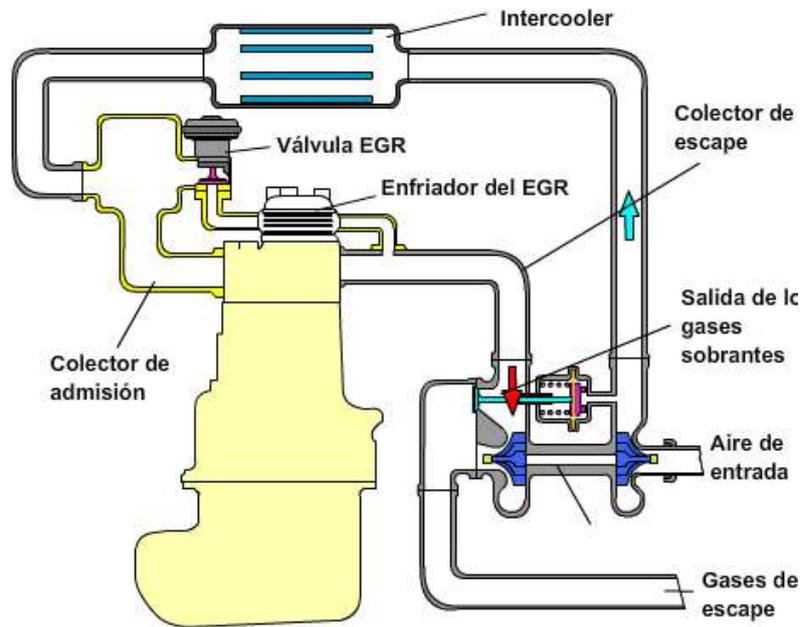
vacío y controlado por una **válvula solenoide**. Las versiones más modernas utilizan un **motor paso a paso**, que controlado por el computador del motor, abrirá la válvula de acuerdo con los requerimientos y a su programa interno establecido.



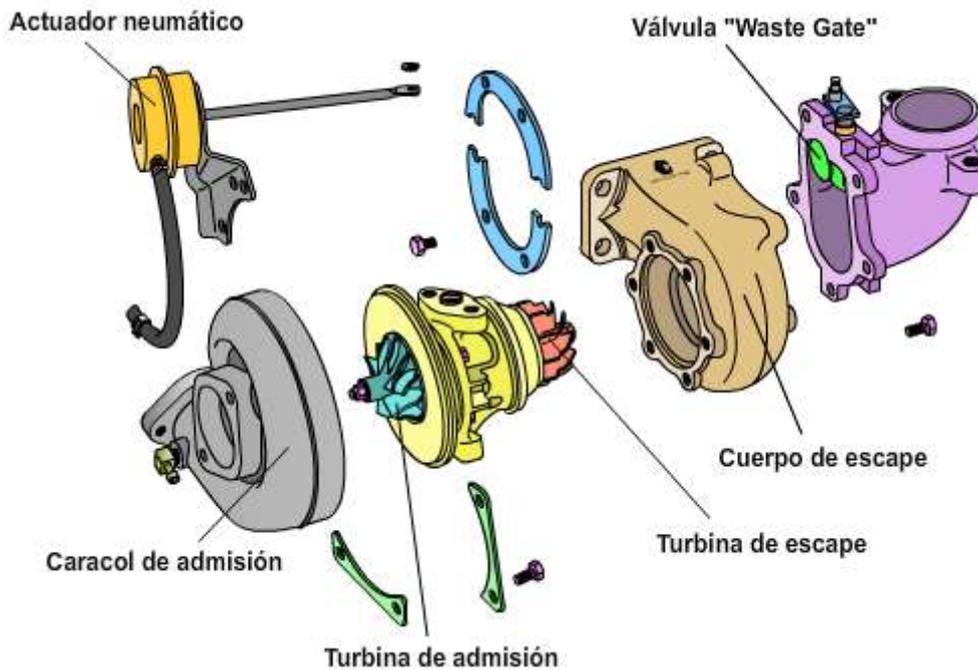
CONTROL DE LA VÁLVULA WASTE GATE DEL TURBO

Para limitar la **carga del turbo**, el computador controla a una **válvula solenoide**, que es la encargada de permitir pasar la presión de la carga hacia el **actuador neumático** de la **válvula waste gate**.

Cuando el computador envía pulsos a la válvula solenoide, esta se abre para dejar pasar la carga del turbo y con ello el actuador neumático empuja al **diafragma**; este empuje del diafragma sobre el eje permite abrir al **balancín de la válvula waste gate** y los gases de escape fluyen por este paso directo a la salida. Por lo tanto la turbina de escape ya no recibe el empuje de los gases de escape, hasta que la válvula se cierre nuevamente y se repita el proceso, como lo observamos en la imagen.



CONTROL DE LA CARGA DEL TURBO

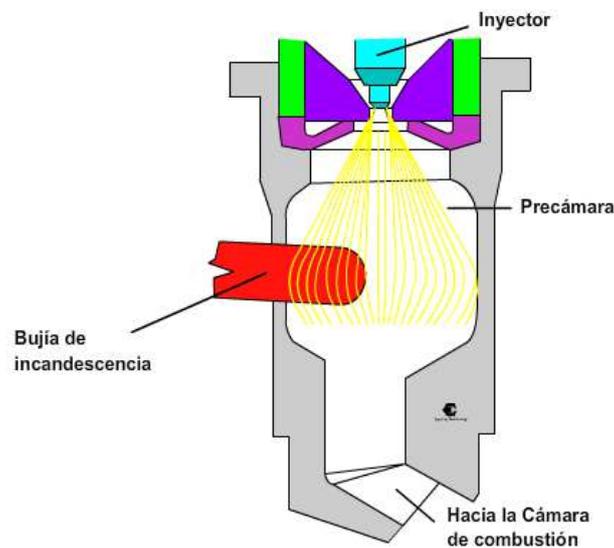


CONTROL DE LAS BUJÍAS DE PRECALENTAMIENTO

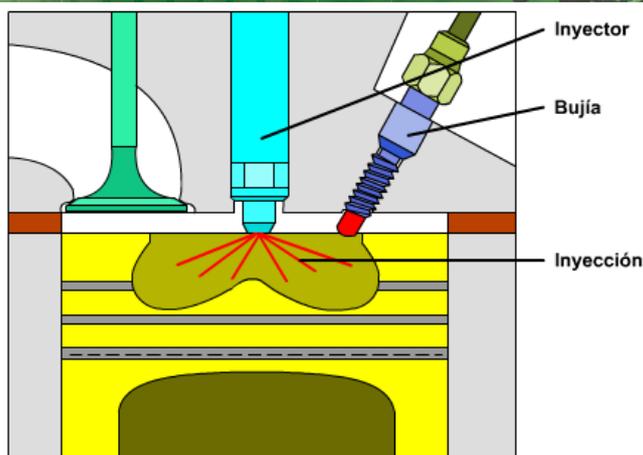
En los **motores de inyección indirecta** especialmente, aunque ahora también se los utiliza en **motores de inyección directa**, es necesario utilizar un

procedimiento que asegure el buen encendido del diesel inyectado, especialmente en el proceso de arranque del motor, que es el estado más crítico.

Decimos que es el **estado más crítico del motor**, ya que el aire que ingresa está más frío, necesita de una muy buena compresión del motor para comprimirlo y calentarlo a una temperatura suficiente para que el combustible se inflame rápidamente. Para ello **se instalan bujías incandescentes o bujías de precalentamiento**, alojadas en la cámara de combustión de cada cilindro. Las finas partículas del combustible, al ser inyectadas, chocan contra el **elemento incandescente** y se inflaman con gran seguridad, iniciando la combustión del motor. Esta combustión inicial sale hacia **la cámara principal del motor**, empujando al pistón debido a la expansión de los gases. Para ello se puede notar que la tobera del inyector está instalada en la **precámara**, para que el combustible inyectado se proyecte justamente sobre la **bujía incandescente**.



BUJIA INCANDESCENTE EN PRECAMARA



BUJIA DE CALENTAMIENTO EN CAMARA

Las bujías de precalentamiento están diseñadas con un **elemento de calentamiento cerámico** para generar una alta temperatura en poco tiempo de conexión, dentro de la cámara de combustión.

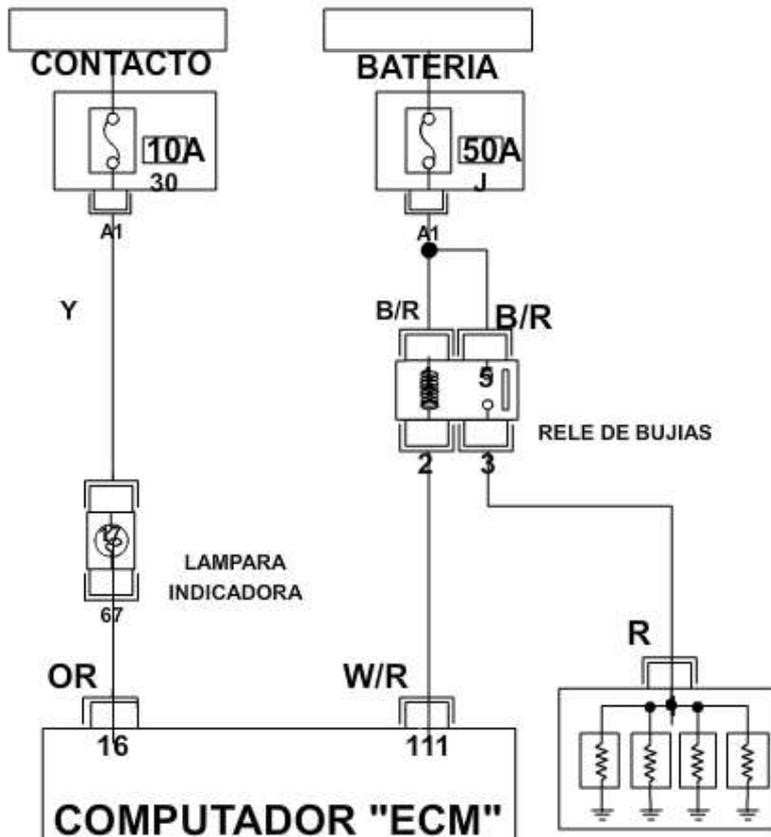
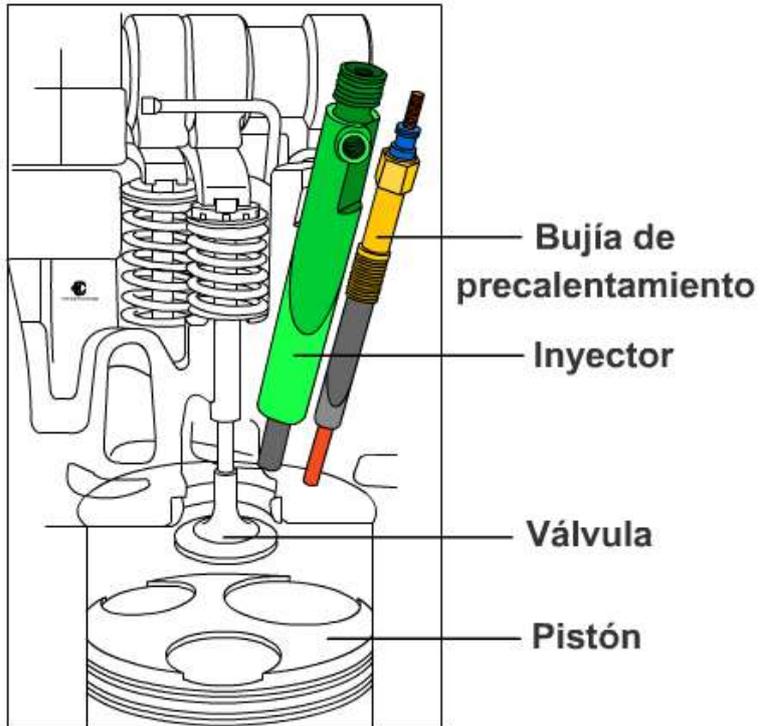
Estas bujías son controladas por el **computador del motor “ECM”**, el mismo que envía una señal de control al relé y este conecta la corriente de la batería hasta las bujías.

Cuando la temperatura del motor ha sobrepasado los 75 grados centígrados aproximadamente, el relé de control se desconecta, ya que el computador deja de enviar la señal para activarlo.

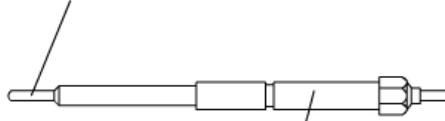
Cuando el motor está frío, bajo los **75 grados centígrados** aproximadamente, al poner en contacto el interruptor de encendido, el computador envía la señal al relé de las bujías, conectándolo. El relé envía corriente a las bujías para que se calienten rápidamente, inclusive mientras el motor está en la **etapa de arranque**.

Cuando el motor se ha encendido, las bujías permanecen conectadas durante un tiempo, calculado por el computador y relacionado con el valor de la temperatura del refrigerante, señal que recibe del sensor de temperatura.

Cuando el motor ha sobrepasado las 4800 revoluciones aproximadamente, la computadora desconecta al relé, dejando de calentar las bujías.



Calentador cerámico

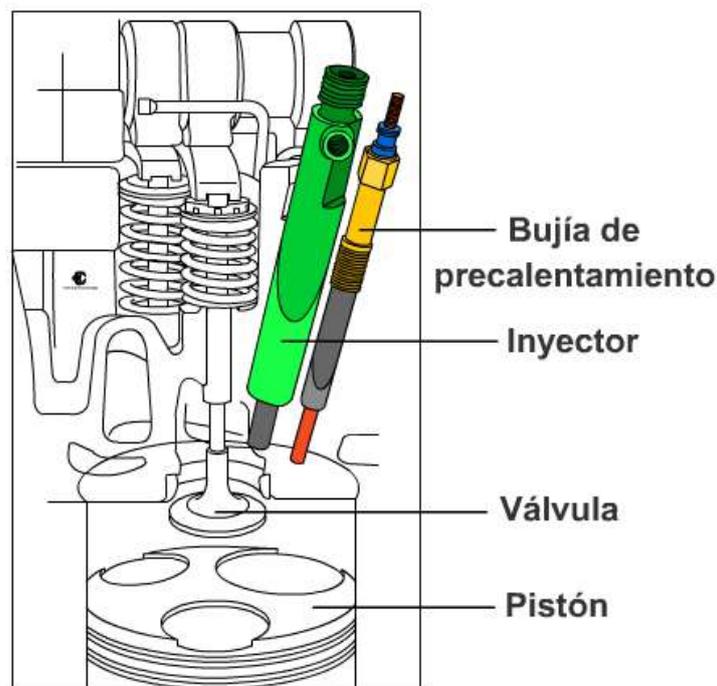


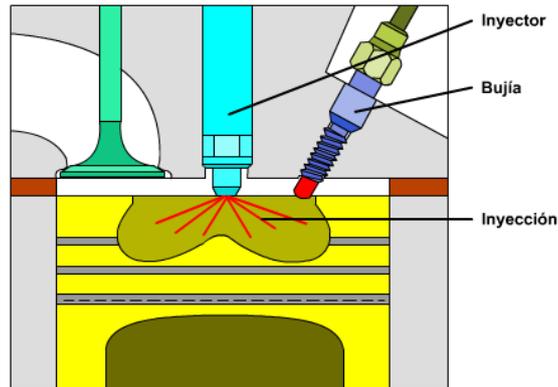
Bujía de calentamiento

INSTALACIÓN DE LA BUJÍA INCANDESCENTE

Cuando el motor diesel es de **inyección directa**, lo que significa que el inyector está inyectando directamente sobre la cabeza del pistón, la **bujía incandescente** puede estar instalada cercana al **dardo de inyección**, en este caso paralela a él.

A pesar de que el combustible inyectado no se proyecta necesariamente sobre el elemento caliente de la bujía de incandescencia, la bujía calienta al **aire que ha sido comprimido** aún más, de tal manera que el aire alrededor de la punta del inyector está muy caliente y el combustible se puede inflamar de forma rápida y eficiente.





BUJIA DE CALENTAMIENTO EN CAMARA

CONEXIONES DEL COMPUTADOR

El computador del sistema dispone de conectores de seguridad que evitan desconexiones durante la marcha del vehículo y el trabajo del sistema.

Además los conectores disponen de sistemas de hermetización y sellado en contra de humedad, para proteger de igual manera las conexiones eléctricas del sistema.

En los gráficos podemos observar los procedimientos para liberar los seguros y retirar los conectores, así como el procedimiento de asegurarlos contra los conectores del computador.

